



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

**MARIANE FARIAS DE ANDRADE**

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL PARA AVALIAÇÃO DE DIFERENTES  
LINHAGENS DE GALINHAS POEDEIRAS**

**RECIFE  
2024**

**MARIANE FARIAS DE ANDRADE<sup>1</sup>**

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL PARA AVALIAÇÃO DE  
DIFERENTES LINHAGENS DE GALINHAS POEDEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Zootecnia

Orientador:

Prof. Dr. Edney Pereira da Silva

Coorientadores:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lilian Francisco A. de Souza  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michele Bernardino de Lima

**RECIFE  
2024**

---

<sup>1</sup> Mariane Farias de Andrade, do Programa de Pós-graduação em Zootecnia - UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco; E-mail: [marianefarias20@gmail.com](mailto:marianefarias20@gmail.com) .

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A554c

Andrade, Mariane Farias de

CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL PARA AVALIAÇÃO DE DIFERENTES LINHAGENS DE GALINHAS  
POEDEIRAS / Mariane Farias de Andrade. - 2024.  
39 f.

Orientador: Edney Pereira da Silva.

Coorientadora: Lilian Francisco A. de Souza e Michele Bernardino de Lima.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Recife, 2024.

1. Energia. 2. Manutença. 3. Produção. 4. Semipesadas. I. Silva, Edney Pereira da, orient. II. Lima, Lilian Francisco A. de Souza e Michele Bernardino de, coorient. III. Título

CDD

---



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

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL PARA AVALIAÇÃO DE**  
**DIFERENTES LINHAGENS DE GALINHAS POEDEIRAS**

Dissertação elaborada por

MARIANE FARIAS DE ANDRADE

Aprovada em 27 / 06 / 2024

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Edney Pereira da Silva  
Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Departamento de Zootecnia  
Orientador

---

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
Departamento de Zootecnia

---

Prof. Dr. Danísio Prado Munari  
Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Departamento de Ciências Exatas

## **BIOGRAFIA DA AUTORA**

Mariane Farias De Andrade, filha de Josemina Pereira de Farias, nasceu em Recife, Pernambuco, em 04 de dezembro de 1995. Iniciou o bacharelado em Zootecnia no segundo semestre do ano de 2015, na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Realizou o estágio supervisionado obrigatório na empresa Ovo Novo, no período de setembro a novembro de 2021. Em dezembro de 2021 concluiu o curso de Zootecnia, obtendo o título de Zootecnista em janeiro de 2022. Em março de 2022, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Não-Ruminantes, tendo, em junho de 2024, submetido à defesa a presente dissertação, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

*Dedico esta dissertação à minha mãe, que me educou e enfrentou muitas batalhas para que eu chegasse até aqui; aos meus avós, Maria e José, por terem me dedicado todo amor e carinho durante suas jornadas aqui na terra; ao meu Padrinho, Edgardo Jorge, meu pai de alma, por todo acolhimento, ensinamento e apoio aos meus estudos.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter o melhor para mim, mesmo eu sendo tão falha.

À espiritualidade amiga, por todo o carinho e conselhos, que me fizeram chegar até aqui.

À minha mãe, Josemina, por todo apoio, compreensão e carinho.

Aos meus avós, Maria e José, que me deram a base que tenho hoje.

Aos meus padrinhos, Edgardo e Jocilene.

Ao Rafael, por todo apoio, paciência e ajuda durante a execução do projeto e elaboração da dissertação.

Aos meus amigos, Jonny, Thamyres, Assis, Ana, Lizandra, Hadja, e Etiene, por compreenderem minha ausência, pelo apoio e mensagens de carinho, me dando ânimo para enfrentar as adversidades da vida.

Ao programa de pós-graduação em Zootecnia da UFRPE, pela oportunidade de realizar meu mestrado e desenvolver o projeto.

Ao meu orientador, professor Dr. Edney Pereira, pela oportunidade e paciência durante o desenvolvimento do projeto e elaboração da dissertação.

Às minhas coorientadoras, professora Dr<sup>a</sup>. Michele Bernardino e professora Dr<sup>a</sup>. Lillian Francisco, pelas orientações.

À LAVINESP, por me acolher e permitir a execução do experimento em suas estruturas.

À Universidade Estadual Paulista FCAV/UNESP, por ter aberto as portas para mim.

Ao grupo PEG, por toda vivência e aprendizado, em especial ao Gabriel Nacamura, Gabriel Castro, Kadoshe, Izidro, Sthefane, Paulo, Gabriela, Jheniffer e Leonardo.

Aos funcionários do Aviário, Toninho e Beterraba.

Enfim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu finalizasse mais essa etapa da minha vida.

“Um passo à frente e você já não está mais no mesmo lugar.”

(Chico Science)

## CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL PARA AVALIAÇÃO DE DIFERENTES LINHAGENS DE GALINHAS POEDEIRAS

Mariane Farias de Andrade\*<sup>1</sup>; Prof. Dr. Edney Pereira da Silva<sup>1</sup>.

\*Autor para correspondência: [marianefarias20@gmail.com](mailto:marianefarias20@gmail.com);

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco.

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar e compreender as variações na eficiência alimentar entre diferentes genótipos de galinhas poedeiras, utilizando o Consumo Alimentar Residual (CAR). Foram utilizadas 45 galinhas semipesadas com 15 semanas de idade, sendo 3 grupos com 15 aves de cada linhagem (Brown Nick, Novogen Tinted e Bovans Black), totalizando 3 tratamentos (linhagens) e 15 repetições de 1 ave cada, avaliadas ao longo de 71 dias. Dentre as linhagens estudadas, apenas as características de desempenho de consumo alimentar, eficiência alimentar, ganho de peso diário, massa de ovos, peso médio dos ovos e produção de ovos foram significativas ( $P < 0,05$ ), pela análise de variância (ANOVA). Dentre as características de partição de energia, deposição de energia corporal, deposição de energia no ovo, eficiência energética para o crescimento, eficiência energética para o ovo, eficiência energética total, energia bruta do ovo inteiro, energia de manutenção e ingestão de energia metabolizada observada foram diferentes pela ANOVA entre as linhagens estudadas. Houve diferenças significativas entre as linhagens para as características de composição corporal de proteína e gordura. Novogen Tinted produziu mais ovos, teve maior CAR e maior frequência de animais com alto CAR. Brown Nick e Bovans Black tiveram valores de CAR negativos e apresentaram maior frequência de animais nos grupos dpCAR médio e baixo. Concluiu-se que, os métodos utilizados neste estudo, para se comparar as linhagens consideradas, foram capazes de segregar aves mais eficientes, o que pode ser refletido na grande variação observada entre os valores médios de CAR. Apesar da linhagem Brown Nick apresentar-se próxima da linhagem Bovans Black, ao se observar de maneira geral os resultados, esta linhagem apresentou valores que podem indicar maior eficiência que as demais linhagens, o que também pode ser observado no menor valor de CAR, porém mais estudos devem ser conduzidos para se comparar essa linhagem e a linhagem Bovans Black.

**Palavras-chave:** Energia; manutenção; produção; semipesadas.

## RESIDUAL FEED INTAKE FOR THE EVALUATION OF DIFFERENT LAYING HEN STRAINS

Mariane Farias de Andrade\*<sup>1</sup>; Prof. Dr. Edney Pereira da Silva<sup>1</sup>.

