



## APLICAÇÃO DOS MODELOS DE BOLTZMANN E POLINOMIAL NA ESTIMATIVA DA CURVA DE CRESCIMENTO DE GALINHAS NATIVAS SUPLEMENTADAS COM *Croton mubango* e *Tithonia diversifolia* EM RAÇÃO À BASE DE MILHO

### BOLTZMANN AND POLYNOMIAL MODELING OF GROWTH IN NATIVE CHICKENS FED CORN-BASED DIETS WITH *Croton mubango* and *Tithonia diversifolia* SUPPLEMENTS

Justo Cassinda Vítor dos Santos<sup>1</sup>; Fernando Bemba<sup>1</sup>; Augusto Veríssimo Vítor dos Santos<sup>1</sup>; Jorgina Gonçalves Casaco<sup>1</sup>; Armindo Paixão António<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade José Eduardo dos Santos, Huambo - Angola.

\* Email para correspondência: [justo.santos@icb.ufpa.br](mailto:justo.santos@icb.ufpa.br)

#### RESUMO

A suplementação alimentar de galinhas nativas com produtos naturais pode otimizar a produção e o desempenho no contexto familiar. Este estudo avaliou o efeito da suplementação com pó de folhas de *Croton mubango* e *Tithonia diversifolia* na curva de crescimento e na parasitose gastrointestinal de galinhas alimentadas com ração à base de milho. Trata-se de um estudo caso-controle, com dois grupos: Grupo 1 (ração de milho e farelo, sem suplemento) e Grupo 2 (ração de milho e farelo com 10% de cada pó vegetal). Foram avaliadas variáveis produtivas, incluindo peso corporal, ganho médio diário, consumo de ração, índice de conversão alimentar e taxa de mortalidade, além da presença de parasitas gastrointestinais. Ao final de 70 dias, o Grupo 1 apresentou aumento de peso de 179 g para 402,5 g, enquanto o Grupo 2 alcançou 193 g para 778,5 g. A análise coprológica identificou ovos de *Eimeria* spp., com redução significativa no Grupo 2, que também não apresentou *Heterakis gallinarum*, diferentemente do controle. Os resultados indicam que a suplementação com *Croton mubango* e *Tithonia diversifolia* favorece o ganho de peso e exerce efeito antiparasitário,

#### ABSTRACT

Dietary supplementation of native chickens with natural products can enhance production and performance in small-scale farming. This study evaluated the effects of supplementation with leaf powder of *Croton mubango* and *Tithonia diversifolia* on growth performance and gastrointestinal parasitism in chickens fed a corn-based diet. A case-control design was used, with two groups: Group 1 (corn and bran feed, no supplement) and Group 2 (corn and bran feed supplemented with 10% of each plant powder). Productive parameters assessed included body weight, average daily gain, feed intake, feed conversion ratio, and mortality rate, as well as gastrointestinal parasite presence. After 70 days, Group 1 increased body weight from 179 g to 402.5 g, while Group 2 increased from 193 g to 778.5 g. Coprological analysis identified *Eimeria* spp. oocysts, with a significant reduction in Group 2, which also showed no *Heterakis gallinarum*, unlike the control. These results indicate that supplementation with *Croton mubango* and *Tithonia diversifolia* promotes weight gain and exerts an antiparasitic

evidenciando seu potencial para manejo alimentar e sanitário em galinhas nativas.

**Palavras-chave:** galinhas nativas, suplementação alimentar *Croton mubango*, *Tithonia diversifolia*.

effect, demonstrating potential for nutritional and sanitary management of native chickens.

**Keywords:** Native kitchen, food supplementation, *Croton mubango*, *Tithonia diversifolia*

## Introdução

A avicultura faz referência de forma geral à criação de aves, como galinhas, entre outras. Neste, entretanto, a produção de frangos é um sector agrário com ampla produtividade principalmente como importante fonte de alimento para o homem há mais de 8.000 anos (Muchadeyi *et al.*, 2004). Os maiores produtores de frangos considerando mais de 10.000 aves por km<sup>2</sup> são encontrados em certas partes da Europa Ocidental, leste dos EUA, centro do Brasil e leste e sul da Ásia (Robinson *et al.*, 2014). Refere-se que as altas taxas de produção estão geralmente relacionadas com sistemas de produção comercial intensivos (Bingsheng e Yijun, 2007; Nääs *et al.*, 2015).

