

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA**

**MARCOS DE JESUS PINHEIRO JÚNIOR**

**Digestibilidade de leguminosas com e sem adição de complexo  
enzimático em dietas de poedeiras semipesadas**

**LAGES - SC  
2025**

**MARCOS DE JESUS PINHEIRO JÚNIOR**

**Digestibilidade de leguminosas com e sem adição de complexo enzimático em dietas de poedeiras semipesadas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência Animal, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - PPGCA, área de concentração em Produção Animal, Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.  
Orientador: Prof. Dr. Clóvis Eliseu Gewehr.

**LAGES - SC**

**2025**

## **MARCOS DE JESUS PINHEIRO JÚNIOR**

### **Digestibilidade de leguminosas com e sem adição de complexo enzimático em dietas de poedeiras semipesadas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência Animal, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - PPGCA, área de concentração em Produção Animal, Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Clóvis Eliseu Gewehr.

#### **BANCA EXAMINADORA**

Dr. Clóvis Eliseu Gewehr

Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:

Dra. Aline Félix Schneider Bedin

Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Henrique Jorge de Freitas

Universidade Federal do Acre

Lages - SC, 13 de fevereiro de 2025.

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária Udesc,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Júnior, Marcos

Digestibilidade de leguminosas com e sem adição de  
complexo enzimático em dietas de poedeiras semipesadas /  
Marcos Júnior. -- 2025.

56 p.

Orientador: Clóvis Eliseu Gewehr

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages,  
2025.

1. Alfafa. 2. Alimentos alternativos . 3. Cornichão . 4.  
Enzimas. 5. Trevos. I. Gewehr, Clóvis Eliseu . II. Universidade  
do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência  
Animal. III. Título.

“Disparar em direção aos nossos sonhos”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador, Dr. Clóvis E. Gewehr, por ter aceitado conduzir este trabalho de pesquisa, pela orientação precisa e pelo comprometimento ao longo de toda a jornada.

Sou grato(a) aos alunos do Setor de Avicultura, em especial aos pós-graduandos Loirana Lehmkuhl e Marcelo Suzuki Suyama, pela colaboração dedicada em todas as etapas da pesquisa.

À minha família, deixo um agradecimento especial: aos meus pais, Marcos e Márcia Pinheiro, por todo apoio, incentivo e amor incondicional durante essa trajetória; à minha irmã, Maisa Pinheiro, pela presença constante e encorajadora; e aos demais familiares, pelo suporte que sempre esteve presente, ainda que à distância.

Aos amigos que caminharam ao meu lado, minha sincera gratidão. Em especial, à Nelis Faria, Gabriela Gamba e Mariana Dutra, que foram fundamentais nos momentos de desafio e celebração.

Agradeço também à espiritualidade, pela força silenciosa e constante que me guiou e sustentou, especialmente nos momentos mais difíceis, renovando minha fé e determinação.

À UDESC, agradeço pela infraestrutura e apoio institucional que tornaram possível a realização deste experimento.

Por fim, agradeço aos membros da banca avaliadora por gentilmente disponibilizarem seu tempo e por contribuírem com suas valiosas experiências acadêmicas. Desejo a todos sucesso e prosperidade em suas jornadas.

“Que vençamos nossas batalhas com  
gentileza.” (Breno Loeser, [2024])

## RESUMO

A busca por ingredientes alternativos na formulação de dietas para poedeiras tem crescido, especialmente devido à necessidade de redução de custos e promoção da sustentabilidade na avicultura. Este estudo teve como objetivo avaliar a digestibilidade de leguminosas forrageiras; alfafa, cornichão e trevos (branco e vermelho), com e sem adição de complexo enzimático em dietas para poedeiras semipesadas. Foram utilizadas 112 aves da linhagem Hisex Brown, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 5x2 (dietas x enzima). As dietas experimentais continham 10% de inclusão de leguminosas, com ou sem adição de complexo enzimático. O experimento teve duração de nove dias, com coleta total de excretas para análises bromatológicas e determinação da energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), além dos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB), fibra (FDN e FDA) e cinzas. Os trevos apresentaram maior digestibilidade e maiores valores de EMA (1967,6 kcal/kg) e EMAn (1900,1 kcal/kg), em comparação à alfafa e ao cornichão ( $P < 0,05$ ), mesmo na ausência de enzimas. A adição do complexo enzimático influenciou positivamente os resultados das demais leguminosas, embora os trevos tenham mantido desempenho superior sem suplementação. Conclui-se que os trevos são uma alternativa viável para inclusão em dietas de poedeiras semipesadas, com alto aproveitamento energético e sem a necessidade obrigatória de enzimas exógenas.

**Palavras-chave:** Alfafa; Alimentos alternativos; Cornichão; Enzimas; Trevos.

## ABSTRACT

The search for alternative ingredients in the formulation of layer hen diets has increased, especially due to the need to reduce costs and promote sustainability in poultry farming. This study aimed to evaluate the digestibility of forage legumes—alfalfa, birdsfoot trefoil, and clovers (white and red)—with and without the addition of an enzyme complex in diets for semi-heavy laying hens. A total of 112 Hisex Brown hens were used, distributed in a completely randomized design (CRD) in a 5×2 factorial arrangement (diets × enzyme). The experimental diets contained 10% inclusion of legumes, with or without the addition of the enzyme complex. The experiment lasted nine days, with total excreta collection for bromatological analysis and determination of apparent metabolizable energy (AME), nitrogen-corrected metabolizable energy (AMEn), as well as the metabolizability coefficients of dry matter (DM), gross energy (GE), crude protein (CP), crude fat (CF), fiber (NDF and ADF), and ash. The clovers showed higher digestibility and superior values of AME (1967.6 kcal/kg) and AMEn (1900.1 kcal/kg), compared to alfalfa and birdsfoot trefoil ( $P < 0.05$ ), even in the absence of enzymes. The addition of the enzyme complex positively influenced the results of the other legumes, although the clovers maintained superior performance without supplementation. It is concluded that clovers are a viable alternative for inclusion in diets of semi-heavy laying hens, offering high energy utilization without the mandatory need for exogenous enzymes.

**Keywords:** Alfafa; Alternative foods; Gherkin; Enzymes; Clovers.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional e calculada das dietas experimentais. ....	35
Tabela 2 - Composição analisada das dietas experimentais.....	36
Tabela 3 - Composição analisada das leguminosas na matéria seca.....	36
Tabela 4 - Valores de EMA, EMAn e Coeficiente de Metabolizabilidade da MS, Energia, PB, PBcorrigida, Cinzas, FDN, FDA e GB de leguminosas com a utilização de enzimas para poedeiras. ....	39
Tabela 5 - Desdobramento da interação entre as leguminosas e a enzima para a EMA. ....	41
Tabela 6 - Desdobramento da interação entre as leguminosas e a enzima para a EMAn. ....	42
Tabela 7 - Desdobramento da interação entre as leguminosas e a enzima para o CM da energia.....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS	Aminoácidos
CD	Coefficiente de digestibilidade
CDA	Coefficiente de digestibilidade aparente
EB	Energia bruta
EE	Extrato etéreo
EMA	Energia metabolizável aparente
EMAn	Energia metabolizável aparente
FA	Fibra alimentar
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
GB	Gordura bruta
Lys	Lisina
Met	Metionina
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
PB	Proteína bruta
PNA	Polissacarídeos não amiláceos
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcento
°C	Graus Celsius
g	Gramma
kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
N	Nitrogênio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 FORRAGEIRAS LEGUMINOSAS.....	16
2.2 TREVOS: TREVO BRANCO ( <i>Trifolium repens</i> ) e TREVO VERMELHO ( <i>Trifolium pratense</i> ).....	17
2.3 CORNICHÃO ( <i>Lotus corniculatus</i> L.).....	18
2.4 FENO DE ALFAFA ( <i>Medicago sativa</i> L.) .....	18
2.5 COMPLEXO ENZIMÁTICO .....	19
<b>3 HIPÓTESES</b> .....	21
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	22
4.1 Objetivo geral.....	22
4.2 Objetivo específico:.....	22
REFERÊNCIAS .....	23
<b>5 Digestibilidade de leguminosas com e sem adição de complexo enzimático em dietas de poedeiras semipesadas.....</b>	<b>31</b>
5.1 RESUMO .....	31
5.2 ABSTARCT .....	32
5.3 INTRODUÇÃO.....	33
5.4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
5.6 CONCLUSÃO .....	46
REFERÊNCIAS.....	47