\*Corresponding author: [marianefarias20@gmail.com](mailto:marianefarias20@gmail.com)

<sup>1</sup>Federal Rural of Pernambuco University – Brazil.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate and understand the variations in feed efficiency among different genotypes of laying hens using Residual Feed Intake (RFI). A total of 45 semi-heavy hens, 15 weeks of age, were used, 3 groups with 15 birds from each strain (Brown Nick, Novogen Tinted, and Bovans Black), totaling 3 treatments (strains) and 15 repetitions of 1 bird each, evaluated over 71 days. Among the studied strains, only the performance characteristics of feed intake, feed efficiency, daily weight gain, egg mass, average egg weight, and egg production were significant ( $P < 0.05$ ) by analysis of variance (ANOVA). Among the energy partition characteristics, body energy deposition, egg energy deposition, energy efficiency for growth, energy efficiency for eggs, total energy efficiency, gross energy of the whole egg, maintenance energy, and observed metabolizable energy intake were different by ANOVA among the studied strains. Significant differences were observed among the strains for the body composition characteristics of protein and fat. Novogen Tinted produced more eggs, had higher RFI, and a higher frequency of animals with high RFI. Brown Nick and Bovans Black had negative RFI values and showed a higher frequency of animals in the medium and low RFI groups. It was concluded that the methods used in this study to compare the considered strains were able to segregate more efficient birds, which may be reflected in the large variation observed in the average RFI values. Although the Brown Nick strain appeared to be similar to the Bovans Black strain, in the overall results, this strain presented values that may indicate greater efficiency than the other strains, which can also be observed in the lower RFI value. However, further studies should be conducted to compare this strain with the Bovans Black strain.

**Keywords:** Energy; maintenance; production; semi-heavy.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição da ração experimental na fase de recria .....	22
<b>Tabela 2.</b> Composição da ração experimental fase de início de postura .....	23
<b>Tabela 3.</b> Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características de desempenho das linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.....	26
<b>Tabela 4.</b> Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características de composição corporal das linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.....	27
<b>Tabela 5.</b> Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características de partição e utilização de energia das linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias. ....	28
<b>Tabela 6.</b> Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características relacionado ao consumo alimentar residual nas linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.....	29
<b>Tabela 7.</b> Frequência de grupos de CAR para nas linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.....	29

## LISTA DE ABREVIATÖES

CA: Conversão Alimentar  
CAdE: Consumo de ração Estimado  
CADZ: Conversão Alimentar por Dúzia de Ovos  
CAR: Consumo Alimentar Residual  
CR: Consumo de ração  
DEc: Deposição de Energia Corporal  
DEo: Deposição de Energia no Ovo  
dpCAR: Grupos de desvio-padrão de CAR  
DTE: Deposição Total de Energia  
EA: Eficiência Alimentar  
EBoi: Energia Bruta do Ovo Inteiro  
EBpc: Energia Bruta do Peso Corporal  
EE: Eficiência Energética  
EEcr: Eficiência de Energia para Crescimento  
EEm: Energia efetiva de Manutenção  
EEo: Eficiência de Energia para o Ovo  
EEt: Eficiência de Energia Total  
EMAn: energia metabolizável corrigida pelo nitrogênio  
GPD: Ganho de Peso Diário  
IEM: Ingestão de Energia Metabolizável  
MO: Massa do Ovo  
PC: Peso Corporal  
PM: Peso Metabólico  
PM: Peso Metabólico  
PMO: Peso Médio do Ovo  
PROD: Produção Diária de Ovos

## Sumário

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
	2.1 Consumo Alimentar Residual (CAR).....	15
	2.2 Fatores fisiológicos que influenciam o CAR. ....	16
	2.3 Particionamento da energia de manutenção e produção.....	18
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
	3.1 Local experimental e comitê de ética .....	20
	3.2 Animais e delineamento experimental .....	20
	3.3 Alojamento e manejo das aves .....	20
	3.4 Dietas experimentais .....	21
	3.5 Variáveis de Desempenho Zootécnico .....	21
	3.6 Determinação do valor de energia metabolizável da dieta.....	24
	3.7 Determinação da composição corporal in vivo .....	24
	3.8 Variáveis do metabolismo energético e utilização da energia pelas aves .....	25
	3.9 Determinação do CAR .....	25
	3.10. Análises estatísticas. ....	26
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
	4.1 Desempenho .....	26
	4.2 Composição corporal.....	27
	4.3 Partição de energia.....	27
	4.4 Consumo Alimentar Residual.....	28
<b>5.</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento dos custos com alimentação nos últimos anos se tornou um desafio para a indústria avícola, devido ao aumento do preço dos principais ingredientes utilizados nas dietas de poedeiras. Os custos crescentes com a alimentação e as dificuldades relacionadas à disponibilidade dos ingredientes, são fatores que restringem e impactam a viabilidade na produção avícola comercial, uma vez que a alimentação representa de 60 a 70% do custo total de produção (Fathi *et al.*, 2019; Prakash *et al.*, 2020).

Visando otimizar a produção e torná-la menos onerosa, programas de melhoramento genético tem como objetivo, selecionar animais que utilizem de forma eficiente os recursos alimentares (Fathi *et al.*, 2021). A seleção de aves que utilizem os recursos alimentares mais eficientemente é necessária, uma vez que, além de reduzir os custos da alimentação, também reduz os resíduos nitrogenados e, conseqüentemente, o sistema torna-se mais sustentável (Moore *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2003).

A eficiência alimentar é geralmente avaliada através do consumo alimentar residual (CAR) e da taxa de conversão alimentar (TCA) (Yuan *et al.*, 2015). Porém, a seleção baseada na conversão alimentar (CA), pode gerar mudanças desfavoráveis nas características que a compõe, uma vez que leva em consideração a razão entre o consumo de ração e produção de ovos (Willems *et al.*, 2013). A utilização do CAR na seleção torna-se mais eficiente, devido a CA utilizar apenas a relação entre consumo de ração e produção de massa de ovo, enquanto o CAR leva em consideração os requisitos de manutenção, incluindo o peso corporal metabólico (Van Eerden *et al.*, 2007). O CAR tem relação positiva com taxa de conversão alimentar e gordura abdominal (Yang *et al.*, 2020). Fatores genéticos que influenciam o CAR e sua relação com características de crescimento, como consumo alimentar e peso corporal, foram salientados, o que sugere que sua seleção pode impactar essas características (He *et al.*, 2022).

Adicionalmente, os estudos baseados no CAR têm ajudado a compreender fatores fisiológicos e ambientais que influenciam a eficiência alimentar. Desde variações na atividade física até respostas imunológicas, diversos aspectos afetam o consumo alimentar e, conseqüentemente, a eficiência produtiva das aves (Van Eerden *et al.*, 2004). Em estudos relacionando o CAR e microbiana intestinal de patos, foi observado que animais com menores valores de CAR exibiram perfis metabólicos potencialmente mais

saudáveis. Os autores sugeriram que os microrganismos intestinais desempenham papel importante na regulação do CAR e na melhoria da eficiência na utilização da ração (Sun *et al.*, 2023).

Apesar dos estudos utilizando o CAR como método de avaliação da eficiência serem utilizados há décadas, ainda há escassez de trabalhos com linhagens modernas, como as consideradas neste trabalho, destinadas aos sistemas de produção alternativa, como *cage free* and *free range*. Com base no exposto, a presente pesquisa foi definida para avaliar a eficiência alimentar entre três genótipos distintos de galinhas poedeiras semipesadas denominadas H&N - Brown Nick, Novogen Tinted e Bovans Black, utilizando o CAR.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Consumo Alimentar Residual (CAR)**

Utilizado como medidor da eficiência alimentar, o CAR, vem ganhando a atenção de pesquisadores, por ser um método que não está correlacionado com o peso corporal e o nível de produção, diferentemente da taxa de conversão alimentar, que possui forte correlação com peso corporal e produção de ovos (Bottje *et al.*, 2009). Na tentativa de corrigir as limitações da taxa de conversão alimentar, o CAR tem sido empregado como indicador de desempenho de produção para galinhas poedeiras desde os anos 1970 (Yi *et al.*, 2018).

O CAR pode ser definido como a diferença entre o consumo de ração observada e o consumo de ração prevista, a partir do peso corporal metabólico, massa de ovos e ganho do peso corporal, durante o intervalo produtivo (Fathi *et al.*, 2021), e foi desenvolvido para medir a variação relacionada à eficiência entre animais, sendo apropriado para uso em avaliações genéticas e esquemas de melhoramento, pois não calcula a eficiência como uma simples relação entre produção e consumo (Martin *et al.*, 2021).

O CAR pode ser calculado como a diferença entre o consumo observado e o consumo estimado, a partir das suas necessidades de manutenção e produção para cada ave em experimento. Deste modo, o consumo esperado de ração é derivado do peso corporal

metabólico, ganho de peso corporal e massa de ovos, durante um período determinado, sendo utilizada uma análise de regressão múltipla. (Fathi *et al.*, 2021).

