

**ATIVIDADES DA TRIPSINA E QUIMOTRIPSINA PANCREÁTICAS E
FOSFATASE ALCALINA HEPÁTICA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS
COM RESÍDUO DE ÓLEO DE SOJA, ÓLEO DE SOJA OU GORDURA SUÍNA**

*Pancreatic trypsin and chymotrypsin activities and hepatic alkaline phosphatase of broilers fed
soybean oil residue, soybean oil, or pork fat*

Estêvão Henrique Cangussu de Souza
<http://lattes.cnpq.br/1794782169527831>

Gabriella Cavazzini Pavarina
<http://lattes.cnpq.br/8262436320266804>

Caio César dos Ouros
<http://lattes.cnpq.br/0924704955621679>

Antonio Carlos de Laurentiz
<http://lattes.cnpq.br/1089498254814711>

Ligia Maria Neira
<http://lattes.cnpq.br/4172348756813111>

Luiz Flávio José dos Santos
<http://lattes.cnpq.br/5888302973425312>

Joao Martins Pizauro Junior
<http://lattes.cnpq.br/3958124498479090>

RESUMO

Este estudo avaliou o efeito da adição de goma de soja (0%; 1,25%; 2,5%) e de diferentes fontes lipídicas (óleo de soja ou gordura suína em 0%; 1,3%; 2,6%; 3,9%) sobre as atividades enzimáticas digestivas e hepáticas em frangos de corte. Foram utilizados 600 pintainhos Cobb 500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. As atividades da tripsina,

quimotripsina e fosfatase alcalina hepática foram analisadas aos 7, 14 e 21 dias de idade. Os resultados demonstraram variação significativa nas enzimas pancreáticas em função da idade e do tipo de lipídeo, sem padrão claro relacionado aos níveis de goma ou lipídeos. A fosfatase alcalina hepática manteve-se estável em todos os tratamentos, indicando ausência de comprometimento hepático. A gordura suína promoveu atividades enzimáticas superiores às do óleo de soja, possivelmente devido ao seu perfil de ácidos graxos. Conclui-se que a gordura suína é uma alternativa metabolicamente viável ao óleo de soja, sem efeitos negativos sobre as enzimas avaliadas, oferecendo uma opção de menor custo para dietas de frangos de corte.

Palavras chave: dietas alimentares; lipídeos; emulsificantes; enzimas digestivas.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of adding soybean gum (0%; 1.25%; 2.5%) and different lipid sources (soybean oil or pork fat at 0%; 1.3%; 2.6%; 3.9%) on digestive and hepatic enzyme activities in broilers. Six hundred Cobb 500 chicks were distributed in a completely randomized design. Trypsin, chymotrypsin, and hepatic alkaline phosphatase activities were analyzed at 7, 14, and 21 days of age. The results demonstrated significant variation in pancreatic enzymes according to age and lipid type, with no clear pattern related to gum or lipid levels. Hepatic alkaline phosphatase remained stable across all treatments, indicating no hepatic impairment. Pork fat promoted higher enzyme activities than soybean oil, possibly due to its fatty acid profile. It is concluded that pork fat is a metabolically viable alternative to soybean oil, with no negative effects on the enzymes evaluated, offering a lower-cost option for broiler diets.

Keywords: food diets; lipids; emulsifiers; digestive enzymes.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil consolida-se como um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango do mundo, com uma produção de 14,972 milhões de toneladas em 2024, atrás apenas dos Estados Unidos (ABPA, 2025). Além disso, o setor avícola nacional é responsável por significativa parcela das exportações do agronegócio, com mais de 5 milhões de toneladas, 36% da sua produção, destinadas ao mercado externo em 2024, gerando receita de US\$ 9.928 milhões e empregando direta ou indiretamente cerca de 3,5 milhões de pessoas (ABPA, 2017; ABPA 2025). Diante desse cenário, a busca por eficiência produtiva e redução de custos torna-se imperativa, especialmente considerando que a alimentação representa até 70% do custo total de produção de frangos de corte (BUTERI, 2003; SANTOS et al., 2023).