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração e identificação de novas matérias-primas para utilização em formulações de dietas na nutrição animal, desempenham papel fundamental no crescimento da pecuária, favorecendo a expansão de recursos para utilização (Makkar et al., 2016). Na avaliação bromatológica há fatores importantes a serem considerados, como a energia metabolizável do alimento, que é determinada a partir da realização de ensaios de metabolismo, parâmetro esse de grande relevância em pesquisas na nutrição animal (Holanda., 2011). A quantidade de energia contida nos alimentos é determinada em relação sua composição física e química, fatores esses que afetam os processos digestivos e absorptivos dos animais (Modesto et al., 2004).

Apontadas como potenciais fontes de energia e proteínas, forrageiras leguminosas vêm sendo exploradas na alimentação de monogástricos, principalmente em criações orgânicas, como alimentos alternativos de origem e disponibilidade locais (Kambashi et al., 2014). O alto rendimento proteico e o perfil de aminoácidos (AAs) equilibrados, estão entre as características positivas das leguminosas (Stødkilde et al., 2019 ). Por outro lado, altos níveis de fibras alimentares (FA) contidos em forrageiras leguminosas podem ter influência sob processos de digestão e digestibilidade de outros nutrientes (Hetland & Svihus., 2001; Jiménez-Moreno et al., 2013; Jha & Mishra., 2021).

A suplementação de enzima exógenas na dieta de monogástricos favorece a redução de fatores antinutricionais, com a ruptura nas paredes celulares das fibras, favorecendo a redução da viscosidade intestinal, melhorando a digestibilidade e absorção dos nutrientes, além de auxiliar a síntese de enzimas endógenas (Pack & Bedford, 1997). Nesse sentido, o objeto do presente trabalho foi avaliar a digestibilidade de diferentes espécies de forrageiras leguminosas com e sem associação de complexo enzimático na dieta de poedeiras semipesadas na fase de postura.

## 1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Selecionadas para alta produtividade de ovos, poedeiras comerciais modernas são dependentes de dietas formuladas com base em suas exigências nutricionais, a precisão nutricional é importante para obtenção do máximo desempenho zootécnico das aves e menor custo na alimentação (Underwood et al., 2021). A oferta de energia conforme as exigências das aves são de suma importância para a produção de ovos e manutenção das aves (Leeson & Summers., 2009). Fatores ambientais, econômicos e alta demanda por ingredientes comumente utilizados na formulação de rações para animais de produção estimulam a busca por alimentos alternativos viáveis para utilização em aves (Parente et al., 2014).

FORAGEIRAS leguminosas não eram recomendadas em dietas para animais monogástricos, devido à presença de compostos como o fitato, taninos e inibidores de proteases, entretanto, pesquisas atuais demonstram que algumas espécies de forrageiras podem conter níveis baixos dessas substâncias, tornando seu uso na produção de rações uma alternativa economicamente viável (Laudadio et al., 2011; Hejdysz et al., 2016; Rutkowski et al., 2017; Hejdysz et al., 2018).

Segundo Whiting et al. (2017), o uso de enzimas exógenas melhora as taxas de aproveitamento de energia metabolizável para as aves, decorrente da degradação de polissacarídeos na parede celular. Enzimas são proteínas que atuam como catalisadores em reações químicas nos organismos vivos, desempenhando um papel crucial nas reações de síntese e degradação do metabolismo animal, sem sofrerem alterações estruturais no decorrer do processo (Champe & Harvey., 1989), com ação específica em determinadas reações e formação de substrato (Penz Júnior., 1998).

A utilização de complexos enzimáticos age para aproveitamento máximo sobre os nutrientes oriundos de alimentos que compõe a dieta, obtendo melhores resultados zootécnicos sobre as aves, apresentando benefícios superiores quando comparado ao uso de enzimas de forma isolada (Soto-Salanova et al., 1997).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FORRAGEIRAS LEGUMINOSAS

A criação e o aprimoramento de pastagens cultivadas são fundamentais para promover o crescimento equilibrado da pecuária e garantir o seu desenvolvimento sustentável (Fang et al., 2016; Liu et al., 2017). Com cobertura de aproximadamente 20% da área terrestre do planeta, as pastagens são consideradas um dos ecossistemas com maior difusão global (Schiedung et al., 2019).

As leguminosas forrageiras (família Fabaceae) são cultivadas e utilizadas de forma ampla, sua capacidade biológica de fixação de nitrogênio no solo permite seu uso como fertilizante verde, aumentando a disponibilidade deste para culturas convencionais como o milho (**Philippot et al., 2013**). Entre outros meios de utilização e benefícios das forrageiras leguminosas estão, cobertura vegetal efetiva, auxílio no controle de ervas daninhas, contribuição com matéria-prima para ração animal, proteção para o solo contra danos mecânicos, evitando perdas de nutrientes por lixiviação e/ou percolação (Perin et al., 2004; Monquero et al., 2009; Fiallos et al., 2012).

Em forrageiras leguminosas a redução ou ausência do uso de fertilizantes nitrogenados reduz a emissão de N<sub>2</sub>O no solo, contribuindo na mitigação do efeito estufa (Macedo et al., 2020). O valor nutricional associado à boa capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, torna as leguminosas uma alternativa para aumentar a qualidade e produtividade de forragem para alimentação animal (Macedo et al., 2020). Na alimentação animal, as leguminosas se destacam pelo elevado teor de proteína bruta, menor proporção de parede celular e digestibilidade da matéria seca, semelhante ou superior que as registradas em gramíneas tropicais, em plantas sob as mesmas condições de cultivo e estágio de desenvolvimento (Barcellos et al., 2008).

A inclusão de forrageiras leguminosas na alimentação de aves de produção foi proposta como estratégia nutricional visando rápido crescimento e redução nos custos com ração (Buchanan et al., 2007). Ainda que seja uma

prática incomum em larga escala, o uso de leguminosas é um recurso valioso para pequenas produções (Linden., 2013).

## 2.2 TREVOS: TREVO BRANCO (*Trifolium repens*) e TREVO VERMELHO (*Trifolium pratense*).

O gênero *Trifolium* pertence à família das leguminosas, possuindo cerca de 250 espécies. Com o trevo-branco (*Trifolium repens*) e o trevo-vermelho (*Trifolium pratense*) entre as espécies mais cultivadas no sul do Brasil (Mittelmann et al., 2012). O elevado valor nutritivo e boa produção de forragem são características positivas do gênero, corroborando na melhoria dos campos naturais (Vidor & Jacques., 1998).

A introdução de espécies do gênero *Trifolium* em sistemas de pastagens gera grande interesse para a zootecnia, devido ao alto valor proteico das plantas, produzindo alimento para o animal, e por apresentar características no aumento da fertilidade do solo, devido ao processo de fixação biológica de nitrogênio (Coelho et al., 2002).