Ao estimar o CAR, as variações da ingestão do alimento entre os indivíduos são obtidas, o cálculo é realizado de acordo com a ingestão do alimento, sendo ele acima ou abaixo da média esperada, podendo-se assim posteriormente fazer um comparativo desses indivíduos que apresentam produção divergente entre si (Herd *et al.*, 2009).

Diferentemente de animais CAR positivo (ineficientes), os animais CAR negativo (eficientes) demandam menos alimento que o previsto para manutenção e produção de ovos, o que é vantajoso na produção animal, pois diminui os gastos com alimentação e melhora a lucratividade da atividade (Zhang *et al.*, 2017). Logo, ao utilizar o CAR como critério de seleção, cria-se a possibilidade de obtenção de uma população mais eficiente, ou seja, com baixo consumo de ração e alta produtividade (Yi *et al.*, 2018), bem como, contribui para redução de resíduos nitrogenados, diminuindo a contaminação ambiental (Zhang *et al.*, 2003; Moore *et al.*, 2009; De Verdal *et al.*, 2010).

Por ser uma medida de eficiência alimentar independentemente do nível de produção, o CAR tornou-se uma alternativa útil para estudar os mecanismos fisiológicos da variação subjacente na eficiência alimentar. Cinco grandes processos fisiológicos influenciam a variação nos valores do CAR (Herd *et al.*, 2004).

## **2.2 Fatores Fisiológicos que influenciam o CAR**

Alguns fatores podem causar variações no CAR, os quais estão os processos relacionados à ingestão de alimentos, digestão de alimentos, metabolismo, atividade física e termorregulação (Herd *et al.*, 2004).

A ingestão alimentar das aves é influenciada por uma variedade de fatores, como práticas de manejo alimentar, fatores ambientais e sinais moleculares, tanto centrais quanto periféricos (El-Sabrou *et al.*, 2022). O consumo de ração é essencial para determinar o crescimento, desenvolvimento e desempenho produtivo das aves, além disso, serve também como fundamento para avaliar o metabolismo energético e as exigências nutricionais (Li *et al.*, 2021).

A variação na quantidade de ração consumida está associada às diferentes necessidades de manutenção. Quando a ingestão de ração aumenta, a energia gasta na

digestão também cresce. Isso ocorre, em parte, devido ao aumento no tamanho dos órgãos digestivos e ao maior consumo de energia pelos tecidos do corpo (Herd, 2009).

Pesquisas constataram que melhor conversão alimentar (CA) e Consumo alimentar residual (CAR), foram associados à menor ingestão de alimento (Prakash *et al.*, 2020). De acordo com Geraert *et al.* (1993) e Gabarrou *et al.* (1998), galos adultos e galinhas selecionados para alto CAR consumiram cerca de 40 a 48% mais ração e obtiveram 29 e 32% mais gastos totais de energia, respectivamente, em comparação aos de baixo CAR. Embora não tenham sido encontradas diferenças na digestibilidade ou no metabolismo basal (isto é, produção de calor em jejum) entre linhas de seleção, o incremento de calor na alimentação foi bem maior tanto nos galos quanto nas galinhas selecionadas para alto CAR (Bottje *et al.*, 2009).

Pesquisas com monogástricos sugerem que as diferenças na digestibilidade não são fontes significativas de variação no CAR (Luiting *et al.*, 1994; De Haer *et al.*, 1993 e Bünger *et al.*, 1998).

Fatores externos, como o estresse, tem um impacto maior nas medições do CAR. Incluindo alterações no ambiente, como ruídos, variações nas temperaturas, bem como, manejo, entre outros. Esses fatores promovem o desvio de grande quantidade de energia pelo animal para manter a homeostase, em resposta ao agente estressor (Klasing *et al.*, 2000).

De acordo com Luiting (1994), galinhas com baixo CAR (eficientes) supostamente têm menos áreas do corpo desprovidas de penas, o que dificulta a termorregulação devido à melhor cobertura de penas espalhadas pelo corpo. Anteriormente, Luiting *et al.* (1991b) sugeriram que cada um desses fatores provavelmente influencia a termorregulação, contribuindo para a variação do CAR em galinhas. No entanto, a grande diferença no tamanho corporal entre essas espécies indica que a influência da termorregulação na variação do gasto de energia pode ser significativamente diferente.

Segundo Van Eerden *et al.* (2004), muitos estressores aos animais são provenientes de desafios imunológicos, que resultam em uma troca entre montar uma resposta imune e manter o nível de produção. O sistema imunológico de um organismo animal necessita de uma certa quantidade de energia e proteína provenientes da alimentação para seus processos de manutenção. Em teoria, um sistema imunológico tende a operar de forma mais eficiente quando seus requisitos de manutenção são

adequadamente supridos. Portanto, a disponibilidade adequada de recursos para a manutenção pode influenciar as respostas do organismo às doenças infecciosas (Fathi *et al.*, 2019).

Conforme a teoria da alocação de recursos (Beilharz *et al.*, 1993) no qual, propõe que, em condições de limitação ambiental, os animais dispõem de um conjunto limitado de recursos. Isso implica que os recursos utilizados por uma função não estão mais disponíveis para outras funções. Dessa forma, os animais precisam equilibrar a alocação desses recursos entre diferentes características de vida, a fim de maximizar sua aptidão.

Entretanto, a seleção artificial direcionada à produção de animais de criação mais eficientes pode ter inadvertidamente reduzido a capacidade desses animais de direcionar recursos para processos de manutenção, como a resposta a desafios imunológicos (Van Eerden *et al.*, 2004).

Um estudo realizado com galinhas poedeiras selecionadas de forma diferente para CAR, mostrou que as aves de CAR baixo (eficiente) exibiram uma resposta máxima de corticosterona significativamente menor após um desafio com ACTH exógeno. No entanto, essa resposta foi mantida por um período mais longo em comparação com as galinhas de linhagem CAR alto (ineficiente) (Luiting *et al.*, 1994).

Pesquisas em espécies monogástricas destacam a possível relevância das disparidades na atividade para a variação na eficiência alimentar residual. Segundo Luiting *et al.* (1991b), 80% da variação genética no CAR entre linhagens de frangos divergentes para o CAR poderia estar associada a discrepâncias na atividade física. Em relação a atividade física, Gabarrou *et al.* (1997b), constatou que os gastos com energia relacionados à atividade foram responsáveis por 25% do aumento de calor na alimentação de galos de alta CAR.

### **2.3 Particionamento da energia de manutenção e produção**

O particionamento de energia é um processo vital para entender como essas aves direcionam a energia consumida para diferentes atividades fisiológicas. Quando as galinhas consomem alimentos, a energia proveniente da digestão é distribuída para várias funções essenciais, como crescimento, reprodução, atividade física e produção de ovos. A energia é gerada quando os nutrientes são oxidados durante o metabolismo. Essa energia pode ser liberada como calor ou armazenada nos tecidos corporais, para ser

utilizada nos processos metabólicos do organismo animal. A energia excedente as exigências de manutenção e a deposição de proteína corporal, não é excretada pelo corpo do animal, e sim armazenada como gordura (Sakomura e Rostagno 2017).

De acordo com Sakomura e Rostagno (2017), a energia pode ser categorizada no contexto biológico em: Energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável verdadeira (EMV) e energia líquida (EL).

A energia proveniente das dietas e fornecida às aves é comumente expressa em termos de energia metabolizável ou energia líquida. Em contextos comerciais de nutrição avícola e na maioria das investigações científicas, a energia metabolizável é amplamente adotada como um padrão para descrever as exigências energéticas e formular dietas para aves (Lópes *et al.*, 2008).