A avicultura sustentável pode ser desenvolvida com o mínimo conhecimento especializado possível, pois envolve técnicas simples e acessíveis, dali o seu impacto na agricultura familiar. Maior parte da comunidade em zonas rurais possui experiência básica na criação de aves domésticas, o que facilita a adopção de práticas às condições de campo. Essa abordagem permite gerar renda, melhorar a segurança alimentar e elevar o padrão de vida das comunidades rurais (Bounds & Zinyemba, 2018).

As plantas medicinais são ricos em fitoconstituintes activos que pela sua actividade biológica apresentam-se como alternativa viável para aumentar o crescimento e a sustentabilidade na avicultura. Dentro dos benefícios incluem o crescimento acelerado, redução do estresse oxidativo, modulação da inflamação, melhoria da microflora intestinal bem como da imunidade e com isto o aumento geral da produtividade (Rehman *et al.*, 2025).

A inclusão de plantas medicinais na alimentação das aves auxiliam no processo de digestão pela sua natureza são consideradas seguras, econômicas e ecologicamente corretas e com menos efeitos colaterais. Neste contexto a inclusão na dieta das aves representa um incentivo no sentido de melhorar o desempenho o aproveitamento da ração, a manutenção da saúde e aliviar os efeitos adversos do estresse ambiental (Vinus *et al.*, 2018).

A utilização do *Croton mubango* como suplemento nutricional não possui ainda dados científicos que sustentem tal abordagem porem possui efeitos reportados contra o câncer, actividade antimicrobiana de modulação gastrintestinal entre outras (Schmelzer, 2007) porquanto, a *Tithonia diversifolia* tem sido amplamente estudada como suplemento nutricional na produção animal e com realce na avicultura (Ekeocha, 2011; Buragohain, 2016).



Uma vantagem dos modelos não lineares é a possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros, um critério essencial na avaliação das curvas de crescimento. Esses modelos permitem resumir o crescimento da população em poucos parâmetros-chave, como peso inicial, taxa de crescimento e peso adulto, proporcionando uma compreensão mais clara da dinâmica do desenvolvimento animal como os que se propõe utilizar neste estudo (Silva *et al.*, 2010).

Tendo em conta as características bromatológicas e fitoquímica das plantas em referência, por forma a garantir alternativas na produção animal e principalmente potenciar a avicultura familiar o presente estudo se propõe analisar o efeito da mistura do pó das plantas de *Croton mubango* e *Titonia diversifolia* como suplemento alimentar em galinhas nativas alimentadas com ração de milho utilizando modelos matemáticos de estudo.

## Metodologia

Trata-se de um estudo do tipo caso-controle, onde o grupo caso foi constituído por galinhas submetidas ao consumo da ração com mistura de croton mubango e *Titonia diversifolia* (GII) e o grupo I (GI) de galinhas que foram submetidos ao consumo de ração sem a suplementação. Cada grupo esteve constituído por 10 galinhas selecionadas aleatoriamente cujo critério de inclusão foi: sem queda de penugem, estado dos olhos (arredondados e brilhantes), sem ferimentos e/ou fracturas. Foi realizada com 15 dias de antecedência a desratização das boxes com Indometacina e limpeza mecânica das boxes com solução de formaldeído 37% (Mendes *et al.*, 2004). As plantas de *Croton mubango* e *Titonia diversifolia* foram colhidas e preparado o pó seguindo a metodologia utilizada por Zatta (2006) e Paixão (2016), tendo considerado um nível de inclusão de 20% sendo 10% para cada pó da planta utilizada.