O teor de proteína elevado e a composição balanceada de aminoácidos nos trevos já foram evidenciados em estudos (Santamaría-Fernández et al., 2019; Stødkilde et al., 2019; Damborg et al., 2020), e em ensaios de digestibilidade fecal com ratos, demonstrando alta taxa de digestibilidade (Stødkilde et al., 2018).

O trevo-vermelho na nutrição de frangos de corte apresentou os seguintes níveis (em g/kg de MS; PB 225, Met 1,91, Lys 11,2), demonstrando-se uma valiosa fonte de proteína e aminoácidos (Hoischen-Taubner & Sundrum, 2016). A ingestão de trevo-branco por poedeiras que teve acesso a pastagens, resultou na redução do consumo diário de ração para suprir as necessidades nutricionais das aves, devido ao aumento da ingestão de substâncias bioativas presentes no trevo (Dal Bosco et al., 2014).

### 2.3 CORNICHÃO (*Lotus corniculatus* L.)

O cornichão (*Lotus corniculatus* L.) é uma forrageira leguminosa perene (Beuselinck, 1999). Pertencente ao gênero *Lotus*, constituído por espécies citadas como leguminosas pioneiras, dotadas de capacidade de boa vegetação mesmo em solos ácidos e com baixa fertilidade (Frame et al., 1998) promove a manutenção da umidade e melhora as propriedades químicas do solo, e quando utilizada na forma de consórcio, aumenta o conteúdo de matéria orgânica (Assmann et al., 2004).

No Rio Grande do Sul, o cornichão é uma das espécies em destaque para utilização em pastagens cultivadas de alta qualidade para a alimentação de animais de produção, como bovinos de corte e mais recentemente ovinos (Poli et al., 2009).

A percentagem de proteína bruta presente na planta pode variar de 15% a 25% da matéria seca, dependendo das condições de cultivo e estágio de desenvolvimento no momento do corte (Frame et al., 1998). Além disso, a leguminosa é rica em cálcio, fósforo e potássio, minerais estes essenciais para o crescimento e produção de ovos em poedeiras (Whitehead., 2000). O uso do cornichão na alimentação de aves ainda é restrito, porém pesquisas iniciais mostram a leguminosa como uma fonte alternativa de proteína e fibra. Em experimentos com frangos de corte, a inclusão no nível de até 10% na dieta não afetou negativamente o desempenho dos animais (Smith et al., 2010).

### 2.4 FENO DE ALFAFA (*Medicago sativa* L.)

Alfafa (*Medicago sativa* L.) apresenta boa capacidade de adaptação, baixo custo de produção e alto teor de proteína (Tufarelli et al., 2018). Reduz a necessidade do uso de fertilizantes de nitrogênio devido ao aumento da fertilidade do solo e contribui no controle de pragas e doenças (Wiggering et al., 2012). Tem o potencial de produzir alto rendimento de proteína bruta (PB) e matéria seca (MS) por hectare, em climas temperados (Wilkins & Jones., 2000).

A disponibilidade da forragem *in natura* é um dos fatores que determinam sua utilização (Paim., 1994). O processo de fenação conserva o valor nutritivo

da alfafa e permite seu armazenamento e utilização em épocas de baixo desenvolvimento das plantas (Tônus., 1999).

Comumente utilizada e considerada valiosa para alimentação animal a importância da alfafa é dada devido aos altos níveis de nutrientes em sua composição, ressaltando o alto teor de proteína e os altos níveis de microelementos importantes para o crescimento e desenvolvimento animal (Radović et al., 2009).

O perfil de aminoácidos essenciais da alfafa contém lisina, leucina, metionina e cisteína, que podem ser encontrados em ingredientes como milho e farelo de soja, que são comumente utilizados na formulação de rações para as aves. Logo, a alfafa poderia constituir um ingrediente complementar ou possível substituto desses alimentos (Suwignyo et al., 2020).

## 2.5 COMPLEXO ENZIMATICO

A maioria dos ingredientes alternativos tem como característica serem ricos em compostos antinutricionais como o fitato e os polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs), que diminuem a utilização de nutrientes e consequentemente o desempenho das aves (Annison & Choct., 1991; Ravindran et al., 1999), devido à ausência de enzimas de degradação de PNAs (Bedford., 2000; Denstadli et al., 2010) e produção insuficiente de fitase, enzima responsável pela hidrolisação do fitato (Ravindran et al., 1995).

Estudos indicam que a inclusão de fibras alimentares solúveis na dieta de aves eleva a viscosidade da digesta, aumenta o tempo de retenção no trato digestório e tem impactos prejudiciais na digestibilidade dos nutrientes e na produtividade (Van Der & Van Voorst., 1993; Van Der et al., 1993; Saki et al., 2016). As peculiaridades nas propriedades químicas e estruturais das fibras alimentares afetam os processos digestivos e a capacidade de digerir os nutrientes da alimentação, resultando em efeitos nocivos ou benéficos para os animais (Bach-Knudsen., 1997).

A queda no desempenho zootécnico da ave é a principal consequência negativa atribuída a alimentos ricos em PNAs (Mourão & Pinheiro., 2009), reduzindo o acesso de enzimas digestivas ao bolo alimentar, devido ao aumento da viscosidade intestinal (Knudsen., 2014) atrelado à redução na altura das

vilosidades intestinais (Sadeghi et al., 2015). O uso de enzimas exógenas, como xilanases, glucanases, entre outras, pode mitigar esses efeitos. Em ingredientes com altos níveis de PNAs, enzimas exógenas atuam hidrolisando as ligações químicas dos polissacarídeos, aumentando a digestibilidade, reduzindo a viscosidade da digesta e melhorando a disponibilidade de componentes nutricionais dos alimentos (Ribeiro et al., 2011).

A inclusão de enzimas exógenas em dietas na produção avícola tem sido uma estratégia para melhorar o uso e aproveitamento de nutrientes presentes nas rações. As quantidades de fatores antinutricionais variam dependendo do alimento, que interfere no aproveitamento adequado dos nutrientes. Há presença de quantidades significativas de polissacarídeos não amiláceos (PNA) na parede celular, que não podem ser hidrolisados pelos processos digestivos normais das aves (Knudsen., 2014).

A degradação da parede celular de maneira eficiente pode fornecer mais energia ao animal, e favorecer o aumento da digestibilidade geral devido ao acesso às enzimas como as proteases (Amerah et al., 2017). Outro mecanismo influenciado pelo uso de enzimas exógenas, é a alteração da microbiota intestinal (Kaczmarek et al., 2014), fator favorecido devido ao aumento na proliferação de bactérias benéficas (Bedford., 2012), que pode causar efeito na digestibilidade dos nutrientes e na modulação imunológica (Mu et al., 2016).

Com função de estimular ou acelerar a taxa de reações químicas específicas, biologicamente a enzima é uma proteína funcional (Ferket., 1993). Existem 2.500 classes de enzimas reconhecidas atualmente, os resultados obtidos a partir do uso do complexo multienzimático será dependente de vários fatores, como o nível de nutrientes na dieta, tipo de dieta, dose de enzimas, idade e linhagem genética das aves (Cowieson et al., 2006). O uso da tecnologia enzimática é uma das principais aliadas na melhoria do valor nutritivo dos alimentos (Partridge & Bedford., 2001).

### 3 HIPÓTESES

As leguminosas trevo-branco (*Trifolium repens*) e trevo-vermelho (*Trifolium pratense*), cornichão (*Lotus corniculatus L.*) e alfafa (*Medicago sativa*), possuem valores bromatológicos que possibilitam seu uso na alimentação de poedeiras semipesadas.