A energia metabolizável representa a energia ingerida que pode ser utilizada pelos processos metabólicos do corpo e pode ser determinada através do balanço energético (Sakomura e Rostagno 2017). Para aves, a energia metabolizável pode ser medida e representada da seguinte forma: Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), que diferem entre si pela correção ligada ao balanço de nitrogênio. A correção pelo balanço de nitrogênio, permite as padronizações e a redução das variações nos valores de EMA. Outra maneira é através da Energia metabolizável verdadeira (EMV), energia metabolizável verdadeira corrigida para balanço de nitrogênio (EMVn), que consideram as perdas de energia dos componentes metabólicos e endógenos (Sakomura e Rostagno 2017), e a Energia efetiva, que leva em consideração o incremento calórico (IC) como uma característica independentemente do nível da alimentação, sendo uma propriedade do ingrediente ou da ração, que varia conforme o plano nutricional. (Forbes *et al.*, 1928).

De Groot (1974), propôs dividir as necessidades energéticas em dois tipos: gastos energéticos para manutenção, que englobam processos de catabolismo, e gastos energéticos para produção, relacionados a processos de síntese. O catabolismo inclui despesas essenciais e primárias, supridas pela energia proveniente dos alimentos ou pela oxidação de reservas corporais (como o trabalho de manutenção, atividade muscular e termorregulação).

Em outra abordagem, Grimbergen (1974), propõe uma distinção nas necessidades energéticas das aves, dividindo-as em duas categorias: manutenção e produção. A energia

requerida para a manutenção envolve o metabolismo basal, a regulação da temperatura corporal e as atividades normais, e está diretamente relacionada ao peso do corpo. Por outro lado, a energia destinada à produção é subdividida entre o crescimento e a produção de ovos.

As necessidades energéticas das aves podem ser influenciadas por vários fatores, entre eles estão as condições ambientais como temperatura e umidade, que desempenham papel crucial na determinação das necessidades energéticas de manutenção, além de fatores intrínsecos, como genética, empenamento e níveis de atividade física, que impactam o gasto energético das aves (Pishnamazi *et al.*, 2015; Sakomura e Rostagno, 2017).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local experimental e comitê de ética**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ciências Avícolas (LAVINESP), do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Jaboticabal - SP, aprovado pelo Comitê de Ética em Uso Animal local (protocolo 2552/23).

#### **3.2 Animais e delineamento experimental**

Para a realização do estudo, foram utilizadas 45 aves semipesadas, sendo 15 de cada uma das seguintes linhagens: Brown Nick, Novogen Tinted e Bovans Black, todas com 15 semanas de idade. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, com três tratamentos (linhagens) e 15 repetições, com uma (1) ave por unidade experimental. O estudo teve duração de 71 dias, compreendendo a fase de recria e início da postura.

#### **3.3 Alojamento e manejo das aves**

As aves foram criadas em câmara climática, dotada de gaiolas metabólicas (60 x 50 x 45 cm), equipadas com um bebedouro tipo *nipple* e um comedouro tipo calha. A

câmara dispôs de 3 kit frigor, exaustores, e iluminação com timer. As poedeiras tiveram acesso *ad libitum* a água e a ração foi fornecida duas vezes ao dia, pelo período da manhã às 08:00 e a tarde às 16:00 horas.

O programa de luz adotado consistiu inicialmente em 14 horas de luz artificial e 10 de escuro, permanecendo inalterado até a 17ª semana de idade das poedeiras. A partir da 18ª semana, houve um acréscimo de uma hora a mais de luz, totalizando 15 horas de luz artificial e nove de escuro. O programa de luz foi ajustado durante o período do experimento conforme as semanas de vida das galinhas.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por três termohigrômetros durante todo período experimental, obtendo as seguintes médias  $21,26 \pm 7,55$ ;  $23,60 \pm 2,14$ ;  $18,91 \pm 7,59$  e  $59,6 \pm 1,18$  para temperatura ambiente ( $T$  °C Média), máxima ( $T$  °C Máx), mínima ( $T$  °C Mín) e umidade relativa do ar (UR %), respectivamente.

### **3.4 Dietas experimentais**

A ração, foi formulada de acordo com as recomendações da Tabela Brasileira para Aves e Suínos (Rostagno, *et al.*, 2017). Duas formulações de ração foram utilizadas (Tabela 1 e 2), adaptadas às diferentes fases das poedeiras: uma para a fase de recria, quando as aves tinham 15 semanas de idade, e outra para a fase de início postura, quando as aves atingiram 17 semanas de idade.

### **3.5 Variáveis de Desempenho Zootécnico**

As variáveis utilizadas foram: consumo de ração (CR, g/dia), peso corporal (PC, kg), ganho de peso (GP, g/dia), peso de ovos PO (g), produção de ovos PROD (%), massa do ovo (MO, g/dia), conversão alimentar (CA, g/g), conversão alimentar por dúzia de ovos (CADz, g/g) e eficiência alimentar (EA, g/kg). O CR foi obtido pela diferença entre o fornecido e as sobras de ração nos comedouros semanalmente. A PROD e o PO foram registrados diariamente, para posteriormente serem calculadas. Para o PO foi utilizado balança de 0,1g de precisão. O peso corporal das aves foi registrado no início do ensaio (PCi) e no término do ensaio (PCf). O GP diário foi obtido pela diferença entre PCf e PCi, dividido pelo período experimental.

**Tabela 1.** Composição da ração experimental na fase de recria.

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho	67,11
Farelo de soja 45%	25,12
Fosfato bicálcico	1,92
Calcário fino	3,19
Calcário grosso	1,93
Sal	0,39
L-Metionina 100	0,20
L-Lisina 78%	0,02
L-valina 96,5%	0,06
Cloreto de colina 60%	0,06
Prémix <sup>1</sup>	0,100
<b>Total</b>	<b>100</b>
Nutrientes e energia	Níveis calculados
Energia metabolizável, kcal/kg	2840
Proteína bruta, %	17,09
Lisina, %	0,800
Metionina + Cistina, %	0,686
Treonina, %	0,589
Triptofano, %	0,188
Arginina%	0,993
Valina, %	0,708
Isoleucina%	0,646
Sódio, %	0,170
Cloro, %	0,325
Cálcio, %	2,500
Fósforo disponível	0,450

Conteúdo por quilograma de produto: vit A - 7.500.000 IU; vit D3 2.500.000 IU; vit E - 5.500 IU; vit K 1.500 mg; vit. B1- 1.000 mg, vit B2- 3.000 mg; vit B6 - 500 mg; vit B1 8.000 mcg; niacina 18 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; cobre - 10 mg; ferro - 55 g; manganês - 70 g; zinco - 50 g; iodo, 1.000 mg; selênio 300 mg e ácido fólico 200,00 mg.

**Tabela 2.** Composição da ração experimental fase de início de postura.

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho	59,56
Farelo de soja 45%	26,90
Óleo de soja	1,75
Fosfato bicálcico	1,60
Calcário fino	4,96
Calcário grosso	4,07
Sal	0,50
L-Metionina 100	0,34
L-Lisina 78%	0,03
L-Treonina 98%	0,05
L-valina 96,5%	0,06
Cloreto de colina 60%	0,06
Prémix <sup>1</sup>	0,100
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Nutrientes e energia</b>	<b>Níveis calculados</b>
Energia metabolizável, kcal/kg	2800
Proteína bruta, %	15,76
Lisina, %	0,840
Metionina + Cistina, %	0,823
Treonina, %	0,647
Triptofano, %	0,194
Arginina%	1,022
Valina, %	0,781
Isoleucina%	0,662
Sódio, %	0,209
Cloro, %	0,380
Cálcio, %	3,950
Fósforo disponível	0,39

Conteúdo por quilograma de produto: vit A - 7.500.000 IU; vit D3 2.500.000 IU; vit E - 5.500 IU; vit K 1.500 mg; vit. B1- 1.000 mg, vit B2- 3.000 mg; vit B6 - 500 mg; vit B1 8.000 mcg; niacina 18 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; cobre - 10 mg; ferro - 55 g; manganês - 70 g; zinco - 50 g; iodo, 1.000 mg; selênio 300 mg e ácido fólico 200,00 mg.

### 3.6 Determinação do valor de energia metabolizável da dieta

Para determinar o valor da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), foi realizada a coleta total de excretas, utilizando o marcador óxido férrico a 1% nas dietas experimentais para quantificar o consumo de ração no início e no término do período de coleta total. As coletas ocorreram no período da manhã e tarde, para evitar a fermentação da excreta e perda de nutrientes, em seguida, foram condicionadas adequadamente, em embalagens plásticas e identificadas de acordo com a unidade experimental e armazenadas em *freezer* (-20°C), para posteriores análises.