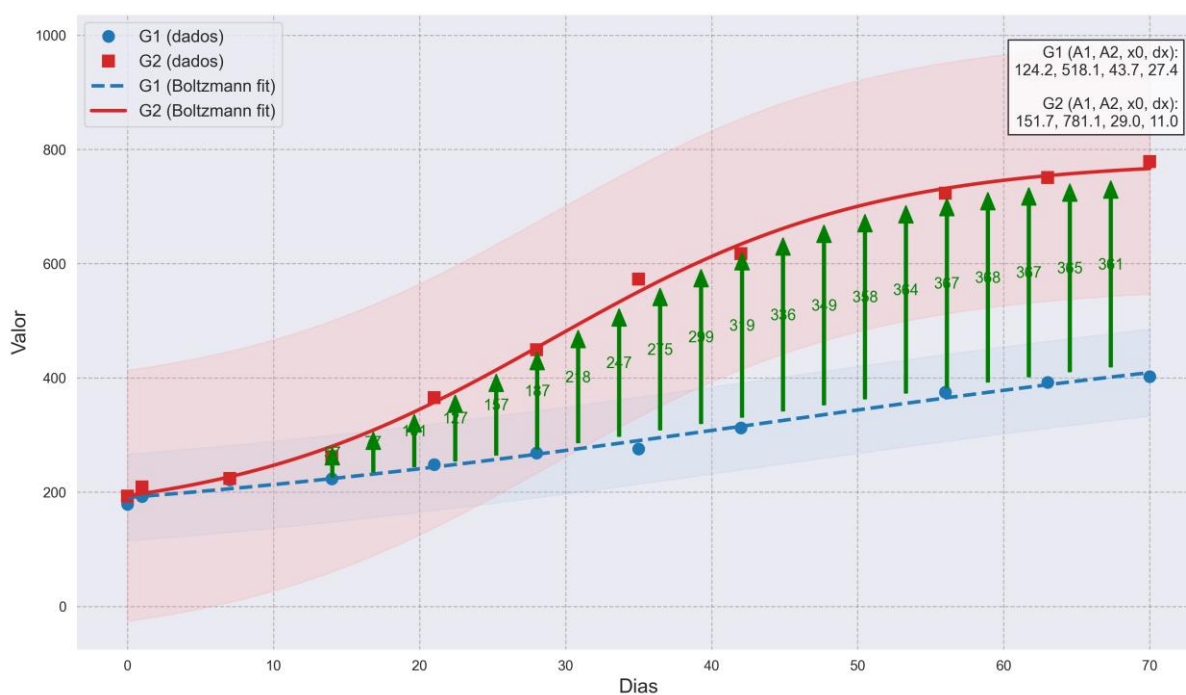
As variáveis como peso corporal (PC), Consumo de Ração (CR), Ganho médio diário (GMD), índice de conversão alimentar (ICA) foram determinadas a cada sete dias e disponibilizado *add libbitum* água e alimentos.

## Análise estatística

Os dados foram selecionados e ajustados com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), utilizado como critério para identificar o modelo que melhor representasse o experimento. Foram aplicados os modelos de *Boltzmann* e *polinomial* utilizando o pacote de análise de dados do Python versão 3.13. que também serviu para análise estatística complementar como média e desvio padrão foi visando garantir maior precisão na interpretação dos resultados.

