

Alécio Matos Pereira  
Gilcyvan Costa de Sousa  
Gregório Elias Nunes Viana  
(Organizadores)

# ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência  
e tecnologia

Atena  
Editora  
Ano 2023

Alécio Matos Pereira  
Gilcyvan Costa de Sousa  
Gregório Elias Nunes Viana  
(Organizadores)

# ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência  
e tecnologia

  
Atena  
Editora  
Ano 2023

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## Zootecnia: desafios e tendências da ciência e tecnologia

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Soellen de Britto  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Alécio Matos Pereira  
Gilcyvan Costa de Sousa  
Gregório Elias Nunes Viana

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
Z87	<p>Zootecnia: desafios e tendências da ciência e tecnologia / Organizadores Alécio Matos Pereira, Gilcyvan Costa de Sousa, Gregório Elias Nunes Viana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1049-2 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.492231502">https://doi.org/10.22533/at.ed.492231502</a></p> <p>1. Zootecnia. 2. Animais. I. Pereira, Alécio Matos (Organizador). II. Sousa, Gilcyvan Costa de (Organizador). III. Viana, Gregório Elias Nunes (Organizador). IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 636</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

(Desafios e Tendências da Ciência e Tecnologia)

Sem sombra de dúvidas, com o surgimento das tecnologias ao longo dos anos, o desenvolvimento da ciência está cada vez mais crescente, seja na parte metodológica quanto na parte experimental. Entretanto, em diferentes ramos da ciência ainda há desafios que precisam ser suplantados, especialmente na veterinária, zootecnia e nas ciências biológicas, áreas que além de possuírem estreita relação, batalham por um mesmo objetivo, cuidar dos animais.

A tecnologia que hoje é o principal caminho para o desenvolvimento de soluções que viabilizaram a sustentabilidade da produção animal, e os trabalhos cinéticos são a grande gênese das novas descobertas tecnológicas. Nesse contexto, a obra que estais prestes a ler não é diferente, sua função principal é atualizar e complementar o conhecimento dos profissionais que trabalham com animais, a fim de ajudá-los a alcançarem um aprendizado fundamental para desempenharem com maestria a carreira profissional.

Constituído por 5 capítulos especiais, o presente e-book abrange e explora temas atuais que permeiam o universo da zootecnia, veterinária e áreas afins, simplesmente tratando e respondendo, de modo aprofundado, questões relevantes que geralmente são superficialmente abordadas.

Alécio Matos Pereira  
Gilcyvan Costa de Sousa  
Gregório Elias Nunes Viana

**CAPÍTULO 1 ..... 1****NUTRIÇÃO NEONATAL PARA PINTINHOS RECÉM-NASCIDOS**

Marcos Augusto Alves da Silva

Débora Senise Gomes

Emília de Paiva Porto

Samara Paula Verza

Esther Albano Piantavini Pinheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315021>**CAPÍTULO 2 ..... 7****PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FITASE PRODUZIDA POR *Aspergillus***

Júlio César dos Santos Nascimento

Apolônio Gomes Ribeiro

Daniela de Araújo Viana Marques

José António Couto Teixeira

Tatiana Souza Porto

Ana Lúcia Figueiredo Porto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315022>**CAPÍTULO 3 .....20****MECANISMOS HOMEOSTÁTICOS E HOMEORRÉTICOS DECORRENTES DA ACLIMATIZAÇÃO SAZONAL EM BOVINOS LEITEIROS DE DIFERENTE CAPACIDADE PRODUTIVA**

Flávio Daniel Gomes da Silva

Liliana Margarida Sargento Cachucho

Catarina Fernandes Marques de Matos

Ana Carina Alves Pereira de Mira Geraldo

Cristina Maria dos Santos Conceição

Elsa Cristina Carona de Sousa Lamy

Fernando Manuel Salvado Capela e Silva

Paulo Infante

Alfredo Manuel Franco Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315023>**CAPÍTULO 4 .....35****ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS CAUSADAS POR LESHMANIOSE EM SEUS RESPECTIVOS HOSPEDEIROS: REVISÃO DE LITERATURA**

Gilcyvan Costa de Sousa

Alécio Matos Pereira

Brainerd Gomes dos Santos

Gregório Elias Nunes Viana

Maria Madalena Silva e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315024>

**CAPÍTULO 5 .....42**

**REVISÃO DE LITERATURA: TERMORREGULAÇÃO DE OVINOS DA RAÇA SANTA INÊS**

Aline de Sousa Silva

Alécio Matos Pereira

Moisés A. de Brito

Jaqueline da S. Rocha

Gilcyvan Costa de Sousa

Gregório Elias Nunes Viana

Maria Madalena Silva e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4922315025>

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....56**

**ÍNDICE REMISSIVO .....57**

## CAPÍTULO 2

# PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FITASE PRODUZIDA POR *Aspergillus*

*Data de submissão: 05/01/2023*

*Data de aceite: 01/02/2023*

### **Júlio César dos Santos Nascimento**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0003-3107-5876>

### **Apolônio Gomes Ribeiro**

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Zootecnia Areia-PB  
<https://orcid.org/0000-0001-6730-0209>

### **Daniela de Araújo Viana Marques**

Universidade de Pernambuco, Instituto de Ciências Biológicas-ICB/UPE, Laboratório Integrado de Biotecnologia Aplicada-LIBAS/ICB/UPE Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0002-2380-7910>

### **José António Couto Teixeira**

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Biológica, Braga-Portugal  
<https://orcid.org/0000-0002-4918-3704>

### **Tatiana Souza Porto**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0002-1571-8897>

### **Ana Lúcia Figueiredo Porto**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal Recife-PE  
<https://orcid.org/0000-0001-5561-5158>