As amostras foram descongeladas para posterior homogeneização dos cinco dias de coleta, por unidade experimental. Em seguida, as excretas foram pré-secadas, utilizando estufa de ventilação forçada (55°C), considerando peso constante, por 72 horas. As excretas pré-secas foram moídas em moinho de faca, a tela utilizada no moinho foi de 1 mm. E juntamente com amostra de dieta foram encaminhadas para análises químicas (matéria seca, proteína bruta e energia bruta) no laboratório de nutrição animal, seguindo a metodologia descrita pela AOAC (2005).

A matéria seca foi determinada em estufa regulada para 105°C, por 16 horas (AOAC – 930.15). O nitrogênio total foi obtido usando o método de Kjeldahl (AOAC – 200.11). Para proteína bruta foi considerado como nitrogênio total  $\times$  6,25. A energia bruta foi determinada utilizando bomba calorimétrica (IKA Works Inc., Staufen, Germany). Os cálculos foram realizados para determinar a EMAn de cada unidade experimental, utilizando as equações propostas por Matterson *et al.* (1965). Em seguida, os valores de EMAn foram utilizados para corrigir a ingestão de energia metabolizável das aves.

### 3.7 Determinação da composição corporal *in vivo*

A composição corporal foi medida pelo método DXA – dual energy x-ray absorptiometry (DXA, Hologic-QDR® model 13.4.2., Marlborough, MA, USA). As galinhas foram submetidas ao procedimento no início e término do ensaio. Todas as poedeiras foram anestesiadas por via respiratória, com o anestésico isoflurano a 2%. Posteriormente foram submetidas individualmente ao escaneamento no DXA, para determinar a massa total, massa magra, massa gorda, densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo.

O equipamento foi calibrado por um *phantom* da coluna vertebral, e o escaneamento foi feito na opção *infant whole body* do equipamento. As poedeiras foram posicionadas em decúbito dorsal com as asas abertas. Com base nos valores de massa total, massa magra, massa gorda, densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo, foram calculados os componentes químicos: proteína, gordura, água e cinzas, utilizando as equações de Alves *et al.* (2019).

### 3.8 Variáveis do metabolismo energético e utilização da energia pelas aves

EBpc (kcal/g) é a energia bruta do peso corporal (equação proposta por Neme *et al.*, 2005), EBo (kcal/g) é a energia bruta do ovo inteiro (equação proposta por Sibbald, 1979), DEc é a deposição de energia corporal, DEo é a deposição de energia no ovo, DTE é a deposição total de energia, IEM é a ingestão de energia metabolizável observada, EMAn é a energia metabolizável corrigida pelo nitrogênio, EEm é a eficiência energética de manutenção, EEcr a eficiência energética para crescimento, EEo é a eficiência energética para o ovo, EEt é a eficiência energética total e EE é a eficiência energética.

### 3.9 Determinação do CAR

Os dados foram usados para calcular o CAR de cada um dos indivíduos. O CAR é definido como a diferença entre o consumo de ração atual e o consumo de ração estimado, no qual foi calculado usando regressão linear múltipla. As variáveis utilizadas para descrever o CR (Y) das aves foram o peso metabólico ( $PC^{0,67}$ ; X1), o ganho de peso (GP, X2) e a produção de massa de ovos (MO, X3), de acordo com o modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \hat{\epsilon} \quad \text{Eq. [1]}$$

Onde  $\beta_0$ , é a intercepção da regressão;  $\beta_1$  é o coeficiente de regressão para X1,  $\beta_2$  é o coeficiente de regressão para X2;  $\beta_3$  é o coeficiente de regressão para X3, sendo  $\hat{\epsilon}$  o erro aleatório. O CAR foi obtido pela diferença entre CR observado e predito com base na Eq. [1]. Com base nos valores de média e desvio padrão do CAR, foram calculados os respectivos desvios normal padrão (DP) para cada indivíduo, padronizando entre  $\approx |3|$ . As galinhas foram divididas em três grupos com base nos valores de CAR, de acordo com o seguinte critério: CAR alto =  $CAR > 0,50$  do desvio padrão (DP) acima da média; CAR

médio =  $0,50 < CAR \leq 0,499$  DP acima e abaixo da média e CAR baixo =  $-2,5 < CAR \leq -0,499$  DP abaixo da média.

### 3.10. Análises estatísticas

Os dados analisados foram testados e atenderam às pressuposições de homoscedasticidade de variância e normalidade dos erros. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e teste post-hoc Tukey entre as linhagens estudadas, para as características de desempenho, deposição de energia e composição corporal. Estes testes também foram aplicados entre os grupos de DP do CAR (dpCAR). Foi realizado o cálculo de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas. O pacote computacional utilizado foi o Statistical Analysis System (SAS), considerando a significância do teste F de 0,05%.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Desempenho

Os resultados mostraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), entre as linhagens estudadas para CR, GP, PROD, PO, MO e EA (Tabela 3). Dentre as variáveis analisadas, apenas peso corporal e conversão alimentar não diferiram entre as linhagens (Tabela 3).

**Tabela 3.** Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características de desempenho das linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.

Variável	Novagen Tinted	Brown Nick	Bovans Black	Geral	CV <sup>1</sup>	P-valor ANOVA
Consumo de ração, g/ave	112,717 <sup>a</sup>	102,439 <sup>b</sup>	104,667 <sup>b</sup>	106,851	8,194	0,002
Peso corporal, kg	1,353 <sup>a</sup>	1,382 <sup>a</sup>	1,408 <sup>a</sup>	1,379	6,683	0,309
Ganho de peso, g/dia	6,197 <sup>a</sup>	8,449 <sup>b</sup>	7,042 <sup>ab</sup>	7,213	28,361	0,008
Produção de ovo, %	65,822 <sup>a</sup>	46,636 <sup>b</sup>	54,343 <sup>ab</sup>	55,911	30,776	0,007
Peso do ovo, g	53,050 <sup>ab</sup>	55,090 <sup>a</sup>	49,946 <sup>b</sup>	52,838	10,011	0,042
Massa do ovo, g/dia	34,840 <sup>a</sup>	25,453 <sup>b</sup>	27,370 <sup>ab</sup>	29,448	30,776	0,009
Eficiência alimentar, g/kg	309,834 <sup>a</sup>	242,253 <sup>b</sup>	259,019 <sup>ab</sup>	271,885	27,256	0,034
Conversão alimentar, kg/kg	3,281 <sup>a</sup>	4,799 <sup>a</sup>	5,222 <sup>a</sup>	4,367	73,062	0,244
Conversão alimentar, kg/dz	29,220 <sup>a</sup>	44,924 <sup>a</sup>	42,763 <sup>a</sup>	38,546	65,034	0,193

<sup>1</sup>CV. – coeficiente de variação; <sup>a-b</sup>: letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) entre as linhagens estudadas pelo teste Tukey.

De maneira geral, a linhagem *Novogen Tinted* apresentou maiores valores para característica de produção de ovos, com diferença percentual de 41,13% maior que o valor médio para a mesma variável, para a linhagem *Brown Nick*, que apresentou menor valor médio para esta característica. A *Novogen Tinted* também apresentou maior valor de massa (MO), com uma diferença percentual de 36,88% se comparado com a linhagem que apresentou menor valor para essa característica (*Brown Nick*). Apesar de ter um valor de consumo alimentar maior, a linhagem *Novogen Tinted* produziu, em média, mais ovos que as demais linhagens. A linhagem *Brown Nick* produziu ovos mais pesados que a linhagem *Bovans Black*.

## 4.2 Composição corporal

De acordo com a análise das diferenças dos valores finais e iniciais do DXA, a linhagem *Brown Nick* apresentou, de maneira geral, maior média de diferença entre o estágio inicial e final do experimento (Tabela 4), apresentando apenas menor ganho de gordura se comparado com a linhagem *Bovans Black*. Se comparado com a linhagem *Novogen Tinted*, observa-se uma diferença percentual dos valores das médias das diferenças dos valores finais e iniciais do DXA de 62,56%, 60,83% e 37,14%, para proteína, cinzas e água, respectivamente. A ANOVA mostrou diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) entre as linhagens apenas para a variável, proteína e cinzas.