Nesse contexto, a inclusão de fontes lipídicas alternativas e de menor custo nas dietas avícolas tem ganhado destaque. Lipídeos de origem vegetal, como o óleo de soja, e animal, como a gordura suína, são amplamente utilizados por sua alta digestibilidade e valor energético (BRANDÃO, 2008; ROSTAGNO et al., 2011). No entanto, a eficiência de utilização dessas fontes varia conforme a composição em ácidos graxos, a idade das aves e a presença de emulsificantes na dieta (MACARI; MAIORKA, 2017). A gordura animal, por exemplo, contém maior proporção de ácidos graxos saturados de cadeia longa, o que pode limitar sua digestibilidade em comparação ao óleo de soja, rico em ácidos graxos insaturados (DVORIN; ZOFER; MOKADY, 1998).

Os emulsificantes, como a goma de soja – subproduto do refino do óleo bruto –, atuam facilitando a emulsificação lipídica e melhorando a digestão e absorção de gorduras, especialmente em aves jovens, que possuem capacidade limitada de produção de bile e lipase pancreática (JEASON; KELLOG, 1992). A goma de soja é produzida em larga escala no Brasil, com cerca de 750 mil toneladas geradas na safra 2016/2017 (EMBRAPA, 2017), e seu uso na alimentação animal representa uma alternativa sustentável para evitar descarte ambiental.

A digestão lipídica envolve processos sequenciais de emulsificação, hidrólise enzimática, formação de micelas e absorção (SANTOS et al., 2016; MACARI; MAIORKA, 2017). Enzimas digestivas como a tripsina e a quimotripsina pancreáticas desempenham papel crucial não apenas na digestão proteica, mas também indiretamente na lipólise, ao ativar enzimas como a fosfolipase A2, essencial para a formação de micelas (MORAN JR., 1994). Por outro lado, a fosfatase alcalina hepática é um marcador enzimático associado à saúde hepática e ao metabolismo ósseo, podendo refletir alterações metabólicas decorrentes da dieta (BURTIS; ASHWOOD, 2002; PAVARINA *et al.*, 2025).

Estudos indicam que a atividade enzimática digestiva em aves aumenta com a idade, atingindo maturidade por volta dos 10 a 14 dias de vida (NIR, 1998; VIEIRA; MORAN, 1999). No entanto, pouco se sabe sobre como a suplementação com emulsificantes e diferentes fontes lipídicas influencia a atividade de enzimas pancreáticas e hepáticas em frangos de corte nas primeiras semanas de vida.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da inclusão de diferentes níveis de goma de soja associada a diferentes níveis e fontes lipídicas nas dietas de frangos de corte, sobre as atividades enzimáticas da tripsina e quimotripsina pancreáticas e da fosfatase alcalina hepática.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido utilizando amostras biológicas e dados provenientes de experimento aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP (protocolo nº 08/2014), em conformidade com os Princípios Éticos na Experimentação Animal do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

2.1 Animais e desenho experimental

Foram utilizados 600 pintainhos de corte machos da linhagem Cobb 500, alojados em gaiolas de arame galvanizado sob condições controladas de temperatura (aquecimento inicial com lâmpadas incandescentes de 100 W) e com acesso *ad libitum* à água e ração. O período experimental foi de 21 dias, e as amostras foram coletadas aos 7, 14 e 21 dias de idade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4×3 , compreendendo 12 tratamentos resultantes (Tabela 1) da combinação de quatro níveis de inclusão de lipídeos (0%; 1,3%; 2,6%; e 3,9%) e três níveis de goma de soja (0%; 1,25%; e 2,5%). Dois experimentos independentes foram realizados: um com óleo de soja como fonte lipídica e outro com gordura suína. As dietas foram formuladas para serem isocalóricas e isoproteicas, utilizando como base milho, farelo de soja e protenose de milho (para dietas com óleo de soja) ou farinha de carne e ossos (para dietas com gordura suína), conforme trabalho de Ouros (2016).