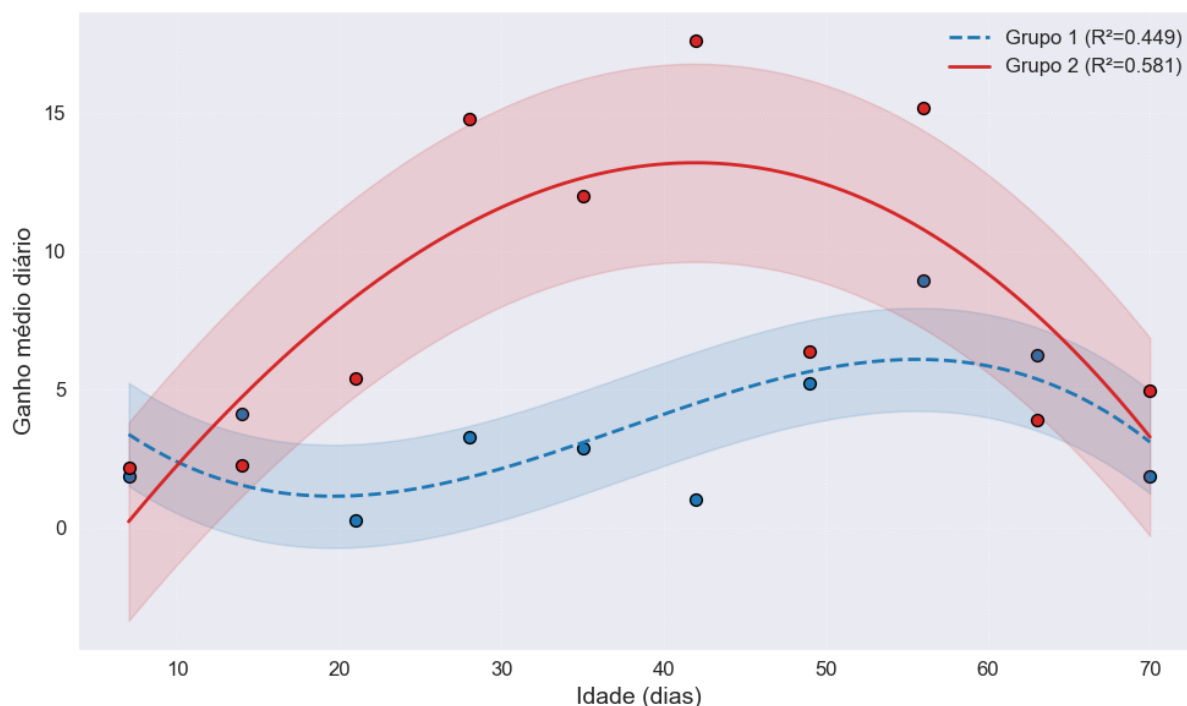
## Resultados

O gráfico 1 ilustra a evolução do ganho medio peso ao longo dos dias em função dos grupos de estudo, onde o grupo G1 (controle) apresentou uma média do ganho medio diário de  $280.92 \text{ g} \pm 79.65$  e o grupo GII (caso) apresentou uma média  $467.75 \text{ g} \pm 230.32$ . Os pontos representam os dados observados para cada grupo (círculos azuis: G1; quadrados vermelhos: G2). As linhas (G1 tracejado azul, G2 sólida vermelha) revelam o ajuste sigmoide de *Boltzmann*, com faixas transparentes indicando o desvio padrão. Setas verdes destacam diferenças significativas entre os grupos, enquanto o quadro no canto superior direito apresenta os parâmetros ajustados (A1, A2, x0, dx). O G2 revela que cresce mais rapidamente e atinge valores finais maiores que G1, especialmente após o dia 21. Ao longo do estudo também foi determinado o ganho medio diário de peso do GI e GII apresentando a media de ganho medio diário de  $3,58 \pm 2,64$  e  $8,46 \pm 5,83$  respectivamente (gráfico 2). Pontos mostram os dados observados, linhas indicam ajuste polinomial de 3º grau, faixas sombreadas representam desvio padrão e R<sup>2</sup> evidencia a qualidade do ajuste, permitindo comparar padrões de crescimento entre os grupos.