**Tabela 4.** Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características de composição corporal das linhagens *Novogen Tinted*, *Brown Nick* e *Bovans Black* obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.

Variável	Novogen Tinted	Brown Nick	Bovans Black	Média	CV	P-valor ANOVA
Proteína, g/ave	61.427 <sup>a</sup>	99,857 <sup>b</sup>	66,608 <sup>a</sup>	76,066	33,874	0,001
Cinzas, g/ave	9,527 <sup>a</sup>	15,321 <sup>b</sup>	10,892 <sup>ab</sup>	11,905	41,484	0,009
Gordura, g/ave	120,60 <sup>a</sup>	111,786 <sup>a</sup>	128,833 <sup>a</sup>	120,000	52,269	0,788
Água, g/ave	238,333 <sup>a</sup>	326,857 <sup>a</sup>	250,167 <sup>ab</sup>	272,024	31,879	0,021

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>a-b</sup>: letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) entre as linhagens estudadas pelo teste Tukey.

## 4.3 Partição de energia

Os resultados mostraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), entre as linhagens estudadas, para as características de deposição de energia corporal (DEc), deposição de

energia no ovo (DEo), eficiência energética para o crescimento (EEcr), eficiência energética para o ovo (EEo), energia bruta do ovo inteiro (EBoi), energia de manutenção (EEm) e ingestão de energia metabolizada avaliada (IEM) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características de partição e utilização de energia das linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.

Variável	Novogen Tinted	Brown Nick	Bovans Black	Geral	CV	P-valor ANOVA
Deposição de energia corporal	24,507 <sup>a</sup>	33,499 <sup>b</sup>	28,370 <sup>ab</sup>	28,708	29,553	0,013
Deposição de energia no ovo	50,094 <sup>a</sup>	36,883 <sup>b</sup>	38,834 <sup>ab</sup>	42,287	31,239	0,011
Deposição total de energia	74,602 <sup>a</sup>	70,381 <sup>a</sup>	67,203 <sup>a</sup>	70,995	17,542	0,308
Eficiência de energia para crescimento	338,952 <sup>b</sup>	425,124 <sup>a</sup>	356,946 <sup>b</sup>	373,643	20,080	0,003
Eficiência energética para o ovo	515,805 <sup>a</sup>	431,619 <sup>b</sup>	429,558 <sup>ab</sup>	461,815	21,279	0,024
Eficiência total	221,738 <sup>a</sup>	230,223 <sup>a</sup>	213,407 <sup>a</sup>	222,197	13,495	0,370
Eficiência (crescimento + ovo)	612,843 <sup>a</sup>	608,407 <sup>a</sup>	570,320 <sup>a</sup>	598,883	8,807	0,078
Energia bruta do ovo inteiro	1,436 <sup>ab</sup>	1,449 <sup>a</sup>	1,413 <sup>b</sup>	1,433	2,659	0,049
Energia bruta do peso corporal	3,935 <sup>a</sup>	3,972 <sup>a</sup>	4,004 <sup>a</sup>	3,967	2,875	0,296
Eficiência energética de manutenção	214,373 <sup>a</sup>	188,271 <sup>b</sup>	195,264 <sup>b</sup>	199,868	8,847	0,001
Ingestão de energia metabolizável	336,790 <sup>a</sup>	304,222 <sup>b</sup>	312,303 <sup>b</sup>	318,502	8,642	0,002

<sup>1</sup>CV. – coeficiente de variação; <sup>a-b</sup>: letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa (P<0,05) entre as linhagens estudadas pelo teste Tukey.

A maior diferença de valores de média observada foi para característica de DEo, com uma diferença percentual de 37,92% entre a maior média, para linhagem *Novogen Tinted* e a menor média, para linhagem *Brown Nick*. Comportamento semelhante foi observado para a característica EEo, com uma diferença percentual de 20,10%. Ao se observar a linhagem *Brown Nick*, nota-se uma diferença percentual de 36,68% e 25,43% nas características DEc e EEcr, respectivamente, sendo a linhagem *Brown Nick* a que apresentou o maior valor médio para essas características.

#### 4.4 Consumo alimentar residual

De acordo com os resultados obtidos a partir do modelo de regressão múltipla inicial, o consumo de ração (CR) foi estimado e (CRe) a partir da equação:

$$CRe = 24,018 + 48,441xPM + 0,133xGP + 0,741xMO$$

A linhagem Novogen Tinted apresentou maiores valores de média para CRe (Tabela 6), assim como para o valor de resíduo da equação de CR, o consumo alimentar residual (CAR), a linhagem Brown Nick apresentou menores valores para ambas as variáveis. A análise de variância (ANOVA), mostrou que houve diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) na variável de CAR, entre as linhagens estudadas.

**Tabela 6.** Média por linhagem, média geral, coeficiente de variação e resultados da ANOVA das características relacionado ao consumo alimentar residual nas linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.

Variáveis	Novogen Tinted	Brown Nick	Bovans Black	Geral	CV <sup>1</sup>	P-valor ANOVA
CRe	109,921 <sup>a</sup>	104,147 <sup>a</sup>	106,135 <sup>a</sup>	106,851	7,242	0,088
CAR	2,769 <sup>a</sup>	-1,710 <sup>b</sup>	-1,469 <sup>ab</sup>	-1,378 <sup>-7</sup>	3568312718	0,019

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>a-b</sup>: letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) entre as linhagens estudadas pelo teste Tukey.

A diferença significativa ( $P < 0,05$ ), também reflete na frequência de animais por classe de desvio-padrão de CAR (dpCAR), em que na linhagem Novogen Tinted, mais da metade dos animais (53,33%) apresentam alto CAR em relação à média da linhagem, enquanto para as linhagens Brown Nick e Bovans Black, metade dos animais estão classificados com grupo dpCAR médio e baixo (Tabela 7).

**Tabela 7.** Frequência de grupos de CAR para nas linhagens Novogen Tinted, Brown Nick e Bovans Black obtidas entre 105 (idade) dias até 175 (idade) dias.

Linhagem	Grupo dpCAR	Frequência	Porcentagem	Porcentagem cumulativa
Novogen Tinted	Alto	8	53,33	53,33
	Baixo	2	13,33	66,67
	Médio	5	33,33	100
Brown Nick	Alto	3	21,43	21,43
	Baixo	4	28,57	50,00
	Médio	7	50,00	100
Bovans Black	Alto	2	16,67	16,67
	Baixo	4	33,33	50,00
	Médio	6	50,00	100

## 5. DISCUSSÃO

A linhagem Brown Nick apresentou valor médio de CAR menor se comparada com as demais linhagens consideradas neste trabalho, o que pode indicar que esta linhagem é mais eficiente (Pishnamazi *et al.*, 2015). Apesar de apresentar uma produção média diária de ovos menor se comparado com as demais linhagens, ao se observar as variáveis relacionadas à deposição de energia, a linhagem Brown Nick mostra-se eficiente na utilização energética, principalmente para as variáveis relacionadas a deposição de energia corporal, eficiência energética para crescimento e energia bruta do ovo inteiro. Esses resultados corroboram com as diferenças médias das características de composição corporal, em que essa linhagem teve um ganho maior, em média, para proteína e cinzas.

Os maiores valores de teor de proteína e cinzas na composição corporal da linhagem Brown Nick, podem indicar que esta linhagem pode apresentar vantagem se comparada com as demais, dado a relação destas características com o teor de gordura corporal. De acordo com estudo conduzido em frangos de corte, a seleção para teor de proteína na carcaça pode levar a maiores valores de cinzas e menor percentual de gordura corporal. (Nunes *et al.*, 2011). Apesar dos resultados deste estudo não apresentarem diferença estatística significativa ( $P > 0,05$ ) para a característica de gordura na composição corporal dos animais, estudos apontam uma associação fenotípica alta e negativa entre teor de gordura corporal entre proteína (-0,95) e cinzas (-0,80) (Chambers; Fortin, 1984).