Tabela 1 - Composição dos tratamentos experimentais

Níveis de óleo de soja ou gordura suína				
Níveis de goma	0%	1,3%	2,6%	3,9%
0%	T1 (0/0)	T2 (0/1,3)	T3 (0/2,6)	T4 (0/3,9)
1,25%	T5 (1,25/0)	T6 (1,25/1,3)	T7 (1,25/2,6)	T8 (1,25/3,9)
2,5 %	T9 (2,5/0)	T10 (2,5/1,3)	T11 (2,5/2,6)	T12 (2,5/3,9)

Fonte: Ouros (2016), adaptado pelo autor.

2.2 Obtenção e processamento das amostras

Após o abate, pâncreas e fígados de cinco aves por tratamento foram coletados e homogeneizados para formar *pools* representativos, sendo cada agrupamento considerado uma amostra. Os tecidos foram homogeneizados em homogeneizador Turrax (OMNI, modelo GLH-2511) em tampão Tris-HCl 0,005 M, pH 7,5, contendo CaCl_2 0,005 M (pâncreas) ou MgCl_2

0,002 M e ZnCl_2 0,001 M (fígado), na proporção de 1 g de tecido para 10 mL de tampão. Os homogeneizados foram centrifugados a 10.000xg por 10 min a 4°C, e os sobrenadantes foram armazenados a -70°C para análises posteriores.

2.3 Determinação das atividades enzimáticas

- Atividade da tripsina: Foi determinada conforme método de Kakade et al. (1974), com adaptações do LEIA. O tripsinogênio foi ativado com enteroquinase (0,08 U) em tampão Tris-HCl 0,005 M, pH 8,2, com CaCl_2 0,005 M, a 37°C por 30 min. A reação foi iniciada com BAPNA (1 mL) como substrato, interrompida após 10 min com ácido acético 30% (v/v) e lida a 410 nm. A atividade foi expressa em U.mg⁻¹ de proteína.
- Atividade da quimotripsina: Seguiu o método de Erlanger et al. (1966). A ativação do quimotripsinogênio foi realizada com enteroquinase (0,08 U) em tampão Tris-HCl 0,002 M, pH 7,6, com CaCl_2 0,005 M. O substrato GAPNA (0,3 mL) foi adicionado, e a reação foi interrompida após 25 min com ácido acético 30%. A leitura foi realizada a 410 nm, e a atividade expressa em U.mg⁻¹ de proteína.
- Atividade da fosfatase alcalina hepática: Foi determinada pela hidrólise de *p*-nitrofenil fosfato (1 mM) em tampão AMPOL 100 mM, pH 10,5, a 37°C. A reação foi interrompida após 10 min com NaOH 1 M, e a absorbância foi medida a 410 nm. A atividade foi expressa em nmol de *p*-nitrofenolato liberado por minuto por mg de proteína.
- A concentração de proteína nos extratos foi determinada pelo método de Hartree (1972), utilizando albumina bovina sérica (BSA) como padrão.

2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). A normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Cramér-von Mises. Quando necessário, os dados foram transformados por $\sqrt{y}$ para atendimento dos pressupostos estatísticos. Na presença de interação significativa entre os fatores, realizou-se o desdobramento das interações, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As dietas com inclusão de diferentes níveis de goma de soja (0%; 1,25%; 2,5%) e lipídeos (0%; 1,3%; 2,6%; 3,9% de óleo de soja ou gordura suína) foram bem aceitas pelos animais e os resultados das atividades enzimáticas digestivas e hepáticas em frangos de corte aos 7, 14 e 21 dias de idade apresentaram diferenças.

3.1 Atividade da tripsina e quimotripsina

Os resultados indicaram que a atividade da tripsina e quimotripsina variou estatisticamente em função da idade, do tipo de lipídeo (Figura 1) e nível de emulsificante. Para a dieta com gordura suína, observou-se interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores em todas as idades. A atividade da tripsina apresentou valores mais elevados aos 14 e 21 dias, com pico no tratamento T9 (2,5% goma; 0% gordura) aos 14 dias (341,20 U.mg⁻¹). Por outro lado, a menor atividade foi registrada no tratamento T5 (1,25% goma; 0% gordura) aos 7 dias (165,67 U.mg⁻¹). Esses resultados sugerem que a maturação do sistema digestivo, conforme descrito por Vieira e Moran (1999) e Nir (1998), influencia diretamente a atividade proteolítica, com aumento progressivo até a segunda semana e declínio posterior.