**Gráfico 1.** Evolução de G1 (Controlo) e G2 (caso) ao longo de 70 dias com ajuste pelo modelo de Boltzmann.

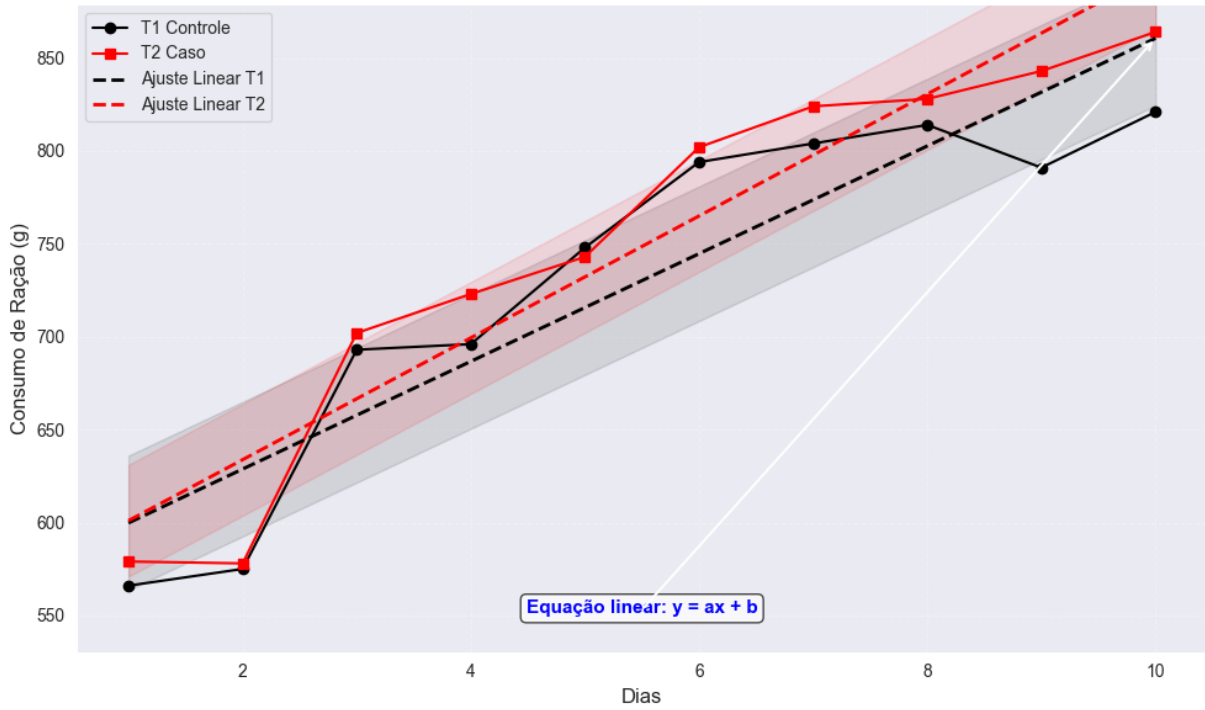




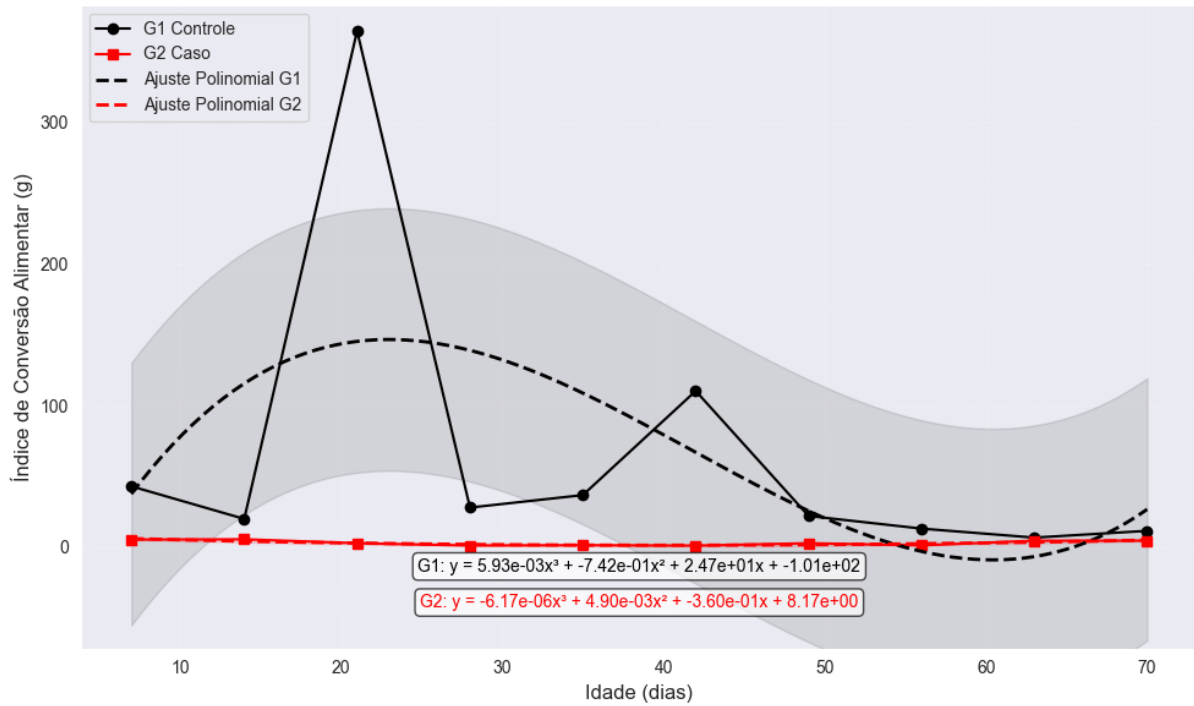
**Gráfico 2.** Ganho médio diário em função da idade para os Grupos 1 (azul) e 2 (vermelho) segundo o modelo de ajuste polinomial.