**RESUMO:** A redução dos custos de produção tem sido uma das questões debatidas no âmbito da produção animal atualmente. Outro aspecto também debatido seria a utilização de alimentos alternativos e substitutos ao milho e soja, pois estes tem sofrido influências de mercado e seus preços variam a cada ano. Todavia, a maioria dos alimentos utilizados nessas substituições contém alguns fatores antinutricionais como fitato, inibidores de proteases entre outros que reduzem a biodisponibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos e dificultam a digestibilidade destes por parte dos animais monogástricos. Em vista disso, é que se tem buscado alternativas com auxílio das tecnologias, na produção e caracterização de enzimas exógenas para a alimentação animal, para a manutenção da qualidade dos alimentos, melhora sobre a digestibilidade dos nutrientes, eliminação

parcial ou total dos fatores antinutricionais dos alimentos utilizados na alimentação de aves e suínos. Assim, objetivou-se com essa revisão de literatura elaborar um documento com base nos avanços sobre a produção e caracterização bioquímica de enzimas fitase produzida por *Aspergillus*.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Aspergillus niger*; Caracterização Bioquímica; Fermentação Submersa; Propriedades Catalíticas.

## PRODUCTION AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF PHYTASE PRODUCED BY *Aspergillus*

**ABSTRACT:** The reduction of production costs has been one of the issues debated in the field of animal production today. Another aspect also discussed would be the use of alternative foods and substitutes for corn and soy, as these have been influenced by the market and their prices vary from year to year. However, most foods used in these substitutions contain some antinutritional factors such as phytate, protease inhibitors, among others, which reduce the bioavailability of nutrients contained in foods and make their digestibility difficult for monogastric animals. In view of this, it is that alternatives have been sought with the aid of technologies, in the production and characterization of exogenous enzymes for animal feed, for the maintenance of food quality, improvement on the digestibility of nutrients, partial or total elimination of antinutritional factors from feeds used in poultry and swine feed. Thus, the objective of this literature review was to elaborate a document based on advances in the production and biochemical characterization of phytase enzymes produced by *Aspergillus*.

**KEYWORDS:** *Aspergillus niger*; Biochemical Characterization; Submerged Fermentation; Catalytic Properties.

## 1 | INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços tecnológicos implementados nas cadeias produtivas de aves e suínos nas últimas décadas, a alimentação ainda se destaca como um dos principais desafios, representando cerca de 60 a 75% dos custos de produção (Ligeiro, 2007). Portanto, pequenas melhorias na eficiência de utilização dos nutrientes das dietas, podem resultar em grande economia e lucratividade para o setor (Costa et al., 2009).

Neste aspecto, a utilização de enzimas exógenas com a finalidade em auxiliar no processo do aproveitamento dos nutrientes pelos animais monogástricos, tem sido bastante estudada, isso devido à ausência ou a baixa produção de algumas enzimas endógenas capazes de atuarem na digestão de alguns componentes presentes nos alimentos de origem vegetal (Paula et al., 2009).

Dentre as enzimas exógenas, a mais estudada e que tem demonstrado maior eficácia é a fitase (*myo*-inositol hexakisphosphate phosphohydrolases), produzida principalmente por fungos filamentosos do gênero *Aspergillus*, com capacidade de hidrolisar o ácido fítico (*myo*-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6 hexakisphosphate) ou fitato (Jatuwong et al., 2020), molécula de baixa disponibilidade biológica para aves e suínos (Ligeiro, 2007), disponibilizando fósforo, alguns cátions bivalentes, aminoácidos e energia (Dersjant-Li et al., 2014; Nascimento,

2015).

Geralmente, 75% do fósforo contido nos grãos de cereais e oleaginosas estão na forma de fitato, portanto o uso da fitase melhora o aproveitamento do fósforo (P) orgânico, reduzindo assim a necessidade de suplementação de P inorgânico na dieta dos animais (Naves et al., 2014). A redução da suplementação de fósforo inorgânico proporciona redução significativa dos custos de alimentação, pois este representa o ingrediente com o terceiro maior custo nas dietas para aves, além disso, pode ocorrer diminuição de 20 a 30% na excreção do fósforo (Nascimento, 2015).

Os efeitos ambientais provocados pelo excesso de fósforo nas excretas dos animais, vem se tornando um problema nas regiões de intensa produção animal (Yi e Kornegay, 1996; Correll, 1998; Smith et al., 1999; Humer et al., 2014), pois as excretas com alto teor de fósforo quando lançadas ao meio ambiente podem provocar a poluição do solo e dos mananciais (Sena, 2019). Neste contexto, este trabalho se propôs a fazer uma revisão de literatura sobre a produção e caracterização bioquímica da fitase produzida por fungos do gênero *Aspergillus* bastante utilizado em rações comerciais para aves e suínos.

## 2 | UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM NUTRIÇÃO ANIMAL

Os primeiros estudos envolvendo a utilização de enzimas nas dietas de animais não-ruminantes, foram obtidas a partir da descoberta de que grãos umedecidos associados à suplementação enzimática tinham maior aproveitamento nutricional pelos animais (Fry et al., 1958; Lima, 2008; Parizio, 2014). A partir de então, houve um maior interesse na utilização das enzimas nas rações de aves e suínos, devido aos gastos com matérias primas tradicionais e à busca por outros ingredientes alternativos como a cevada, aveia, arroz e trigo (Campestrini et al., 2005).

Nas últimas décadas, a utilização de enzimas nas dietas de aves e suínos vem ganhando destaque, isso em base a sua eficácia na disponibilidade de nutrientes das rações, redução nos custos dos principais insumos e matérias-primas das dietas, além de reduzir as contaminações ambientais devido a redução de nutrientes antes excretados em excesso, tais como o fósforo, nitrogênio, cobre e zinco (Sorio et al., 2011).