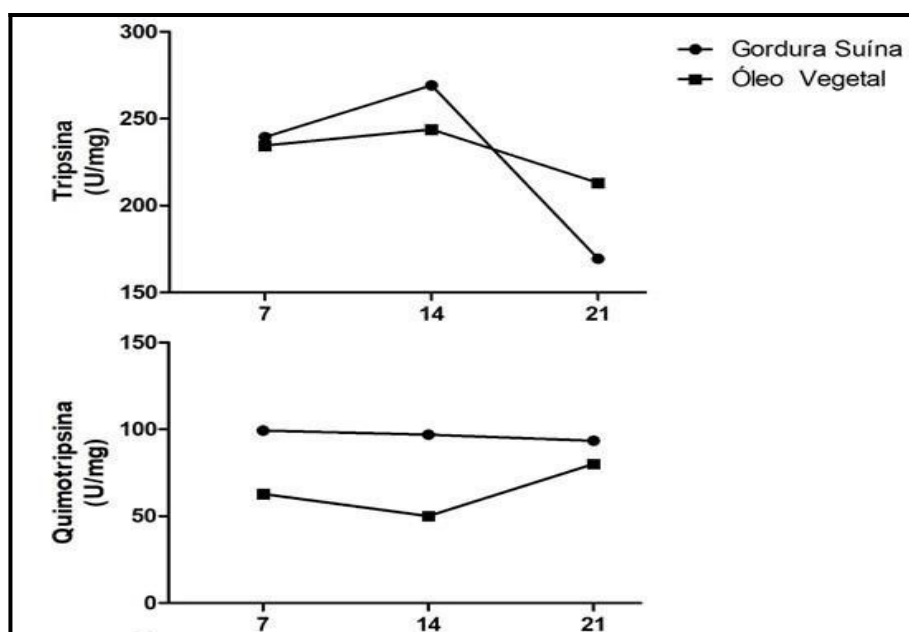


Figura 1 Atividade específica U.mg⁻¹ de tripsina e quimotripsina de frangos de corte aos 7, 14 e 21 dias de idade, alimentados com as dietas controle (0% de goma de soja e 0% de gordura suína ou óleo de soja).

Fonte: Próprio autor

Para a dieta com óleo de soja, a tripsina não apresentou aumento linear com a idade, contradizendo parte da literatura (LIMA et al., 2002; 2003), mas alinhando-se aos controles deste estudo. A quimotripsina, por sua vez, mostrou tendência de aumento com a idade em ambas as dietas, corroborando estudos anteriores (LIMA et al., 2002; NIR, 1998). Os valores mais altos foram observados aos 21 dias, com 156,13 U.mg⁻¹ para gordura suína (T8) e 107,71 U.mg⁻¹ para óleo de soja (T4).

3.2 Atividade da fosfatase alcalina hepática

A fosfatase alcalina hepática apresentou variações numéricas, mas não estatisticamente significativas, em resposta às inclusões de goma ou lipídeos (Figura 2), indicando estabilidade metabólica hepática sob os tratamentos testados. Os valores médios mantiveram-se constantes nas idades em cada tratamento. Esses resultados sugerem que nem a gordura suína nem o óleo de soja, mesmo em níveis elevados (3,9%), provocaram estresse hepático ou alterações patológicas detectáveis pela enzima, concordando com a ideia de que a fosfatase alcalina é um marcador estável na ausência de lesões hepáticas significativas (BURTIS; ASHWOOD, 2002; SANTANA et al., 2025).