A média do consumo da ração foi de  $720,2 \pm 100,1$  g para o grupo controle e  $718,6 \pm 109,4$  g para o grupo caso. De acordo o modelo linear ajustado se pode visualizar a diferença no consumo da ração entre o grupo controle (T1) e o grupo caso (T2) como se pode observar no gráfico 3. Os pontos representam os dados observados, e as linhas tracejadas mostram o ajuste linear de cada grupo. As faixas sombreadas indicam o desvio padrão de cada grupo de estudo. A equação linear canônica está destacada abaixo do gráfico, com setas indicando as linhas de ajuste.

A média do índice de conversão alimentar para o grupo controle foi de  $72,5 \pm 102,8$  g e  $3,9 \pm 1,5$  g para o grupo caso (Gráfico 4). O ajuste polinomial de 3º grau e as equações polinomiais destacadas, permitem interpretar a tendência do índice de conversão alimentar ao longo dos dias podendo observar-se que o consumo médio diário de ração variou ao longo do tempo, com controle apresentando maior variabilidade e picos no dia 21, enquanto o grupo T2 (Caso) manteve valores mais estáveis.



**Gráfico 3.** Consumo da ração nos primeiros 10 dias no grupo caso e controle

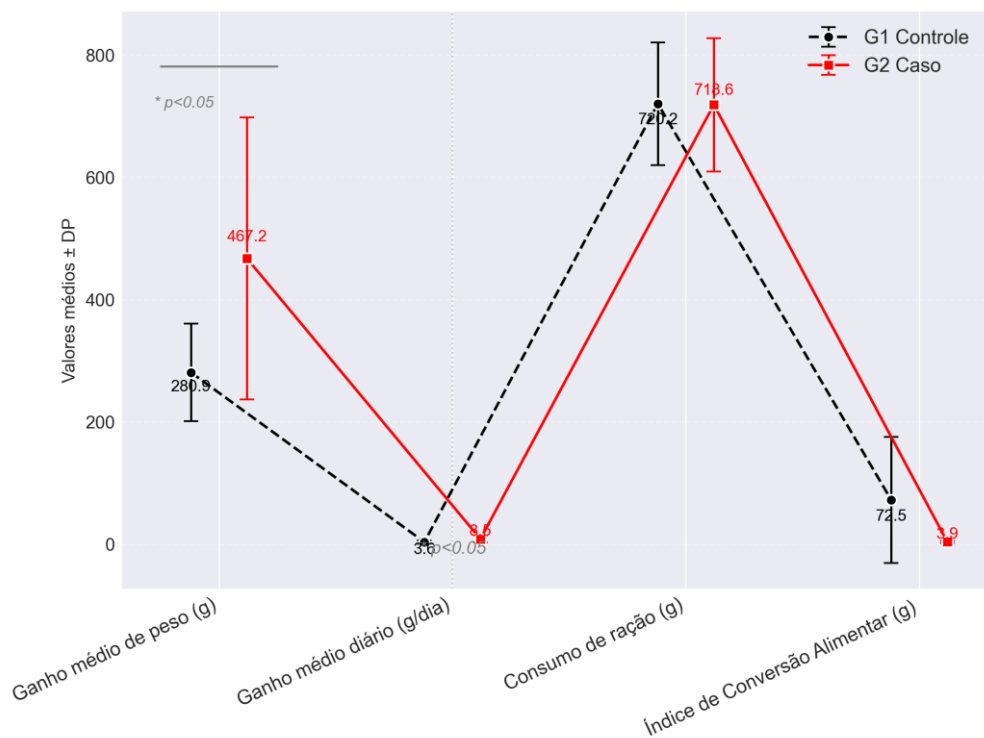


**Gráfico 4.** Índice de conversão alimentar do grupo caso e controle.

## Discussão

De acordo os gráficos 1 e 2 pode-se observar claramente uma tendência da influencia das plantas suplementadas utilizada no grupo caso tendo se observado uma media de ganho medio de peso de  $280,92 \pm 79,65$  g para o grupo controle e  $467,15 \pm 230,32$  g para o grupo caso, já no ganho medio diário para o grupo controle foi de  $3,58 \pm 2,64$  e o grupo caso  $8,46 \pm 5,83$  que representa diferenças significativas com  $p=0,034$  para o ganho medio de peso e  $p=0,031$  para o ganho médio diário utilizando o teste de student mostrando claramente o efeito das plantas utilizadas neste estudo sobre as variáveis de crescimento analisadas. Estudos realizados por Buragohain (2016) ao suplementar com farinha de *Tithonia diversifolia* frangos de corte observou melhoria na curva de crescimento no grupo tratado em relação ao grupo controle comportamento verificado neste estudo. Embora no estudo do autor em discussão foram considerado inclusões de 4, 6 e 10% não havendo grandes diferenças significativas, porém teve diminuição do consumo e digestibilidade comparando com o grupo controle. No presente estudo não houve diferenças significativas no consumo da ração que guarda relação com a digestibilidade e conversão alimentar, sendo que a conversão alimentar foi melhor no grupo controle deste estudo( gráfico 3 e 4). Um outro estudo avaliando