A linhagem Brown Nick produziu ovos mais pesados, que se reflete também no maior valor de energia bruta do ovo inteiro, se comparado com as médias das demais linhagens, apresentando também maior valor de ganho de peso. De acordo com Pérez-Bonilla *et al.* (2012), galinhas mais pesadas produzem ovos mais pesados. Dentre as características de qualidade do ovo, o peso do ovo mostra-se mais importante do ponto de vista do consumidor, como também para produtores (Hanusová *et al.*, 2015). O maior valor de ganho de peso corporal é evidenciado nos maiores valores de deposição de energia corporal e para o crescimento, observados para essa linhagem, assim como maior energia bruta do ovo inteiro, corroborando com o maior valor de peso médio do ovo (Sibbald, 1979).

A linhagem Novogen Tinted apresentou o maior valor médio de CAR se comparado com as demais linhagens. Um valor alto de CAR pode indicar ineficiência em converter alimento, animais com alto CAR precisam de mais ração para atingir a

produção desejada do que os animais que apresentaram baixo CAR (Fathi *et al.*, 2019), isso é evidenciado ao se observar altos valores médios de consumo ração, como também maior demanda energética para manutenção e ingestão de energia metabolizada na linhagem Novogen Tinted.

Em estudo avaliando a composição corporal e retenção de energia em frangos de corte, foi observado que enquanto o consumo de energia aumenta, o conteúdo proteico corporal reduz (Boekholt; Schreurs, 1997). Essa relação também pode ser observada nos resultados deste trabalho, em que a linhagem Novogen Tinted apresentou maiores valores médios de deposição de energia no corpo e no ovo e ingestão de energia metabolizável, porém menores valores das características de composição corporal de proteína e cinzas.

Em estudo comparando características de partição de energia em poedeiras com baixos e altos valores de CAR, os autores observaram que as aves que não foram eficientes, ou seja, com altos valores de CAR, apresentaram maior consumo alimentar, ingestão de energia bruta, ingestão de energia metabolizada e energia metabolizada para manutenção (Van Eerden *et al.*, 2006). A linhagem Novogen Tinted apresentou diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) para característica de IEM e CR, apresentando maior valor médio, corroborando com o apontamento dos autores, em que salientam que os gastos energéticos nos animais de CAR elevado foram mais alocados em processos de manutenção. O maior valor de CR e IEM para essa linhagem, também é observado na divisão de grupos a partir de dpCAR, onde mais da metade dos animais são classificados com alto dpCAR para ambas as características. Apesar da produção de ovos diária ser maior que a linhagem Brown Nick, deve-se levar em consideração os maiores gastos com alimentação, uma vez que seu consumo alimentar também é maior.

A linhagem Bovans Black apresentou maiores valores de produção diária de ovos se comparado com a linhagem Brown Nick, porém menor valor médio de eficiência alimentar, como também menores valores médios de eficiência energética para crescimento e para o ovo e maior valor de uso de energia para manutenção, mostrando-se menos eficiente em aproveitar recursos energéticos para produção e manutenção, se comparado com a Brown Nick. Em média, a linhagem Brown Nick produziu ovos mais pesados que as demais linhagens e, se comparado com a linhagem Bovans Black, a linhagem Brown Nick produziu 1kg em ovos em aproximadamente 18 dias, enquanto a linhagem Bovans Black produziu o mesmo peso em ovos, em aproximadamente 20 dias,

durante o período experimental, indicando que esta linhagem pode produzir ovos de melhor qualidade em menor período.

Apesar da linhagem Novogen Tinted apresentar valor médio maior para produção diária de ovos, esta linhagem apresentou resultados que indicam menor eficiência produtiva, necessitando de maior quantidade de alimento para produção. Esses resultados podem estar refletidos no alto valor de CAR observado nessa linhagem. Ao se observar os valores de CAR entre as linhagens Brown Nick e Bovans Black, observa-se um menor valor para a linhagem Brown Nick. Esse menor valor observado nesta linhagem, indica que as aves podem ser mais eficientes e, esta eficiência, pode estar refletida nas vantagens observadas nas características de desempenho, utilização de energia e composição corporal. Mesmo com as diferenças observadas nas características estudadas entre as linhagens pela ANOVA, o teste Tukey apenas mostrou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre a linhagem Novogen Tinted e as demais. Mais estudos comparando a linhagem Brown Nick e Bovans Black devem ser conduzidos.

## **6. CONCLUSÃO**

Os métodos utilizados neste estudo para se comparar as linhagens consideradas foram capazes de segregar aves mais eficientes, porém mais estudos devem ser conduzidos para se comparar as linhagens Brown Nick e Bovans Black.

## REFERÊNCIAS

ALVES, W. J. *et al.* In vivo description of body growth and chemical components of egg-laying pullets. *Livestock Science*. V.220, P.221-229, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.023>. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.12.023.

AOAC. Official Methods of Analysis. 18th edn. **Association of Official Analytical Chemists**; Arlington, VA, USA: 2005.

BEILHARZ, R. G *et al.* Quantitative genetics and evolution: is our understanding of genetics sufficient to explain evolution? *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v. 110, n. 1-6, p. 161-170, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1993.tb00728.x>. DOI: 10.1111/j.1439-0388.1993.tb00728.x

BOEKHOLT, H. A.; SCHREURS, V. V. Partitioning of fat and protein in energy retention of growing animals. *Zeitschrift fur ernahrungswissenschaft*, V.36, n. 4, P. 299-302, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/bf01617802>. DOI: 10.1007/bf01617802.

BOTTJE, W. G.; CARSTENS, G. E. Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. *Journal of Animal Science*, V.87, N.14, P.E48–E63, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1379>. DOI:10.2527/jas.2008-1379.

BÜNGER L. *et al.* Direct and correlated effects of selection for food intake corrected for body weight in the adult mouse. In: Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 6<sup>a</sup>, 1998 Armidale (Australia). Anais. Australia: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 1998. P.97-100.

CHAMBERS, J. R.; FORTIN, A. Live body and carcass measurements as predictors of chemical composition of carcasses of male broiler chickens. *Poultry Science*, V.63, N.11, P.2187-2196, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0632187>. DOI: 10.3382/ps.0632187.

DE GROOTE, G. Metabolizable energy utilization. In: MORRIS, T. R.; FREEMAN, B. M. (Eds.). Energy requirements of poultry. Edinburgh: British **Poultry Science**, 1974. p. 113-133.

DE HAER *et al.* Relations among individual (residual) feed intake, growth performance and feed intake pattern of growing pigs in group housing. *Livestock Production Science*, v. 36, n. 3, p. 233-253, 1993. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90056-N](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90056-N). DOI: 10.1016/0301-6226(93)90056-N

DE VERDAL, H. *et al.* Digestive tract measurements and histological adaptation in broiler lines divergently selected for digestive efficiency. *Poultry science*, V.89, N.9, P. 1955-1961, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-813>. DOI: 10.3382/ps.2010-813.

EL-SABROUT, K. *et al.* Lighting, density, and dietary strategies to improve poultry behavior, health, and production. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, V.10, N.1, P.2212-2212, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.31893/jabb.22012>. DOI: 10.31893/jabb.22012.

FATHI, M. M. *et al.* Assessment of residual feed intake and its relevant measurements in two varieties of Japanese quails (*Coturnixcoturnix japonica*) under high environmental temperature. **Animals**, V.9, N.6, P.299, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani9060299>. DOI: 10.3390/ani9060299.

FORBES, E. B. *et al.* The energy metabolism of cattle in relation to the plane of nutrition. **Journal of Agricultural Research**, v.37, n.5, p.253-300, 1928.

GABARROU, J. F. *et al.* Energy balance of laying hens selected on residual food consumption. **British Poultry Science**, V.39, N.1, P.79-89, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00071669889439>. DOI: 10.1080/00071669889439.

GERAERT, P. A.; GUILLAUMIN, S.; BORDAS, A. A. Evidence of a genetic control of diet-induced thermogenesis in poultry. In: **12. Symposium**. Reino Unido, 1993.

GRIMBERGEN, A. H. M. Energy expenditure under productive conditions. Energy requirements of poultry. Edinburgh: **British Poultry Science**, p. 61-71, 1974.