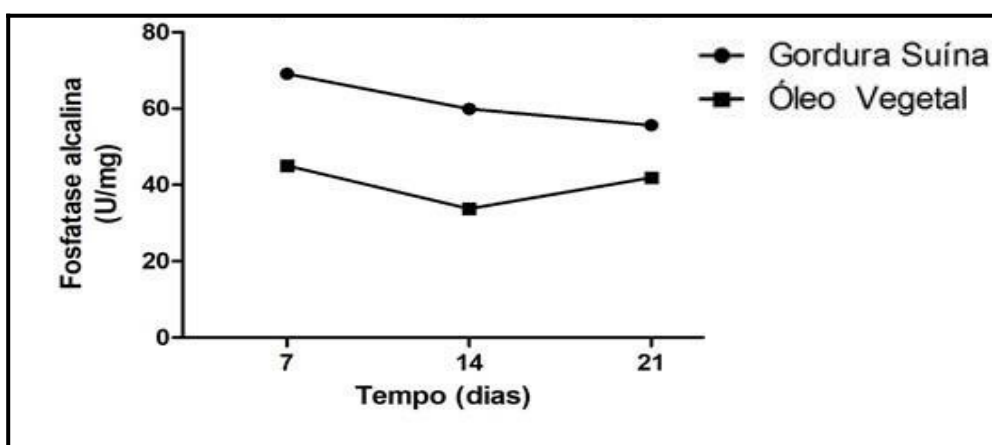


Figura 3. Atividade específica U.mg-1 de fosfatase alcalina de frangos de corte aos 7, 14 e 21 dias de idade, alimentados com as dietas controle (0% de goma de soja e 0% de gordura suína ou óleo de soja).

Fonte: Próprio autor

Notavelmente, a atividade da fosfatase alcalina foi maior nas aves alimentadas com gordura suína em comparação com as recebendo óleo de soja. Essa diferença pode estar relacionada à composição dos ácidos graxos: a gordura suína, rica em ácidos graxos saturados de cadeia longa, exige maior esforço metabólico para digestão e absorção, possivelmente refletindo em maior atividade enzimática hepática (NELSON; COX, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições experimentais testadas até 21 dias de idade, com inclusão de até 2,5% de goma de soja e 3,9% de lipídeos conclui-se que, as atividades da tripsina e quimotripsina não apresentaram um padrão claro de resposta o que reforça a complexidade da regulação enzimática digestiva em aves jovens, já a fosfatase alcalina hepática manteve-se estável em todos os tratamentos indicando que não houve comprometimento da saúde hepática dos frangos.

Assim a gordura suína mostrou-se uma alternativa viável ao óleo de soja, do ponto de vista metabólico e enzimático, podendo ser utilizada como fonte lipídica de menor custo sem prejuízos detectáveis às enzimas estudadas.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, J. M. A. **Química de alimentos, teoria e prática**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. p. 596.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. Relatório anual ABPA 2025. São Paulo: ABPA, 2025. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2025/04/ABPA.-Relatorio-Anual-2025.pdf>. Acesso em: 11 set. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Resumo do setor de aves**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/resumo>> Acesso em: 06 de setembro de 2017.

BURTIS, C. A.; ASHWOOD E. R. **Tietz Fundamentos de química clínica**, 4^a. ed., Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2002.

BRANDÃO, T. M. **Diferentes tipos de óleos de soja e níveis de energia em dietas de frango: desempenho e característica de carcaça**. 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2008.

BUTERI, C. B. **Efeitos de diferentes planos nutricionais sobre a composição e o desempenho produtivo e econômico de frangos de corte**. 2003. 151 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

DVORIN, A.; ZOFEF, Z.; MOKADY, S. Nutritional aspects of hydrogenated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 77, p. 820-825, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Soja em números (safra 2016/2017)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 05 de setembro de 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. Acesso em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126080/1/Doc171-OL.pdf>> Acesso em: 11 de dezembro de 2017.

ERLANGER, B. F.; VRATSANOS, S. M.; WASSERMAN, N.; COOPER, A. G. **Biochem. Biophys. Res. Commun**. 1966. p. 23-243.