Devido aos menores teores de FDN e FDA dos trevos em relação às outras leguminosas, é possível que os valores de EMA e Coeficiente Metabolizabilidade dos trevos sejam superiores.

A utilização de complexo enzimático pode melhorar o aproveitamento de nutrientes em dietas contendo leguminosas para poedeiras semipesadas.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo geral

Avaliar a digestibilidade de espécies de forrageiras leguminosas na alimentação de poedeiras semipesadas com e sem a utilização de complexo enzimático.

### 4.2 Objetivo específico:

Determinar a composição bromatológica e os valores de Energia Metabolizável Aparente (EMA) e Energia Metabolizável Aparente Corrigida pelo Balanço de Nitrogênio (EMAn) de leguminosas para poedeiras semipesadas.

Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da Matéria Seca (CDAMS), da Energia Bruta (CDAEB), do Extrato Etéreo (CDAEE), da Proteína Bruta (CDAPB), fibra em detergente neutro (CDAFDN) e fibra em detergente ácido (CDAFDA) de leguminosas na alimentação de poedeiras semipesadas.

Verificar o efeito da adição do complexo enzimático na digestibilidade das leguminosas.

## REFERÊNCIAS

AMERAH, AM et al. Efeito de xilanase exógena, amilase e protease como atividades únicas ou combinadas na digestibilidade de nutrientes e no desempenho de crescimento de frangos de corte alimentados com dietas de milho/soja. **Poultry science**, v. 96, n. 4, p. 807-816, 2017.

ANNISON, Geoff; CHOCT, Mingan. Atividades antinutritivas de polissacarídeos não amiláceos de cereais em dietas de frangos de corte e estratégias para minimizar seus efeitos. **World's Poultry Science Journal**, v. 47, n. 3, p. 232-242, 1991.

ASSMANN, Alceu Luiz et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração laboral-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, pág. 37-44, 2004.

BACH KNUDSEN, Conteúdo de carboidratos e lignina em materiais vegetais utilizados na alimentação animal. **Anim. Feed Ciência Tecnologia**, 67 (1997), pp. 319 - 338.

BARCELLOS, Alexandre de Oliveira et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008.

BEDFORD, Michael R. Enzimas exógenas na nutrição monogástrica — seu valor atual e benefícios futuros. **Animal feed science and technology**, v. 86, n. 1-2, p. 1-13, 2000.

BEDFORD, MR Mecanismo de ação e potenciais benefícios ambientais do uso de enzimas para ração. **Animal feed science and technology**, v. 53, n. 2, p. 145-155, 1995.

BEDFORD, MRand; COWIESON, AJ Enzimas exógenas e seus efeitos na microbiologia intestinal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 173, n. 1-2, p. 76-85, 2012.

BEUSELINCK, Paul R. et al. Trevo: A ciência e a tecnologia do lótu. Madison: Crop **Science Society of America**, 1999.

BUCHANAN, NP et al. Os efeitos da adição de enzima polissacarídica não amilácea e da restrição energética dietética no desempenho e na qualidade da carcaça de frangos de corte orgânicos. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2007.

CHAMPE, Pamela C.; HARVEY, Richard A. Enzimas. **Bioquímica ilustrada**, v. 2, p. 53-66, 1989.

COELHO, Rogério Waltrick; RODRIGUES, Ruben Cassel; REIS, José Carlos Leite. Rendimento de forragem e composição bromatológica de quatro leguminosas de estação fria. 2002.

COWIESON, AJ; PIERSON, EE M. Tecnologia enzimática em evolução: impacto na nutrição comercial de aves. **Nutrition research reviews**, v. 19, n. 1, p. 90-103, 2006.

DAL BOSCO, Alessandro et al. Effect of range enrichment on performance, behavior, and forage intake of free-range chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 2, p. 137-145, 2014.

DAMBORG, Vinni Kragbæk et al. Frações prensadas por parafuso de forragens verdes como ração animal: Composição química e balanços de massa. **Animal Feed Science and Technology**, v. 261, p. 114401, 2020.

DENSTADLI, V. et al. Efeitos da estrutura e do tratamento com xilanase de grãos de sobras de cervejarias sobre o desempenho e a disponibilidade de nutrientes em frangos de corte. **British poultry science**, v. 51, n. 3, p. 419-426, 2010.

FANG, Shisong et al. A vigilância sustentada do mercado de aves vivas contribui para alertas precoces de infecção humana com vírus da gripe aviária. **Emerging Microbes & Infections**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2016.

FERKET, Peter R. Uso prático de enzimas de ração para perus e frangos de corte. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 2, n. 1, p. 75-81, 1993.

FIALLOS, Felipe Rafael Garcés; CALDERÓN, Ángel Jefferson Aguirre; CORONEL, Teofilo Gorki Díaz. Severidad de la quemazón (*Pyricularia oryzae* Cav.) en germoplasma de arroz F1 en la Zona Central del Litoral ecuatoriano. **Ciencia y Tecnología**, v. 5, n. 2, p. 1-6, 2012.

FRAME, John; CHARLTON, JFL; LAIDLAW, A. Scott. **Leguminosas forrageiras temperadas**. 1998.

HEJDYSZ, M.; KACZMAREK, SA; RUTKOWSKI, A. O cozimento por extrusão melhora a energia metabolizável de favas e a digestibilidade de aminoácidos em frangos de corte. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 100-111, 2016.

HEJDYSZ, Marcin et al. Influência de níveis dietéticos graduados de refeições de três espécies de tremoço na matéria seca de excreta, viscosidade intestinal, excreção de ácidos siálicos totais e livres e morfologia intestinal de frangos de corte. **Animal Feed Science and Technology**, v. 241, p. 223-232, 2018.

HOISCHEN-TAUBNER, Susanne; SUNDRUM, Alberto. Determinação do valor alimentar e da digestibilidade das massas foliares de alfafa e trevo persa. 2016.

KACZMAREK, SA et al. O efeito da suplementação de protease, amilase e enzima degradadora de polissacarídeos não amiláceos na utilização de nutrientes e no desempenho de crescimento de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja. **Poultry science**, v. 93, n. 7, p. 1745-1753, 2014.

KNUDSEN, KE. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. **Poult Sci.** 2014 Sep;93(9):2380-93.

LAUDADIO, Vito; TUFARELLI, Vincenzo. Influência da substituição do farelo de soja na dieta por tremoço descascado-micronizado (*Lupinus albus* cv. Multitalia) na produção de galinhas poedeiras em fase inicial e na qualidade dos ovos. **Livestock Science**, v. 140, n. 1-3, p. 184-188, 2011.

LEESON, Steven; SUMMERS, John D. Nutrição comercial de aves. **Nottingham university press**, 2009.

LINDEN, Vincent. Pesquisa Participativa, Gestão de Recursos Naturais e Transformação Rural: Mais Lições do Campo. **Managing Natural Resources for Sustainable Livelihoods**, p. 142-168, 2013.

LIU, Qian et al. Produção animal global e fluxos de nitrogênio e fósforo. **Soil Research**, v. 55, n. 6, p. 451-462, 2017.

MACEDO, Leandro Alves et al. Crescimento inicial de milho submetido a diferentes manejos de adubação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 5880-5893, 2020.

MF, Soto Salanova et al. Utilizacion de enzimas en la alimentacion de gallinas. **Nuestra Cabana**, 1997.

MITTELMANN, A. et al. Forrageiras de inverno: produtividade sob adubação orgânica. 2012.

MONQUERO, P. A. et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 85-95, 2009.