a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras verificou melhorias no grupo suplementado com níveis de inclusão de 20 e 30% comparando com os níveis de 0 e 10%( Díaz-Echeverría et al., 2023) revelando o poder desta planta como estratégia alimentar principalmente para o sector agrícola família. Fuente-Martínez et al.,(2021) avaliando o efeito de farinha em galinhas poedeiras utilizando níveis de inclusão de 5, 10 e 15% não encontraram diferenças significativas nas variáveis avaliadas porém a inclusão de 5% apresentou maiores rendimento produtivo nas variáveis estudadas que foram nomeadamente consumo da ração, peso médio diário dos ovos, variáveis produtivas e a conversão alimentar que foi relativamente maior na inclusão de 15%.

Do estudo realizado as variáveis que apresentaram o mesmo comportamento segundo os modelos utilizados foram o peso médio e o ganho médio diário sendo que no consumo da ração e no índice de conversão alimentar não houve diferenças significativas entre o grupo caso e controle (gráfico 5).



**Gráfico 5.** Comportamento das variáveis produtivas de crescimento do grupo controle e caso.

Ao observar os dados deste gráfico percebe-se como já se realizou o comentário anteriormente que as variáveis de consumo da ração e índice de conversão foram afetadas dada a composição fitoquímica tanto do *Croton mubango* e *Titonia diversifolia* por ser plantas com conteúdos consideráveis de taninos que constituem componentes fitoquímicos antinutricionais e que afetam a digestibilidade (Rodríguez *et al.*, 2018; Lezcano *et al.*, 2012) mas que não afetaram as variáveis produtivas como o ganho de peso e o ganho médio diário. A planta medicinal embora tenha sido utilizada neste estudo não existem dados científicos que sustentam sua utilização como suplemento na ração animal ou mesmo de aves porém dados fitoquímicos fazem referência ao seu conteúdo em taninos o que poderia justificar a potenciação do efeito anti nutricional que afeta o consumo da ração e o índice de conversão alimentar. No entanto, este dado sugere a possibilidade de realizar um estudo isolado com *Croton mubango* para avaliar este efeito.

## Conclusões e Recomendações

O estudo levado a cabo com a planta nos modelos de análise estudados conclui-se que a mistura da planta *croton mubango* melhorou as variáveis produtivas como ganho medio de peso e ganho medio diário que reforça igualmente a sua utilização como propostas dietéticas de melhora dos índices produtivos de galinhas nativas, porém estudos adicionais são necessários para avaliar as inclusões menores e o estudo comparativo entre as duas plantas.