HARTREE, E. F. Determination of protein. A modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. **Analytical Biochemistry**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 422-427, 1972.

JEASON, S. E.; KELLOG, T. F. Ontogeny of taurocholate accumulation in terminal ileal mucosal cells of young chicks. **Poultry Science**, Oxford, v. 71, n. 2, p. 367-372, 1992.

KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chem.** 1974 p. 376-382.

LIMA, A. C. F.; MACARI, M.; PIZAURUO JÚNIOR J. M.; MALHEIROS, E. B. Atividade Enzimática Pancreática de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Enzima ou Probiótico. [Editorial]. **Revista Brasileira de Ciências Avícola**, v. 4, n. 3, p. 187-193, Set-Dez 2002.

LIMA, A. C. F.; PIZAURUO JÚNIOR, J. M.; MACARI, M.; MALHEIROS, E. B. Efeito do Uso de Probiótico sobre o Desempenho e Atividade de Enzimas Digestivas de Frangos de Corte. [Editorial]. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 200-207, 2003.

MACARI, M. MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. Jaboticabal: FUNEP, 2017, 806p.

MORAN JR., E. Digestão e absorção de gorduras. In: FACTA (Ed.) **Fisiologia da digestão e absorção das aves**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994. p.71-78.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1336 p.

NIR, I. Mecanismos de digestão e absorção de nutrientes durante a primeira semana. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1998. p.81-89.

OUROS, C.C. **Potencial de emulsificação do resíduo do óleo de soja (goma de soja) sobre a digestibilidade de dietas com inclusão de diferentes fontes lipídicas**. 2016. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2016.

PAVARINA, GABRIELLA CAVAZZINI; FERNANDEZ ALARCON, MIGUEL FREDERICO; SANTANA, CAROLINE CARLA; SANTOS, LUIZ FLÁVIO JOSÉ DOS; FURLAN, RENATO LUIS; PIZAURUO JUNIOR, JOAO MARTINS. Avaliação da fosfatase alcalina intestinal de frangos de corte alimentados com probióticos e/ou óleos essenciais. In: **FRONTEIRAS** da tecnologia: explorando o futuro da ciência e da inovação. Ponta Grossa: Atena Edição de Livros, [s.d.]. cap.2. 2025. DOI: 10.22533/at.ed.782122512082.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 252 p, 2011.

SANTANA, CAROLINE CARLA; PAVARINA, GABRIELLA CAVAZZINI; COLOSIO, RAFAEL RODRIGUES; NEIRA, LIGIA MARIA; GONÇALVES, ADRIANO MARQUES; SANTOS, LUIZ FLÁVIO JOSÉ DOS; PIZAURUO JUNIOR, JOAO MARTINS. *Estudo de padronização das atividades de fosfatases e LPS-desfosforilase presentes em fígado de girinos de rã-touro (Lithobates*

catesbeianus). **Anais...** 2025. DOI: 10.46898/autopub.87c60bf2-e993-4e41-b475-814c3f6975a3. Publicado em 6 de setembro de 2025, às 20:16:51.

SANTOS, LUIZ FLÁVIO JOSÉ DOS; OLIVEIRA-BAHIA, VERÔNICA REGINA LOBATO DE; NAKAGHI, LAURA SATIKO OKADA; STEFANI, MARTA VERARDINO DE STEFANI; GONÇALVES, ADRIANO MARQUES; PIZAURO JUNIOR, JOÃO MARTINS. Ontogeny of the Digestive Enzymes of Tadpoles of *Lithobates catesbeianus*. **Copeia**, v. 104, n. 4, p. 838–842, 2016.

SANTOS, L. F. J. et al. Effects of Supplementation of Zinc, Manganese, or Copper on Growth Performance, Bone Mineralization and Antioxidant Status of Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 25, 2023. DOI: 10.1590/1806-9061-2022-1722.

SILVA, F. DE A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. DE. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

VIEIRA, SL.; MORAN, E.T. Effect of egg of origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. **World's Poultry Science Journal**, Wallingford, v.55, p.126-142, 1999.