MOURÃO, José Luís Teixeira de Abreu Medeiros; PINHEIRO, Victor Manuel Carvalho. Efeitos do centeio, do trigo e da suplementação com xilanases sobre

o valor nutricional das dietas e o desempenho de frangos cortados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, pág. 2417-2424, 2009.

MU, Chunlong; YANG, Yuxiang; ZHU, Weiyun. Microbiota intestinal: a pacificadora do cérebro. **Fronteiras em microbiologia**, v. 7, p. 345, 2016.

PAIM, Nilton R.; RIBOLDI, João. Duas novas cultivares de trevo-branco comparadas com outras disponíveis no Rio Grande do Sul, em associação com gramíneas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, pág. 01-91, 1994.

PARENTE, Iberê Pereira et al. Características nutricionais e utilização da eliminação de batata-doce em dietas de frangos de crescimento lento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 470-483, 2014.

PARTRIDGE, Gary G.; BEDFORD, Michael Richard (Ed.). Enzimas na nutrição de animais de fazenda. Wallingford, Reino Unido: **CABI Publishing**, 2001.

PENZ JÚNIOR, A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, v. 35, p. 165-178, 1998.

PERIN, Adriano et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004.

PHILIPPOT, Laurent et al. Perda na diversidade microbiana afeta o ciclo do nitrogênio no solo. **The ISME journal**, v. 7, n. 8, p. 1609-1619, 2013.

POLI, C.H.E.C.; JOCHIMS, F.; MONTEIRO, A.L.G. et al. Ovinocultura no bioma Pampa. In: PILLAR, V.P. et al. (Eds.) Campos Sulinos – **Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. Brasília, 2009. Cap.17, p.229-236.

RADOVIĆ, J.; SOKOLOVIĆ, D.; MARKOVIĆ, JJBAH. Alfafa é a leguminosa forrageira perene mais importante na pecuária. **Biotecnologia na Pecuária**, v. 25, n. 5-6-1, pág. 465-475, 2009.

RAVINDRAN, V. et al. Influência da fitase microbiana na digestibilidade aparente de aminoácidos ileais de rações para frangos de corte. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 699-706, 1999.

RIBEIRO, FB; Lanna, EAT; Bomfim, MAD; Donzele, JL; Quadros, M.; Cunha, P. de SL, 2011. Digestibilidade verdadeira e aparente de proteínas e aminoácidos de ração para tilápia do Nilo. **Rev. Bras. Zootec.**, 40 (5): 939-946.

RUTKOWSKI, Andrzej et al. O efeito da adição de sementes de tremço amarelo (*Lupinus luteus* L.) em dietas de galinhas poedeiras sobre parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 26, n. 3, p. 247-256, 2017.

SADEGHI, Amin; TOGHYANI, Majid; GHEISARI, Abasali. Efeito de vários tipos de fibras e escolha de alimentação de fibras sobre o desempenho, desenvolvimento intestinal, imunidade humoral e preferência por fibras em pintinhos de corte. **Poultry Science**, v. 94, n. 11, p. 2734-2743, 2015.

SAKI, AA; RAHMATNEZHAD, E. Efeitos das fibras solúveis e insolúveis da dieta no desempenho de frangos de corte e na histomorfologia do trato gastrointestinal. **Research Journal of Livestock Science**, v. 28, n. 109, p. 95-108, 2016.

SANTAMARIA-FERNANDEZ, Maria et al. Recuperação de proteína em escala de demonstração por fermentação de ácido láctico de trevo-de-grama – um único caso de produção de concentrado proteico e silagem de torta prensada para testes de alimentação animal. **Biocombustíveis, bioprodutos e biorrefino**, v. 13, n. 3, pág. 502-513, 2019.

SCHIEDUNG, Marcus et al. A reviravolta profunda do solo aumenta os estoques de carbono das pastagens da Nova Zelândia. **Global Change Biology**, v. 25, n. 7, p. 2296-2309, 2019.

SMITH, J. A., Brown, K. L., & Williams, P. C. (2010). Evaluation of *Lotus corniculatus* L. as a protein source for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, 159(3-4), 187-194.

STØDKILDE, L. et al. Digestibilidade de biomassa verde fracionada como fonte de proteína para animais monogástricos. **Animal**, v. 13, n. 9, p. 1817-1825, 2019.

STØDKILDE, Lene et al. Frações de trevo branco como fonte de proteína para monogástricos: digestibilidade da matéria seca e escores de aminoácidos corrigidos pela digestibilidade da proteína. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 7, p. 2557-2563, 2018.

SUWIGNYO B, Mustika A, Kustantinah L M Y and Suhartanto B. (2020). Effect of Drying Method on Physical-Chemical Characteristics and Amino Acid Content of Tropical Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Hay for Poultry Feed. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, 15 (2), 118-122.

TÔNUS, M. Manejo integrado controla cigarrinhas em pastagens. **Balde Branco**, n. 421, p. 38-45, 1999.

TUFARELLI, Vincenzo; RAGNI, Marco; LAUDADIO, Vito. Forragem alimentar em aves: uma alternativa promissora para o futuro dos sistemas de produção. **Agricultura**, v. 8, n. 6, p. 81, 2018.

UNDERWOOD, Greg; ANDREWS, Daniel; PHUNG, Tin. Avanços na seleção genética e na prática de melhoramento melhoram o bem-estar de galinhas poedeiras comerciais. **Animal Production Science**, v. 61, n. 10, p. 856-866, 2021.

VAN DER KLIS, A. VAN VOORST, C. Van Cruyningen. Efeito de um polissacarídeo solúvel (carboximetilcelulose) nas condições físico-químicas do trato gastrointestinal de frangos de corte. **Poult. Ciência**, 34 (1993), pp. 971 – 983.

VAN DER KLIS, A. VAN VOORST. Efeito da carboximetilcelulose (um polissacarídeo solúvel) na taxa de excreção de marcadores do trato gastrointestinal de frangos de corte. **Aves. Ciência**, 72 (1993), pp. 503 – 512.

VIDOR, M. Â.; JACQUES, A. V. Reaction of a pasture oversown with cold-season legumes to cutting and grazing. 1. Availability of dry matter, digestible organic matter and crude protein. 1998.

WHITEHEAD, M. **The concepts and principles of equity and and health**. Copenhagen, 2000.

WHITING, IM et al. Disponibilidade de nutrientes de diferentes lotes de grãos secos de destilaria de trigo com solúveis com e sem enzimas exógenas para frangos de corte. **Poultry Science**, v. 96, n. 3, p. 574-580, 2017.

WIGGERING, Hubert et al. **Fórum de especialistas em leguminosas**. 2012.

WILKINS, RJ; JONES, R. Fontes alternativas de proteína cultivadas em casa para ruminantes no Reino Unido. **Animal Feed Science and Technology**, v. 85, n. 1-2, p. 23-32, 2000.

## 5 Digestibilidade de leguminosas com e sem adição de complexo enzimático em dietas de poedeiras semipesadas

### 5.1 RESUMO

A busca por ingredientes alternativos na formulação de dietas para aves visa reduzir custos e promover a sustentabilidade na avicultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar a digestibilidade de três leguminosas forrageiras: trevo (branco e vermelho), cornichão e alfafa, com e sem a adição de complexo enzimático, em dietas para poedeiras semipesadas. Foram utilizadas 112 aves da linhagem Hisex Brown, com peso médio de 1,520 kg  $\pm$  3%, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2 (dietas x enzima), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições e duas aves por unidade experimental. As leguminosas foram incluídas nas dietas em nível de 10%. O experimento teve duração de nove dias, sendo cinco de adaptação e quatro de coleta total de excretas. Foram avaliados os valores bromatológicos, a energia metabolizável aparente (EMA e EMAn) e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). Os resultados demonstraram que o trevo apresentou os maiores valores de EMA (1967,6 kcal/kg) e EMAn (1900,1 kcal/kg), com desempenho superior mesmo sem a adição de enzimas, evidenciando seu potencial como alternativa viável na alimentação de poedeiras semipesadas.