Além disso, a inclusão de enzimas possibilita manter maior uniformidade do lote, o que também pode resultar no aumento dos índices zootécnicos por possibilitar que o volume de ração e nutrientes fornecidos aos animais esteja mais perto da exigência nutricional requerida. Em formulação de rações para aves e suínos, aproximadamente 75% do fósforo proveniente dos alimentos de origem vegetal encontra-se combinado com o inositol formando a molécula do ácido fítico que tem um grande potencial quelante, o que diminui a solubilidade e a digestibilidade dos nutrientes. Como o fósforo é um mineral essencial por desempenhar importantes funções em vários processos metabólicos no organismo, ao formular dietas para aves e suínos torna-se necessário suplementar com

uma fonte de fósforo inorgânico que, depois da energia e da proteína, é o nutriente que mais onera o custo da ração comercial (Silva et al., 2012).

As enzimas exógenas têm a capacidade de auxiliar na degradação de componentes específicos presentes nos alimentos e são obtidas de forma natural, a partir da fermentação (Liu et al., 2010). São produzidas em todos os organismos vivos, desde animais e plantas mais desenvolvidos às formas mais simples de vida, pois as enzimas são requeridas para o metabolismo celular. Os micro-organismos que geralmente estão envolvidos na produção de enzimas são: bactérias (*Bacillus subtilis*, *B. lentus*, *B. amyloliquifaciens* e *B. stearothermophils*), fungos filamentosos (*Trichoderma longibrachiatum*, *Asperigillus oryzae* e *A. niger*) e levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) (Liu et al., 2010).

A maior parte das das enzimas correntemente utilizadas na indústria de alimentos e bebidas são derivadas a partir de *Aspergillus*, no entanto, as hemicelulases e celulases são derivadas de fungos do gênero *Trichoderma*. Recentemente, os genes que codificam enzimas diferentes, incluindo fitases,  $\beta$ -glucanases e xilanases estão sendo clonados e expressos em diferentes sistemas de micro-organismos e plantas (Liu et al., 2010).

Dentre os principais aditivos enzimáticos utilizados na alimentação de animais, aves e suínos, pode-se destacar as lipases, xilanases, glucanases, proteases e fitases. Em seu mecanismo, estas enzimas exógenas atuam de modo semelhante às enzimas endógenas, primeiramente ligando-se a um substrato e formando um complexo enzima- substrato (Henn, 2009).

### 3 | ÁCIDO FÍTICO

O ácido fítico (mioinositol 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis dihidrogênio fospódio) também conhecido como Inositol-6-fosfato, fitato em sua forma de sal (Kumar e Anand., 2021), fitina ou fósforo fítico, possuem diversas funções importantes na fisiologia vegetal durante o ciclo de vida das plantas, incluindo a estocagem de fósforo e alguns cátions, que fornecem matéria-prima para a formação da parede celular após a germinação. Além do mais, o fitato protege a semente contra o estresse oxidativo durante o armazenamento. O maior efeito negativo dos fitatos é o efeito quelante ou ligações fortes com outras moléculas tais como aminoácidos, amido e minerais, tais como Fósforo, cálcio, ferro, zinco e magnésio. Esse efeito provoca a assimilação de nutrientes necessários na alimentação e, por consequência, uma importante diminuição no rendimento das rações empregadas (Yin et al., 2007; Benevides et al., 2011).

Conforme Nagashiro (2007), a natureza antinutricional do fitato pode ser atribuída a diversos fatores, tais como: alta reatividade da molécula proporcionando ação quelante forte, indisponibilizando metais como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$  no trato gastrointestinal dos animais; formação de complexos com aminoácidos que resistem à hidrólise enzimática, pois os grupos fosfato do ácido fítico podem se ligar eletrostaticamente aos grupamentos amina

terminais ou aos resíduos dos aminoácidos lisina e arginina; interação com as enzimas amilase, tripsina, fosfatase ácida, dentre outras, havendo redução da atividade e inibição; formação de um complexo fitato- mineral-proteína que pode ser formado com cátions multivalentes, tornando as proteínas ligadas menos susceptíveis à hidrólise proteolítica (Nascimento, 2015).

Outro fator negativo dos fitatos, é que estes não são aproveitados durante a alimentação das aves e suínos, levando a sua excreção direta no meio ambiente (Nascimento, 2015). Os fitatos são hidrolisados por micro-organismos que fazem parte da microbiota do solo e o fósforo liberado flui para os lençóis freáticos provocando a eutrofização das águas em locais de produção intensiva de animais. A União Europeia tem aprovado importantes leis ambientais que obrigam os produtores de aves e suínos para alimentação humana suplementar as rações com fitases microbianas exógenas (Leal et al., 2010).

## 4 | FITASE

A fitase foi descoberta por Suzuki e colaboradores (1907) e começou a ser mais pesquisada a partir de em 1960. A primeira fitase comercial foi produzida por *Aspergillus niger* com capacidade de liberar fósforo ligado ao fitato e reduzir sua excreção. Esta enzima foi comercializada a partir de 1991, conhecida como Natuphos®, produzida e introduzida ao mercado pela BASF® (Engelen et al., 1994; Selle e Ravindran, 2006; Nascimento, 2015).

Fitases formam um grupo de enzimas, denominadas genericamente de mio-inositol-hexafosfato fosfohidrolase, classificadas como uma monoester fosfatase específica que pode ser diferenciada quanto à posição de hidrólise na molécula de ácido fítico (Selle e Ravindran, 2006).