HAER, L. *et al.* Relations among Individual (Residual) Feed Intake, Growth Performance and Feed Intake Pattern of Growing Pigs in Group Housing. **Livestock Production Science** V.36, N.3, P.233–253. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90056-N](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90056-N) doi:10.1016/0301-6226(93)90056-N.

HANUSOVA, E. *et al.* Effect of breed on some parameters of egg quality in laying hens. **Acta fytotechnica et zootechnica**, V.18, N.1, P.20-24, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/287189366.pdf>. DOI: 0.15414/afz.2015.18.01.20–24.

HE, Z. *et al.* Comparison of genomic prediction methods for residual feed intake in broilers. **Animal Genetics**, V.53, N.3, P.466-469. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/age.13186>. DOI: 10.1111/age.13186.

HERD, R. M. *et al.* . Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, V.44, N.5, P.423-430, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/EA02220>. DOI: 10.1071/EA02220.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, V.87, N.suppl\_14, P.E64-E71, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1345>. DOI: 10.2527/jas.2008-1345.

KLASING, K. C. *et al.* Interactions between nutrition and immunity: lessons from animal agriculture. In: GERSHWIN, E. M. *et al.* (org) **Nutrition and immunology: Principles and practice**. Berlim, springer science + business media, 2000, p.363-373.

LI, G. *et al.* Effects of feeder space on broiler feeding behaviors. **Poultry Science**, V.100, N.4, P.101016, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.038>. DOI: 10.1016/j.psj.2021.01.038.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Energy partitioning in broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, V.88, N.2, P.205-212, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/CJAS07087>. DOI: 10.4141/CJAS07087.

LUITING, P. *et al.* Metabolic differences between White Leghorns selected for high and low residual food consumption. **British Poultry Science**, V.2, N.4, P.763-782, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00071669108417402>. DOI: 10.1080/00071669108417402.

LUITING, P.; URFF, E. M. Residual Feed Consumption in Laying Hens.: 2. Genetic Variation and Correlations. **Poultry Science**, V.70, N.8, P.1663-1672b, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0701663>. DOI: 10.3382/ps.0701663.

LUITING, P.; URFF, E. M. Residual Feed Consumption in Laying Hens.: 1. Quantification of Phenotypic Variation and Repeatabilities. **Poultry science**, V,70, N.8, P.1655-1662a, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0701655>. DOI: 10.3382/ps.0701655.

LUITING, P.; URFF, E. M.; VERSTEGEN, M. W. A. Between-animal variation in biological efficiency as related to residual feed consumption. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, V.42, N.1, P.59-67, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.18174/njas.v42i1.615>. DOI: 10.18174/njas.v42i1.615.

MARTIN, P. *et al.* Invited review: Disentangling residual feed intake—Insights and approaches to make it more fit for purpose in the modern context. **Journal of Dairy Science**, V.104, N.6, P.6329-6342, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19844>. DOI: 10.3168/jds.2020-19844.

MATTERSON, L. D. *et al.* The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Connecticut: Agricultural Experiment Station. p. 3-15, 1965.

MIGNON-GRASTEAU, S. *et al.* Heritability of digestibilities and divergent selection for digestion ability in growing chicks fed a wheat diet. **Poultry Science**, V.83, N.6, P.860-867, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/83.6.860>. DOI: 10.1093/ps/83.6.860.

MOORE, S. S. *et al.* Molecular basis for residual feed intake in beef cattle. **Journal of animal science**, V.87, N.suppl\_14, P.E41-E47, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1418>. DOI: 10.2527/jas.2008-1418.

NEME, R. *et al.* Modelling energy utilization for laying type pullets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 7, p. 39-46, 2005.

NEME, R. *et al.* Growth curves and deposition of body components in pullets of different strains. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.35, P.1091-1100, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2005000100007>. DOI: 10.1590/S1516-635X2005000100007.

NEWCOMBE, M.; MARCH, B. E. Food intake and abdominal adipose tissue in White Leghorn hens fed diets of different protein and energy concentrations. **British poultry**

**science**, V.29, N.2, P.311-323, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00071668808417056>. DOI: 10.1080/00071668808417056.

NUNES, B. N. *et al.* Genetic parameters for body weight, carcass chemical composition and yield in a broiler-layer cross developed for QTL mapping. **Genetics and molecular biology**, V.34, P.429-434, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572011005000019>. DOI: 10.1590/S1415-47572011005000019.

PÉREZ-BONILLA, A. *et al.* Effect of crude protein and fat content of diet on productive performance and egg quality traits of brown egg-laying hens with different initial body weight. **Poultry Science**, V.91, N.6, P.1400-1405, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01917>. DOI: 10.3382/ps.2011-01917.

PISHNAMAZI, A. *et al.* Effects of environmental temperature and dietary energy on energy partitioning coefficients of female broiler breeders. **Journal of Animal Science**, V.93, N.10, P.4734-4741, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9214>. DOI: 10.2527/jas.2015-9214.

PITCHFORD, W. S. *et al.* Variation in residual feed intake depends on feed on offer. **Animal Production Science**, V.58, N.8, P.1414-1422, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/AN17779>. DOI: 10.1071/AN17779.

PRAKASH, Anand *et al.* Molecular basis of residual feed intake in broilers. **World's Poultry Science Journal**, V.77, N.1, P.175-189, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1789534>. DOI: 10.1080/00439339.2020.1789534.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas Brasileiras para Poedeiras e Suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. Viçosa, MG: UVF, DZO, 2017.

SABRI, H. M. *et al.* Measurements of genetic variation in residual metabolizable energy intake of laying hens. **Poultry Science**, V.70, N.2, P.222-228, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0700222>. DOI: 10.3382/ps.0700222.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. p.163-190.

SIBBALD, I.R. The Gross Energy of Avian Eggs. **Poultry Science**, V.58, N.2, P.404-409, 1979. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0580404>. DOI: 10.3382/ps.0580404.

SUN, H. *et al.* Association of residual feed intake with intestinal microbiome and metabolome in laying period of ducks. **Frontiers in Microbiology**, V.14, P.1138914, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1138914>. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1138914.

VAN EERDEN, E. *et al.* Energy partitioning and thyroid hormone levels during salmonella enteritidis infections in pullets with high or low residual feed intake. **Poultry science**, v. 85, n. 10, p. 1775-1783, 2006.

VAN EERDEN, E. *et al.*. **Residual feed intake in young chickens: effects on energy partitioning and immunity**. Wageningen University and Research, V.85, N.10, P.1775-1783, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/85.10.1775>. DOI: 10.1093/ps/85.10.1775.

VAN EERDEN, E. *et al.* Phenotypic selection for residual feed intake and its effect on humoral immune responses in growing layer hens. **Poultry science**, V.83, N.9, P.1602-1609, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/83.9.1602>. DOI: 10.1093/ps/83.9.1602.

YANG, L. *et al.* Association of residual feed intake with growth performance, carcass traits, meat quality, and blood variables in native chickens. **Journal of Animal Science**, V.98, N.7, P.skaa121, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa121>. DOI: 10.1093/jas/skaa121.

YI, Z. *et al.* Feed conversion ratio, residual feed intake and cholecystokinin type A receptor gene polymorphisms are associated with feed intake and average daily gain in a Chinese local chicken population. **Journal of animal science and biotechnology**, V.9, P.1-9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0261-1>. DOI: 10.1186/s40104-018-0261-1.

YUAN, J. *et al.* Genome-wide association studies for feed intake and efficiency in two laying periods of chickens. **Genetics Selection Evolution**, V.47, N.82, P.1-13, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12711-015-0161-1>. DOI: 10.1186/s12711-015-0161-1.

ZHANG, W.; AGGREY, S. E. Genetic variation in feed utilization efficiency of meat-type chickens1. **World's poultry science journal**, V.59, N.3, P.328-339, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/WPS20030020>. DOI: 10.1079/WPS20030020.

ZHANG, Y. *et al.* Genetic parameters for residual feed intake in a random population of Pekin duck. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, V.30, N.2, P.167, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5713%2Fajas.15.0577>. DOI: 10.5713%2Fajas.15.0577.