**Palavras-chave:** Alimentação, Ensaio de digestibilidade, Fibras, Forrageiras , Metabolizabilidade.

## 5.2 ABSTARCT

The search for alternative ingredients in the formulation of poultry diets aims to reduce costs and promote sustainability in poultry farming. This study aimed to evaluate the digestibility of three forage legumes: clover (white and red), birdsfoot trefoil and alfalfa, with and without the addition of an enzyme complex, in diets for semi-heavy laying hens. A total of 112 birds of the Hisex Brown lineage, with an average weight of  $1.520 \text{ kg} \pm 3\%$ , were used and distributed in a completely randomized design, in a  $5 \times 2$  factorial scheme (diets x enzyme), totaling 10 treatments with four replicates and two birds per experimental unit. Legumes were included in the diets at a level of 10%. The experiment lasted nine days, five of which were for adaptation and four for total excreta collection. The bromatological values, apparent metabolizable energy (AME and AMEn) and apparent digestibility coefficients of dry matter (DM), gross energy (GE), ether extract (EE), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid (ADF) were evaluated. The results showed that clover presented the highest values of AME (1967.6 kcal/kg) and AMEn (1900.1 kcal/kg), with superior performance even without the addition of enzymes, evidencing its potential as a viable alternative in the feeding of semi-heavy laying hens.

**Keywords:** Digestibility test, Feeding, Fibers, Forage, Metabolizability.

### 5.3 INTRODUÇÃO

Estudos indicam que a inclusão de fibras alimentares solúveis na dieta de aves eleva a viscosidade da digesta, aumenta o tempo de retenção no trato digestório e tem impactos prejudiciais na digestibilidade dos nutrientes e na produtividade (Van Der & Van Voorst, 1993; Van Der et al., 1993; Saki et al., 2011). As peculiaridades nas propriedades químicas e estruturais das fibras alimentares afetam os processos digestivos e a capacidade de digerir os nutrientes da alimentação, resultando em efeitos nocivos ou benéficos para os animais (Bach Knudsen., 1997).

A preferência por produtos de origem orgânica na avicultura vem demonstrando crescimento nos últimos anos, devido a consumidores compartilharem de opiniões que produtos e subprodutos orgânicos são melhores do que os não orgânicos (Miao et al., 2005). O objetivo da agricultura orgânica é criar sistemas de produção economicamente e ambientalmente sustentáveis (Rigby., 2001). Na avicultura orgânica, a nutrição desempenha um papel vital, pois as necessidades alimentares das aves diferem muito das dos ruminantes (Berg., 2002). As aves são particularmente sensíveis à qualidade de sua ração, pois crescem rapidamente e normalmente consomem muito pouca ração fibrosa volumosa, como pasto ou feno (Castellini., 2006).

Embora as leguminosas contenham muitos nutrientes benéficos como as proteínas, carboidratos e vitaminas, também contém abundância em fibras e outros componentes que afetam negativamente a digestibilidade. Tornando o uso cotidiano de leguminosas em dietas de monogástricos um desafio (Nagy et al., 1978). Porém com o avanço da biotecnologia alimentar pode ocorrer o aumento na utilização de alimentos com maiores níveis de fibras na dieta de monogástricos (Attia et al., 1998)

Enzimas não produzidas pelas aves, são sugeridas para serem suplementadas na dieta. A utilização de enzimas favorece a digestibilidade e a utilização dos nutrientes pelas aves, diminuindo a excreção via excrementos (Moghaddam et al., 2015; Abd El-Hack et al., 2017; Berwanger et al., 2017; Rehman et al., (2017).

## 5.4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Produção Animal e Alimentos do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Lages. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina – CETEA, sob o protocolo nº 6320300424.

Foram utilizadas 112 poedeiras semipesadas da linhagem Hisex Brown, com idade inicial de 73 semanas. As aves foram pesadas individualmente (1,520 kg  $\pm$  3%) e distribuídas em 10 tratamentos, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 5 x 2 (dietas x enzima), com 4 repetições e 2 aves por unidade experimental. Nas dietas isenta e isenta com enzima, foram utilizadas 4 aves por unidade experimental.

Para a condução do experimento, foram elaboradas 10 dietas experimentais: isenta, isenta com enzima, basal, basal com enzima, ração com trevo, ração com trevo e enzima, ração com cornichão, ração com cornichão e enzima, ração com feno de alfafa e ração com feno de alfafa e enzima. As forrageiras leguminosas (coletadas de novembro a junho no território do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Lages, cedidas de experimentos realizados pelo núcleo de pesquisa em pastagens) foram secas, moídas e inclusas nos respectivos tratamentos na proporção de 10% da dieta. As aves passaram por um período de adaptação de quatro semanas antes da realização do ensaio de digestibilidade, submetidas a dietas contendo forrageiras leguminosas com inclusão em 10%.

A composição nutricional das dietas está apresentada na Tabela 1, formulada conforme as recomendações de Rostagno et al. (2017). A dieta isenta de proteínas foi utilizada para determinar a perda endógena desse nutriente pelas aves, e na obtenção dos valores de proteína bruta verdadeira. As dietas experimentais foram formuladas com espaço reserva para a inclusão de ingrediente inerte (caulim) ou para adição do complexo enzimático, composto por Alfa-Amilase (400 U), Beta-Glucanase (700 U), 6-Fitase (1.100 FTU), Celulase (6.000 U), Xilanase (10.000 U) e Protease (700 U) por grama de produto (Endopower Gama, Uniquímica).

Tabela 1 - Composição nutricional e calculada das dietas experimentais.

	Isenta Proteína	Dieta basal
Ingredientes, g/kg		
Milho		64,82
Amido	74,90	-
Farelo de soja	-	22,25
Calcário calcítico (34% Ca)	9,03	9,20
Fosfato bicálcico	1,72	1,12
Açúcar	5,40	-
Cloreto de sódio	0,45	0,39
Óleo de soja	-	1,65
DL-metionina	-	0,17
Lisina	-	0,05
Premix <sup>1</sup>	0,40	0,30
Caulim/Enzima <sup>2</sup>	8,10	0,05
Leguminosas	-	-
Total (kg)	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Composição nutricional calculada</b>		
EMA, kcal/kg	2640	2839
Proteína bruta, g/kg	0	14,88
Cálcio, g/kg	3,78	3,81
Sódio, g/kg	0,17	0,17
Fósforo disponível, g/kg	0,41	0,38
Lisina total, g/kg	0	0,80
Metionina total, g/kg	0	0,16

<sup>1</sup> Alfa-Amilase 400 U; Beta-Glucanase 700 U; 6-Fitase 1.100 FTU; Celulase 6.000 U; Xilanase 10.000 U e Protease 700 U.

<sup>2</sup> Suplemento vitamínico e mineral contendo por kg: Bacitracina de Zinco – 9333,34 mg, Fitase (mín) - 100000,00 UI, Metionina (mín) - 123,40 g, Ác. Fólico (mín) - 99,90 mg, Biotina (mín) - 6,66 mg, Cobre (mín) – 2.998, 80 mg, Colina (mín) – 55,33 g, Ferro (mín) – 16.66 g, Iodo (mín) – 333,20 mg, Ác. Pantotênico (mín) – 1831,50 mg, Manganês (mín) – 24,34 g, Niacina (mín) – 994,00 mg, Selênio (mín) - 99,90 mg, Vit. A (mín) – 2797200,00 UI, Vit. B1 (mín) – 283,05 mg, Vit. B12 (mín) – 2331,00 mcg, Vit. B2 (mín) - 999,00 mg, Vit. D3 (mín) – 932400,00 UI, Vit. E (mín) – 1998,00 UI, Vit. K3 (mín) – 399,60 mg, Zinco (mín) – 23,32 g.