Conforme a União Internacional de Química Pura e Aplicada e União Internacional de Bioquímica (IUPAC-IUB), duas categorias de fitases são reconhecidas de acordo com a posição onde a hidrólise do fitato é iniciada: 3-fitase (EC 3.1.3.8) que inicia removendo um grupo ortofosfato do carbono 3, no entanto a 6-fitase (EC 3.1.3.26) realiza a reação no carbono 6 da molécula de mio-inositol hexafosfato, sendo que a 3-fitase é principalmente de origem microbiana (bacteriana ou fúngica) e 6-fitase é derivada de vegetais, associadas à quebra da dormência em sementes vegetais, liberando grupos ortofosfatos provenientes do fitato para crescimento vegetal (Pandey et al., 2001; Konietzny e Greiner, 2002).

As 3-fitases (EC 3.1.3.8) são denominadas sistematicamente como mio-inositol hexaquis fosfato- 3-fosfohidrolase atuando na hidrólise da ligação éster na terceira posição do IP<sup>6</sup> em IP<sup>5</sup> e ortofosfato livre (Vats e Banerjee, 2004). Entretanto, as 6- fitases (EC 3.1.3.26) são designadas quimicamente como mio-inositol hexaquis fosfato- 6-fosfohidrolase, promovendo a catálise hidrolítica da ligação éster na sexta posição do IP<sup>6</sup>. Recentemente, isto foi reportado para a fitase produzida por *A. niger* que mostra atividade 3-fitase, enquanto *Peniophora lycii* e *Escherichia coli* apresentam uma atividade 6-fitase

(Selle et al., 2006).

A reação de desfosforilação catalisada pelas fitases está ilustrada. Nesta reação, o ácido fítico é transformado em ácido fosfórico, inositol, e compostos intermediários (fosfatídeos de inositol) incluindo ésteres de inositol mono-, bi-, tri-, tetra, e penta-fosfato (IP<sub>1</sub> a IP<sub>5</sub>) dependendo do grau de desfosforilação catalisado pela enzima (Konietzny e Greiner, 2002).

A via de catabolismo da reação para a degradação do ácido fítico, segue um modelo de desfosforilação gradual: IP<sub>6</sub>, IP<sub>5</sub>, IP<sub>4</sub>, IP<sub>3</sub>, IP<sub>2</sub>, IP<sub>1</sub> e inositol. O fitato possui seis grupos que podem ser liberados, dependendo da fitase utilizada, em velocidades e ordem diferentes. As fitases sintetizadas por fungos filamentosos e pela bactéria *Escherichia coli* conseguem liberar somente cinco dos seis grupamentos ortofosfatos, sendo que os produtos finais são myo-inositol 2-monofosfato (Dasgupta et al., 1996).

As fitases são bastante difundidas na natureza, podendo ser produzidas a partir de várias fontes hospedeiras, incluindo animais, plantas e microorganismos ( Yao et al., 2011). Já foram encontradas diversas fontes de fitases vegetais, tais como trigo, milho, algumas ervas, arbustos, alfices, centeio e sementes oleaginosas, sendo que as atividades mais elevadas foram encontradas no trigo (*Triticum aestivum*), no centeio (*Secale cereale*) e na cevada (*Hordeum vulgare*). Devido às fitases oriundas de vegetais possuírem um espectro de atividade de pH mais estreito e baixa estabilidade ao calor, sua atividade se caracteriza como menos eficaz quando comparadas às de origem microbiana (Bhavsar e Khire, 2014).

Dentre as fitases microbianas, as fontes mais promissoras são as provenientes de fungos (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Talaromyces thermophilus*), leveduras (*Arxula adenivorans*, *Hansenula polymorpha*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schwanniomyces castellii*) e bactérias (*Bacillus* sp., *Enterobacter* sp., *Escherichia coli*; *Klebsiella aerogenes*, *Corynebacterium bovis*, *Pseudomonas* sps.) (Buso et al., 2011; Sena, 2019; Fernandes, 2020).

## 5 | PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FITASES

A fermentação é muito influenciada por diversas variáveis físico-químicas no meio de produção de biomoléculas. As condições de cultivo, espécie e linhagem microbiana, natureza do substrato e disponibilidade de nutrientes são fatores importantes que afetam a produção e secreção de fitases, obtida a partir da adição do fitato de sódio ao meio como fonte de fósforo inorgânico (Ries, 2010).

A produção de fitase já foi bem citada em meio líquido, ou seja, através da fermentação submersa, entretanto, tem sido reportada a utilização de resíduos agroindustriais para produção da fitase por fungos do gênero *Aspergillus* (Meta et al., 2009). Alguns estudos mostram a utilização de meios de cultivo alternativos na produção de fitases: aveia na produção de fitase por *Kodamaea ohmeri* (Liu et al., 2008), resíduos de azeitonas

na produção de fitase por *Aspergillus niger* (Vassilev et al., 2007); melação de cana na produção de fitase por *Sporotrichum thermophile* (Singh e Satyanarayana, 2006) e por *Pichia anomala* (Vohra e Satyanarayana, 2002).

As fitases geralmente apresentam-se com massa molecular entre 40 e 100 KDa e temperatura ótima de atividade entre 45° a 60°C (Pandey et al., 2001). A maioria das enzimas de plantas são desnaturadas em temperaturas superiores a 70°C, enquanto que as enzimas de origem microbiana permanecem com atividade significativa após períodos de incubação por mais de 3 horas (Konietzny e Greiner, 2002). Fitases isoladas de *A. fumigatus* (Pasamontes et al., 1997) e *S. castellii* (Segueilha et al., 1992) são relatadas como resistentes a altas temperaturas, ou seja, são termotolerantes (Ries, 2010).