## Referências Bibliográficas

- Bingsheng, K., & Yijun, H. (2007). Poultry sector in China: Structural changes during the past decade and future trends. In *Poultry in the 21st century: Avian influenza and beyond*. Proceedings of the international poultry conference (pp. 25–26). Bangkok.
- Bounds, M., & Zinyemba, O. (2018). Poultry farming: Lessening poverty in rural areas. *South African Journal of Agricultural Extension*, 46(1), 59-70.
- Buragohain, R. (2016). Growth performance, nutrient utilization, and feed efficiency in broilers fed *Tithonia diversifolia* leaf meal as substitute of conventional feed ingredients in Mizoram. *Veterinary World*, 9(5), 444.
- Díaz-Echeverría, V. F., Velmar-Chan, V., Santos Ricalde, R. H., Segura-Correa, J. C., Pat-Ake, I., Chavarria-Diaz, A. C., Oros-Ortega, I., Casanova-Lugo, F., Cen Hoy, A., & Kim Barrera, C. (2023). Production and egg quality in chicken layers fed with *Tithonia diversifolia*. *eterinaria México A*, 10. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2023.1133>.
- Ekeocha, A. H. (2011). Effect of feeding Mexican sunflower leaf (*Tithonia diversifolia*, Hemsley, A. Gray) on performance of broiler chicks. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 53(3), 123-128.
- Fuente-Martínez, Benjamín, Carranco-Jáuregui, María, Barrita-Ramírez, Vilma, Ávila-González, Ernesto, & Sanginés-García, Leonor. (2019). Effect of *Tithonia diversifolia* meal on productive variables in laying hens. *Abanico veterinario*, 9, e911. Epub 05 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.911>
- Lezcano, Y., Soca, M., Sánchez, L.M., Ojeda, F., Olivera, Y., Fontes, D., Montejo, I.L, Santana H, Martínez J, Cubillas N. 2012. Caracterización cualitativa del contenido de metabolitos secundarios en la fracción comestible de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*. 35(3): 283-292. ISSN: 0864-0394.
- Muchadeyi, F. C., Sibanda, S., Kusina, N. T., Kusina, J., & Makuza, S. M. (2004). The village chicken production system in rushinga district of Zimbabwe. *Livestock Research for Rural Development*, 16(6). Retrieved from: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd16/6/much16040.htm>.
- Nääs, I. A., Mollo Neto, M., Canuto, S. A., Waker, R., Oliveira, D. R. M. S., & Vendrametto, O. (2015). Brazilian chicken meat production chain: A 10-year overview. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 17(1), 87–94.
- Rehman, A. ur, Buzdar, J. A., Arain, M. A., Fazlani, S. A., Arslan, M., & Zhou, C. (2025). An in-depth overview of the nutritional advantages of medicinal plant supplementation in poultry feed. *World's Poultry Science Journal*, 81(2), 569–604. <https://doi.org/10.1080/00439339.2025.2468696>.
- Robinson, T. P., Wint, G. W., Conchedda, G., Van Boeckel, T. P., Ercoli, V., Palamara, E., ... Gilbert, M. (2014). Mapping the global distribution of livestock. *PloS one*, 9(5), e96084.
- Rodríguez, B., Savón, L., Vázquez, Y., Ruiz, T.E., Herrera, M. 2018. Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 30, Article # 56 from <http://www.lrrd.org/lrr30/3/brod30056.html>.
- Schmelzer, G.H., (2007). *Croton mubango* Müll.Arg. In: Schmelzer, G.H. & Gurib-Fakim, A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l’Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. Accessed 25 October 2025.
- Vinus, R. D., Sheoran, N., Maan, N., & Tewatia, B. (2018). Potential benefits of herbal supplements in poultry feed: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 7(6), 651-656.
- Silva, N. D., Lima, R. R., Silva, F. F., & Muniz, J. A. (2010). Modelo hierárquico bayesiano aplicado na avaliação genética de curvas de crescimento de bovinos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 409-418.