Tabela 2 - Composição analisada das dietas experimentais.

<b>Item, %</b>	<b>Dieta isenta</b>	<b>Dieta basal</b>	<b>Dieta basal + cornichão</b>	<b>Dieta basal + trevo</b>	<b>Dieta basal + alfafa</b>
<b>MS</b>	92,93	90,89	90,90	91,06	91,20
<b>PB</b>	-	23,95	24,15	25,27	24,70
<b>EE</b>	-	7,87	11,56	7,57	6,12
<b>FDN</b>	-	19,82	25,03	25,90	23,77
<b>FDA</b>	-	2,35	3,81	3,58	4,15
<b>CINZAS</b>	19,08	16,42	15,05	13,91	14,38
<b>EB, Kcal/kg</b>	3203	3925	3885	3996	40008

Tabela 3 - Composição analisada das leguminosas na matéria seca

<b>Item, %</b>	<b>Cornichão</b>	<b>Trevo</b>	<b>Alfafa</b>
<b>MS</b>	90,78	89,72	97,01
<b>PB</b>	31,98	33,02	27,95
<b>EE</b>	4,56	5,24	3,17
<b>FDN</b>	33,26	28,02	31,36
<b>FDA</b>	17,66	13,31	17,09
<b>CINZAS</b>	9,31	10,49	10,47
<b>EB, Kcal/kg</b>	4768	4426	4472

O período experimental teve duração de nove dias, os cinco primeiros dias foram de adaptação às dietas experimentais e quatro dias para a coleta total de excretas. A coleta foi realizada nos períodos matutino (8h) e vespertino (15h). As amostras foram pesadas, armazenadas em freezer a -18°C e posteriormente secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, foram moídas em moinho tipo faca com granulometria de 1 mm e submetidas a análises laboratoriais.

As análises laboratoriais foram realizadas em duplicata. Os valores de matéria seca (MS) foram obtidos após secagem em estufa a 105°C (AOAC 934.01, 1995). A proteína bruta (PB) foi determinada pelo equipamento Leco (AOAC 990.03, 1995). A energia bruta (EB) foi mensurada em bomba calorimétrica (IKA C 200). O extrato etéreo (EE) foi analisado por destilação com éter de petróleo (AOAC 942.05, 1995). A matéria mineral (MM) foi determinada após combustão em mufla a 550°C (AOAC 2000). As fibras em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisadas pelo equipamento ANKOM A200 (Tecnoglobo).

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) foram calculados pela equação de Matterson et al. (1965) (Equação 1). A energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) foi determinada conforme Hill & Anderson (1965), utilizando o fator de correção de 8,22 kcal/g de N retido (Equação 2).

$$EMA = \frac{EB \text{ ing} - EB \text{ exc}}{MS \text{ ing}} \quad \text{Equação 1,}$$

Onde:

EBing = Energia bruta ingerida (MS ingerida x EB da dieta);

EBexc = Energia bruta excretada (MS excretada x EB das excretas);

MSing = Matéria seca ingerida;

$$EMAn = \frac{EB \text{ ing} - EB \text{ exc} - 8,22 \times BN}{MS \text{ ing}} \quad \text{Equação 2,}$$

BN = Balanço de Nitrogênio (N ingerido - N excretado).

Para obtenção dos valores de EMA dos alimentos foi calculado conforme as Equações 3, (Sakomura & Rostagno, 2016).

$$EMA \text{ alimento} = \frac{EMA \text{ ref} + EMA \text{ teste} - EMA \text{ ref}}{g \text{ Alimento} / g \text{ Ração}} \quad \text{Equação 3,}$$

Os coeficientes de metabolizabilidade da MS, PB, EE, FB, FDN, FDA, EMA e EMAn foram calculados conforme Sakomura & Rostagno (2016), utilizando as Equações 4 e 5:

$$\text{nutriente digerido ração} = \frac{(\text{nutriente ing} + \text{nutriente exc}) \times 100}{\text{MS ing}} \quad \text{Equação 4,}$$

*MS – Matéria seca.*

*CM – Coeficiente de Metabolizabilidade.*

$$\text{alimento dig.} = \text{alimento dig. ref} + \frac{(\text{alimento dig. teste} - \text{alimento dig ref})}{\text{g alimento} / \text{g ração}} \quad \text{Equação 5,}$$

*Alimento dig - Alimento digerido.*

O CM da proteína bruta aparente verdadeira foi obtida a partir do uso da dieta isenta de proteínas para determinação da perda endógena da proteína bruta, e foi determinada conforme a Equação 6, de acordo com Sakomura & Rostagno, (2016).

$$\text{CMPBav} = \frac{\text{PB ing} - (\text{PB exc} - \text{PB endógeno}) \times 100}{\text{PB ing}} \quad \text{Equação 6,}$$

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) de duas vias, considerando os fatores leguminosas e adição de enzimas. O teste de normalidade dos resíduos foi realizado pelo teste de Shapiro-Wilk. Quando identificadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), aplicou-se o teste de Tukey. Para interações significativas, utilizou-se a comparação de médias de Sidak. As análises estatísticas foram conduzidas no software SPSS Statistics, versão 27.0 ( $P < 0,05$ ).

## 5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de energia metabolizável aparente e digestibilidade dos nutrientes das leguminosas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de EMA, EMAn e Coeficiente de Metabolizabilidade da MS, Energia, PB, PBcorrigida, Cinzas, FDN, FDA e GB de leguminosas com a utilização de enzimas para poedeiras.

Item	Leguminosas (L)			Enzima (E)		EPM <sup>1</sup>	Valor - P		
	Cornichão	Trevo	Alfafa	Sem	Com		L	E	L x E
<b>EMA, kcal/kg</b>	1533,1 <sup>b</sup>	1967,6 <sup>a</sup>	1,649,5 <sup>b</sup>	1624,7	1808,8	53,91	<,001	,010	,029
<b>EMAn, kcal/kg</b>	1474,5 <sup>b</sup>	1900,1 <sup>a</sup>	1586,3 <sup>b</sup>	1559,7	1747,7	54,03	<,001	,008	,031
<b>Coeficiente de metabolizabilidade (%)</b>									
<b>MS</b>	38,86	39,79	36,38	37,89	38,80	1,24	,538	,726	,343
<b>Energia</b>	32,15 <sup>c</sup>	44,45 <sup>a</sup>	36,88 <sup>b</sup>	35,86	39,80	1,36	<,001	,011	,032
<b>PB</b>	20,83 <sup>b</sup>	41,79 <sup>a</sup>	21,59 <sup>b</sup>	27,47	28,68	2,49	<,001	,696	,587
<b>PB corrigida</b>	20,67 <sup>b</sup>	41,69 <sup>a</sup>	21,47 <sup>b</sup>	27,32	28,56	2,51	<,001	,690	,583
<b>Cinzas</b>	49,17	36,62	41,99	37,46	47,72	2,57	,112	,039	,734
<b>FDN</b>	50,69	60,32	56,96	54,93	57,06	2,16	,175	,608	,180
<b>FDA</b>	9,01 <sup>b</sup>	13,02 <sup>a</sup>	10,88 <sup>ab</sup>	10,40	11,54	0,57	,012	,256	,854
<b>GB</b>	36,42	40,27	36,49	36,79	38,66	1,92	,696	,660	,858

<sup>a-c</sup>As médias em cada linha para cada fator com sobrescritos diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Cinzas – Resíduo mineral total.