Dentre as fitases, grande parte estão ativas dentro da faixa de pH 4,5 - 6,0, e podem ser classificadas de acordo com o pH ótimo de atividade enzimática, e agir em pH em torno de 5,0 (ácidas) ou de 8,0 (alcalinas). A estabilidade de fitases vegetais diminui em valores de pH abaixo de 4 ou acima de 7,5, enquanto que a maioria das fitases de origem microbiana mantém a atividade entre valores de pH abaixo de 3,0 e acima de 8,0. Essa grande diferença em seus valores de pH ótimo pode ser parcialmente ou totalmente refletida na variação da estrutura molecular ou estereo-especificidade da enzima dependendo da fonte de origem (Konietzny e Greiner, 2002).

## 6 | PROPRIEDADES CATALÍTICAS DAS FITASES

As fitases tem sido isoladas e caracterizadas a partir de vegetais e de diversos micro-organismos e, conforme o pH ótimo da enzima, pode-se classificar em fitases ácidas e fitases alcalinas (básicas). Devido ao ambiente ácido no Trato Gastrointestinal (TGI) dos animais não- ruminantes, existe um maior interesse em fitases com perfil ácido. As fitases são ácidas são subdivididas em 3 (três) grupos estruturalmente diferentes: as fosfatases de histidina ácida, fitases  $\beta$ -propeller e as fosfatases ácidas púrpuras (Lei et al., 2007).

As fitases são capazes de reconhecer o ácido fítico como substrato e coincide com as propriedades não-hidrolisantes de fosfatases não-específicas. Em geral, grande parte das enzimas pertence à família das histidinas ácida fosfatase (HAP), que é caracterizada por um sítio ativo conservado RHGX<sub>2</sub>XP e um dipeptídeo cataliticamente ativo HD (Ries, 2010). Estas enzimas fosfatases raramente tem uma estrutura similar e a clivagem dos grupamentos fosfatos não é realizada pelo mesmo mecanismo. Este grupo de enzimas catalisam a hidrólise do ácido fítico em duas etapas: ataque nucleofílico da histidina do sítio ativo da enzima na ligação do fosfodiéster do ácido fítico mais fácil de ser hidrolisada e protonação do grupo restante pelo resíduo de ácido aspártico do HD (Ostanin et al, 1992).

Xiang e colaboradores (2004) determinaram por cristalografia a estrutura tridimensional da fitase produzida por *Aspergillus fumigatus*. A enzima apresenta em sua estrutura molecular um pequeno domínio  $\alpha$  e um grande domínio  $\alpha/\beta$ . O pequeno

domínio  $\alpha$ -hélice consiste de uma estrutura  $\alpha$ -hélice central rodeada por sete  $\alpha$ -hélices. Em relação ao grande domínio  $\alpha/\beta$ , um filamento  $\beta$ -sandwich forma a estrutura do núcleo, com duas longas  $\alpha$ -hélices do lado oposto. Os resíduos de aminoácidos conservados, o motivo catalítico 58RHGARXP64, e o motivo de ligação do substrato 338 HD 339, estão localizadas entre o grande domínio  $\alpha/\beta$  e o pequeno domínio  $\alpha$ .

Vale destacar um outro grupo de fitases ácidas, as fitases  $\beta$ -propeller, que apresentam uma conformação tridimensional denominada  $\beta$ -propeller, as quais são dependentes de cálcio para a sua atividade catalítica, como pode-se citar as fitases produzidas por *Bacillus subtilis* e *B. amyloliquefaciens*. Estas fitases apresentam dois sítios de ligação com o substrato, e a hidrólise é realizada no próprio sítio catalítico (Monteiro, 2011).

As fosfatases ácidas púrpuras são fitases classificadas como metaloenzimas que possuem no seu sítio catalítico um átomo de ferro ou zinco. Tem-se exemplo de fitases deste grupo, as fitases isoladas da soja (*Glycine max*) e a fitase produzida por *A. niger* NRRL 3135. Este grupo de fitases apresenta menor atividade catalítica quando comparadas ao grupo das fitases histidina ácidas (Monteiro, 2011).

## 7 | GÊNERO *Aspergillus*

Os fungos filamentosos são constituídos, fundamentalmente, por elementos multicelulares em forma de tubo, as hifas que podem ser contínuas, não-septadas ou cenocíticas e septadas, e ainda podem conter esporos. Ao conjunto de hifas dá-se o nome de micélio. O micélio que se desenvolve no interior do substrato, funcionando também como elemento de sustentação e de absorção de nutrientes, é chamado micélio vegetativo. O micélio que se projeta na superfície e cresce acima do meio de cultivo é o micélio aéreo, onde forma-se as estruturas reprodutoras (Trabulsi et al., 1999).

Os fungos filamentosos podem colonizar uma grande variedade de ambientes, seja como saprófitos de vegetais ou animais, atuando como parasitos em tecidos vivos, produtos de madeiras, papel e solos de composição diversa. Algumas enzimas secretadas por fungos são de grande importância comercial, principalmente na área alimentícia, como proteases ácidas, lipases, nucleases, carboidratases, sendo poucas as enzimas intracelulares de importância. O gênero *Aspergillus* tem se sobressaído como o mais destacado em produção comercial de enzimas (Novaki, 2009).

Pertencente ao filo Ascomycota, o gênero *Aspergillus* é de grande importância para a indústria e medicina. Este gênero possui aproximadamente 250 espécies e distribuição cosmopolita, com a possibilidade de se obter isolados em ar, solo ou água (Klich, 2007; Hedayat et al., 2007). Industrialmente o gênero tem sido descrito como produtores de enzimas, fármacos, antibióticos e na fermentação industrial de alimentos, sendo descrito em literatura como produtor de diversas enzimas, das quais podemos destacar a  $\alpha$ -amilase, celulases, xilanases, fitases, lipases e  $\beta$ -glicosidases (Dedavid e Silva, 2008).

Os fungos do gênero *Aspergillus* são muito utilizados na produção enzimática por aproximadamente de 200 espécies, comumente isolados do solo e de vegetais em decomposição (Guimarães et al., 2010). Dentre as espécies mais conhecidas encontram-se o *A. flavus*, *A. niger*, *A. awamori*, *A. oryzae*, *A. nidulans*, *A. fumigatus*, *A. clavatus*, *A. glaucus*, *A. ustus* e *A. versicolor* (Slivinski, 2007).

## 8 | CONCLUSÃO

Diante do exposto neste artigo de revisão, é possível considerar os fungos *Aspergillus* como organismo promissor para a produção de fitase microbiana, com características bioquímicas desejáveis para a utilização na alimentação de animais não-ruminantes, diminuindo assim a excreção de fósforo fecal e a inclusão de fósforo inorgânico dietético.

## REFERÊNCIAS

- LIGEIRO, E.C. **Efeito da utilização da fitase sobre o desempenho, qualidade dos ovos, avaliação econômica e excreção de fósforo e nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo ingredientes alternativos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus Jaboticabal, Jaboticabal São Paulo, 2007. Disponível em: <http://jvali.fcav.unesp.br/sgcd/Home/download/pgtrabs/zoo/m/3043.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2023.
- COSTA, F.G.P.; QUIRINO, B.J.S.; GIVISIEZ, P.E.N.; SILVA, J.H.V.; ALMEIDA, H.H.S.; COSTA, J.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; GOULART, C.C. **Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração Layers fed with different levels of energy and soybean oil in feed**. Arch. zootec., v.58, n.223, 2009.
- PAULA, E.F.E., CHEN, R.F.F. & MAIA, F.P. **Enzimas exógenas na nutrição de animais monogástricos**. PUBVET, Londrina, v. 3, n. 14, Art#561, Abr3, 2009. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/material/Paula561wf.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.
- JATUWONG, K; SUWANNARACH, N; KUMLA, J; PENKHRUE, W; KAKUMYAN, P; LUMYONG, S. **Bioprocess for Production, Characteristics, and Biotechnological Applications of Fungal Phytases**. Frontiers in Microbiology. 11:188, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00188>.
- DERSJANT-LI, Y; AWATI, A; SCHULZE, H; PARTRIDGE, G. **Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors**. J. Sci. Food Agric. 95, 878–896, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6998>.
- NASCIMENTO, J.C.S. **Produção, Purificação e Caracterização Parcial da Fitase Extracelular Produzida por *Aspergillus niger* var. *phoenicis* URM 4924 e sua Atividade Hidrolítica e Antiproteolítica in vitro em Rações Comerciais de Aves e Suínos**. Tese (Doutor em Biociência Animal) Programa de Pós-graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife – Pernambuco, 2015. Disponível em: [http://www.pgba.ufrpe.br/sites/ww4.pgba.ufrpe.br/files/documentos/nascimento\\_jcs\\_tese\\_de\\_doutorado.pdf](http://www.pgba.ufrpe.br/sites/ww4.pgba.ufrpe.br/files/documentos/nascimento_jcs_tese_de_doutorado.pdf). Acessado em: 23 nov. 2022.

NAVES, L.P.; RODRIGUES, P.B.; BERTECHINI, A.G.; LIMA, E.M.C.; TEIXEIRA, L.V.; ALVARENGA, R.R.; NARDELLI, N.B.S.; OLIVEIRA, D.H.; OLIVEIRA, M.H. **Redução de fósforo em dietas para frangos com base em valores de equivalência da fitase.** *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 49, n.1, p.71-77, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000100010>.

HUMER, E; SCHWARZ, C. & SCHEDULE, K. **Phytate in pig and poultry nutrition.** Review Article. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4), 605 – 625. 2014. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12258>

YI, Z.; KORNEGAY, E. T. **Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs.** *Animal Feed Science and Technology* v.61, ed. 1 – 4, p. 361–368, setembro de 1996. Doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00959-5](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00959-5)

CORRELL, D. L. **The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review.** *Journal of Environmental Quality* 27, 261–266. 1998. Doi: <https://doi.org/10.2134/jeq1998.00472425002700020004x>

SMITH, V. H.; TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. **Eutrophication: impacts of excesso nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems.** *Environmental Pollution* n. 100, Ed. 1 – 3, p. 179–196. 1999. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(99\)00091-3](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(99)00091-3).

SENA, T. L. **Superdosing de diferentes fitases sobre o desempenho, qualidade óssea e bem-estar de frangos de reposição leves.** Dissertação (Mestre em Zootecnia), Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, Ceará, Brasil, 2019. Disponível em: [http://www.uvanet.br/mestrazoo/documentos/dissertacao\\_9a51b1ca9bcfe00700a181ac9920ee86.pdf](http://www.uvanet.br/mestrazoo/documentos/dissertacao_9a51b1ca9bcfe00700a181ac9920ee86.pdf). Acessado em: 24 nov. 2022.

PARIZIO, F.A.S. **Utilização de protease em dietas de codornas de corte.** Dissertação (Mestre em Zootecnia), programa de pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Rio Largo – Alagoas, 2014. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/6449/1/Utiliza%20c3%a7%20a3o%20de%20protease%20em%20dietas%20de%20codornas%20de%20corte.pdf>. Acessado em: 20 out. 2022.

LIMA, H. J. D. **Uso da enzima fitase em ração para codornas japonesas em postura.** 2008. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5577/1/texto%20completo.pdf>. Acessado em: 23 nov. 2022.

FRY, R. M.; ALLRED, J. B.; JENSEN, L. S. E MCGENNIS, J. **Influence of enzyme supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains of poultry.** *Poultry Science*, v.37, Ed. 3, p.372-376, 1958. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0370372>

CAMPESTRINI, E., SILVA, V.T.M., APPELT, M.D. **Utilização de enzimas na alimentação animal.** *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, n.6, p.254-267, 2005.

SORIO, A., BRAGA, F., LIMA, F., MAIA, G., RASI, L., DALLONDER, L.O. **Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado a implantação do parquet produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção.** Méritos Editora, 2011.

SILVA, L.M., GERALDO, A., VIEIRA FILHO, J.A. **Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas.** *Acta Scientiarum*, v.34, n.3, p.253- 258, 2012.

LIU, D., GUO, Y., WANG, Z., YUAN, J. **Exogenous lysozyme influences Clostridium perfringens colonization and intestinal barrier function in broiler chickens.** Avian Pathology, v. 39, n. 1, p. 17-24, 2010.

HENN, J.D. **Aditivos Enzimáticos em dietas de suínos e aves.** In: **Bioquímica do tecido animal.** Pós-graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/bioquimica>. Acessado em: 12/12/2014.

Kumar, S.; Anand, R. **Effect of Germination and Temperature on Phytic Acid Content of Cereals.** International Journal of Research in Agricultural Sciences, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2021.

YIN, Q.Q., ZHENG, Q.H., KANG, X.T. **Biochemical characteristics of phytases from fungi and the transformed microorganism.** Animal Feed Science and Technology, v.132, p.341-350, 2007.

BENEVIDES, M.V.S., SOUZA, R.D.B, LOPES, M.V. **Fatores antinutricionais em alimentos:** Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, v.18, n. 2, p. 67-79, 2011.

NAGASHIRO, C. **Enzimas na nutrição de aves.** In: CONFERENCIA APINCO, 2007, Santos, SP. Anais. Santos, FACTA, 2007. p.307-327.

LEAL, A.S., GONÇALVES, C.G., VIEIRA, I.F.R., CUNHA, M.R.R., GOMES, T.C.B., MARQUES, F.R. **Avaliação da concentração de minerais e dos fatores antinutricionais fitato e oxalato em multimisturas da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG.** Rev Soc Bras Alim Nutr. v. 35, n. 2, p. 39-52, 2010.

Suzuki, U; Yoshimura, K; Takaishi, M. **Ueber ein Enzym "Phytase" das "Anhydro-oxy-methylen diphosphorsäure" Spaltet.** Tokyo Imper. Univ. Coll. Agric. Bull. v. 7, p. 503–512, 1907. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/14509490>. Acesso em: 2 jan. 2023.

SELLE, P.H., RAVINDRAN, V. **Microbial phytase in poultry nutrition.** Anim. Feed Sci. Tech.135: 1-41, 2006.

ENGELEN, A.J., HEEFT, VAN DER., RANSDORP, H.G.P., SMIT, L.C.E. **Simple and rapid determination of phytase activity.** J. AOAC Int., v.77, p.760-764, 1994.

PANDEY, A., SZKACKS, G., SOCCOL, C.R., RODRIGUEZ-LEON, J.A, SOCCOL VT. **Production, purification and properties of microbial phytases.** Bioresource Technol. v. 77, p. 203-214, 2001.

KONIETZNY, U., GREINER, R. **Molecular and catalytic properties of phytate- degrading enzymes (phytases).** Int. J. Food Sci. Tech. v. 37, p. 791-812, 2002.

VATS, P., & BANERJEE, U.C. **Catalytic characterization of phytase (myo-inositol hexakisphosphate phosphohydrolase) from Aspergillus niger van Teighem: Glycosylation pattern, kinetics and molecular properties.** Enz. Microb. Technol., v.39, p.596-600, 2006.

SELLE, P.H., RAVINDRAN, V. **Microbial phytase in poultry nutrition.** Anim. Feed Sci. Tech.v. 135, p. 1-41, 2006.

DASGUPTA, S., DASGUPTA, D., SEM, M., BISWAS, B.B. **Interaction of myo-inositoltriphosphate-phytase complex with the intracellular Ca<sup>2+</sup> mobilization in plants.** *Biochemistry*, v.35, p.4994-5001, 1996.

RIES, E.F. **Estudo da produção, caracterização e aplicação de nova fitase de *Saccharomyces cerevisiae*.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

Yao, M. Z; Zhang, Y. H; Lu, W. L; Hu, M. Q; Wang, W; Liang, A. H. **Phytases: crystal structures, protein engineering and potential biotechnological applications.** *J. Appl. Microbiol.* v. 112, p. 1–14, 2011. Doi: 10.1111/j.1365-2672.2011.05181.x.

BHAVSAR, K AND KHIRE, J.M. **Current research and future perspectives of phytase bioprocessing.** *Royal Society of Chemistry Adv.* 4, 26677–26691, 2014.

BUSO, W.H.D., MORGADO, H.S. E MACHADO, A.S. **Fitase na alimentação de frangos de corte.** *Pubvet, Londrina*, v. 5, n. 36, ed. 183, Art. 1232, 2011.

FERNANDES, M.O. **Superdose de fitase, diferentes pH de água e dois sistemas de aviários sobre a eficiência produtiva de frangos de corte.** Tese (Doutor em Zootecnia) Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Brasil, 2020.

META, A., NAKATAKE, H., IMAMURA, T., NOZAKI, C., SUGIMURA, K. **High yield production and characterization of biologically active recombinant aprotinin expressed in *Saccharomyces cerevisiae*.** *Protein Expres. Purif.*, v.66, p.22-27, 2009.

Liu, N. et al. **Effects of phytate and phytase on the performance and immune function of broilers fed nutritionally marginal diets.** *Poultry Science*, v. 87, n. 6, p. 1105–1111, 2008.

VASSILEV, N., VASSILEVA, M., BRAVO, V., FERNANDEZ-SERRANO, M., NIKOLAEVA, I. **Simultaneous phytase production and rock phosphate solubilization by *Aspergillus niger* grown on dry olive wastes.** *Ind. Crop. Prod.*, v.26, p.332-336, 2007.

Singh, B., Satyanarayana, T. **Phytase production by thermophilic mold *Sporotrichum thermophile* in solid-state fermentation and its application in dephytinization of sesame oil cake.** *Appl Biochem Biotechnol.* v. 133, p. 239–250, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1385/ABAB:133:3:239>

VOHRA, A., SATYANARAYANA, T. **Phytase production by the yeast *Pichia anomala*.** *Biotechnol. Lett.*, v.13, p.551-554, 2002.

PANDEY, A., SZKACKS, G., SOCCOL, C.R., RODRIGUEZ-LEON, J.A, SOCCOL VT. **Production, purification and properties of microbial phytases.** *Bioresource Technol.* v. 77, p. 203-214, 2001.

PASAMONTES, L., HAIKER, M., WYSS, M., TESSIER, M., LOON, A.P.G.M. **Gene cloning, purification, and characterization of a heat-stable phytase from the fungus *Aspergillus fumigatus*.** *Appl. Environ. Microb.*, v.63, p.1696-1700, 1997.

SEGUEILHA, L., LAMBRECHTS, C., BOZE, H., MOULIN, G., GALZY, P. **Purification and properties of the phytase from *Schwanniomyces castelli*.** *J. Ferment. Bioeng.* v.74, p. 7-11, 1992.

LEI, X. G., PORRES, J. M., MULLANEY, E. J., BRINCH-PEDERSEN, H. **Phytase source, structure and applications**, In: **Industrial enzymes**. Structure, Function and Applications, Polaina, J., MacCabe, A. P., Eds, pp. 505-529, Springer, ISBN -78-1- 4020-5376-4, Dordrecht, The Netherlands, 2007.

OSTANIN, K., HARMS, E.H., STEVIS, P.E., ZHOU, M., VAN ETTEN, R.L. **Overexpression, site-directed mutagenesis and mechanism of Escherichi coli acid phosphatase**. J. Biol. Chem., v. 267, p. 22830-22836, 1992.

XIANG, T., LIU, Q., DEACON, A.M., KOSHY, M.K., LEI, X.G., HAO, Q., THIEL, D.J. **Crystal structure of a heat-resilient phytase from Aspergillus fumigatus, carrying a phosphorylated histidine**. J. Mol. Biol. v. 339, p. 437-445, 2004.

MONTEIRO, P.S. **Produção e Caracterização Bioquímica de Fitases de Rhizopus stolonifer e Aspergillus niger UFV-1 e suas aplicações em ração animal**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

TRABULSI, L.R., ALTERTHUM, F., GOMPERTZ, O. F., CANDEIAS, J.R. **Microbiologia**, 3ed. São Paulo: Atheneu, 1999.

NOVAKI, L. **Produção, purificação e caracterização parcial da invertase obtida por fermentação em estado sólido de soja com Aspergillus asiellus**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharia e Ciências Exatas, Paraná, 2009.

KLICH, M.A. **Aspergillus flavus: the major producer of aflatoxin**. Mol. Plant Pathol. v. 8, p. 713-722, 2007.

HEDAYATE, M.T., PASQUALOTTO, A.C., WARN, P.A., BOWYER, P., DENNING, D.W. **Aspergillus flavus: human pathogen, allergen and mycotoxin producer**. Microbiology v. 153, p. 1677-1692, 2007.

DEDAVID, E., SILVA, L.A. **Produção, caracterização de enzimas celulásicas por Aspergillus phoenicis**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

GUIMARÃES, I.C., SOUZA, A.R.M., CORNÁLIO, V.M.O., PEREIRA, J., VILLELA, V.A. **Identificação de Aspergillus spp. toxigênico em arroz**. Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos v. 30, n. 1, p. 60-62, 2010.

SLIVINSKI, C.T. **Produção, purificação parcial e caracterização bioquímica de glucoamilase de Aspergillus niger obtida por fermentação em estado sólido**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 128p., 2007.

**A**

Aclimação 21, 23, 52

Aspergillus niger 8, 11, 13, 15, 17, 18, 19

Aves 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 17

**B**

Bioclimatologia 42, 51, 52, 53, 54

**C**

Caracterização bioquímica 7, 8, 9, 12, 19

**D**

Desempenho 1, 2, 3, 4, 6, 15, 16, 22, 43, 50, 54

Dieta pré-inicial 2, 5

**F**

Fermentação submersa 8, 12

Frango de corte 1, 2

**H**

Holstein-Frísia 21, 22, 24

**M**

Morfometria intestinal 1, 2, 3

**P**

Propriedades catalíticas 8, 13

**S**

Stresse térmico 21, 22, 23, 26, 27, 29, 30, 31

**V**

Vacas leiteiras 21, 23, 29, 31, 32

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ZOOTECNIA. ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência  
e tecnologia

  
Ano 2023

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ZOOTECNIA. ZOOTECNIA.

Desafios e tendências da ciência  
e tecnologia

  
Ano 2023