EMAc – Energia Metabolizável Aparente corrigida para balanço de nitrogênio.

EMA – Energia Metabolizável Aparente

<sup>1</sup>EPM – Erro padrão da média.

FDA – Fibra em Detergente Ácido.

FDN – Fibra em Detergente Neutro.

GB – Gordura Bruta.

MS – Matéria Seca.

PB – Proteína Bruta.

PBcorrigida – Proteína Bruta corrigida.

A avaliação bromatológica com base na matéria seca (MS) constitui uma prática essencial na nutrição animal, sobretudo na avicultura, por proporcionar

maior acurácia na quantificação dos nutrientes efetivamente disponíveis para as aves. Os ingredientes utilizados na formulação de dietas apresentam teores variáveis de umidade, o que pode comprometer a estimativa precisa dos reais conteúdos de energia, minerais e demais nutrientes quando esses são expressos com base na matéria natural (Sakomura & Rostagno., 2016).

A utilização da base seca na análise bromatológica possibilita a eliminação da interferência da umidade, favorecendo a padronização dos resultados e permitindo comparações mais consistentes entre diferentes alimentos ou tratamentos. Tal uniformidade torna-se particularmente importante em estudos de digestibilidade, nos quais flutuações no teor de água podem alterar de forma significativa os coeficientes calculados (Rostagno et al., 2017).

Além do mais, a análise em base seca proporciona maior precisão na formulação das dietas, ao considerar unicamente a fração sólida dos ingredientes, onde estão concentrados os nutrientes biodisponíveis. Essa abordagem contribui para um balanceamento mais preciso da ração, resultando na redução de desperdícios e na melhoria do desempenho zootécnico das aves (Furlan & Macari., 2002).

Bellaver (2005) destaca que expressar os resultados com base na matéria seca é fundamental para assegurar a consistência entre análises realizadas em diferentes laboratórios e estudos científicos, uma vez que o teor de umidade dos ingredientes pode sofrer variações ao longo do tempo, em função do tipo de processamento e das condições de armazenamento.

Assim, a utilização da base seca na expressão dos resultados analíticos configura-se como um requisito técnico e científico essencial nas avaliações nutricionais, sendo amplamente aplicada em estudos acadêmicos.

A energia metabolizável aparente (EMA) representa a fração da energia contida na ração que é efetivamente aproveitada pelas aves para a realização de processos fisiológicos relacionados à manutenção, ao crescimento e à produção de ovos. Os valores de EMA e de energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio (EMAn) apresentaram variações estatisticamente significativas entre as leguminosas avaliadas. O trevo demonstrou superioridade ( $P < 0,05$ ) em relação ao cornichão e à alfafa, os quais, por sua vez, não diferiram significativamente entre si (Tabela 5).

Tabela 5 - Desdobramento da interação entre as leguminosas e a enzima para a EMA.

Enzima	EMA		
	Cornichão	Trevo	Alfafa
Sem	1345,6 <sup>Bb</sup>	2002,9 <sup>a</sup>	1525,6 <sup>Bb</sup>
Com	1720,6 <sup>A</sup>	1932,4	1773,4 <sup>A</sup>

<sup>a-b</sup> As médias em cada linha para cada fator com sobrescritos diferentes diferem significativamente pelo teste de Sidak ( $P < 0,05$ ).

<sup>A-B</sup> As médias em cada coluna para cada fator com sobrescritos diferentes diferem significativamente pelo teste de Sidak ( $P < 0,05$ ).

A superioridade observada nos valores de EMA do trevo pode estar associada a características morfoanatômicas intrínsecas da espécie, as quais influenciam diretamente a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, o aproveitamento energético pelas aves. Resultados semelhantes foram reportados por Gierus et al. (2016), que identificaram maior digestibilidade no trevo-vermelho (*Trifolium pratense* L.) em relação a outras cinco espécies de leguminosas, atribuindo esse desempenho aos menores teores de fibra insolúvel e à composição estrutural mais favorável à degradação ruminal. De acordo com Soares et al. (2005), a idade das aves, o tipo do alimento, a composição química, o nível de inclusão do alimento e fatores antinutricionais podem afetar os valores de energia metabolizável, interferindo na eficiência digestiva das aves.

A Tabela 5 apresenta o desdobramento da interação entre as leguminosas e a adição de enzimas sobre a EMA. O aumento nos valores de EMA, de 1345,6 para 1720,6 no cornichão e de 1525,6 para 1773,4 na alfafa, apresentou diferenças estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ). A análise dessa interação é fundamental para compreender os impactos da suplementação enzimática no aproveitamento energético das leguminosas. Cowieson et al. (2019) avaliaram diferentes espécies de leguminosas submetidas à suplementação com enzimas exógenas na alimentação animal. A inclusão de protease exógena favoreceu o aumento nos valores de EMA, sendo esse efeito mais pronunciado em algumas espécies em comparação a outras.

A ação da enzima torna-se dependente da composição nutricional da leguminosa, existindo correlação principalmente com os teores de fibras contidos na espécie, influenciando os valores de EMA obtidos (Nalle et al., 2010; Kaczmarek et al., 2014). De acordo com os dados de Café et al. (2012), a inclusão de um complexo enzimático multifuncional (composto por xilanases, proteases e amilases) na dieta de aves resultou em um aumento no ganho de peso e em maior disponibilidade de energia líquida, em comparação ao grupo que não recebeu a adição de enzimas.

A correção com base no balanço de nitrogênio (N) visa reduzir as variações nos valores de EMA dos alimentos. Hill e Anderson (1958) propuseram a padronização dos valores de EMA para um balanço de N igual a zero, utilizando um fator de correção de 8,22 kcal/g de N retido ou excretado. Os valores obtidos após a correção pelo balanço de N estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Desdobramento da interação entre as leguminosas e a enzima para a EMAn.

Enzima	EMAn		
	Cornichão	Trevo	Alfafa
Sem	1289,0 <sup>Bb</sup>	1930,3 <sup>a</sup>	1459,9 <sup>Bb</sup>
Com	1660,1 <sup>A</sup>	1870,0	1712,8 <sup>A</sup>

<sup>a-b</sup> As médias em cada linha para cada fator com sobrescritos diferentes diferem significativamente pelo teste de Sidak ( $P < 0,05$ ).

<sup>A-B</sup> As médias em cada coluna para cada fator com sobrescritos diferentes diferem significativamente pelo teste de Sidak ( $P < 0,05$ ).

As diferenças estatísticas significativas ( $P < 0,05$ ) presentes na Tabela 6 são as mesmas observadas na EMA. O fator de correção de N foi realizado na redução dos valores de EMA obtidos, correção de importância na avaliação de alimentos, por quantificar a parte dos compostos nitrogenados catabolizados e excretados em forma de ácido úrico pelas aves. A energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) constitui o método mais amplamente empregado na determinação do valor energético de ingredientes para aves, uma vez que incorpora a correção da energia excretada em função

do nitrogênio retido, permitindo maior acurácia e padronização dos resultados entre dietas com distintos teores proteicos (Sakomura & Rostagno., 2016).

A Tabela 7 apresenta o desdobramento das interações entre as leguminosas e o uso de enzimas exógenas sob o coeficiente de metabolizabilidade da energia (CME). Os valores CME refletem a eficiência energética das leguminosas avaliadas. O trevo demonstrou-se superior em relação ao cornichão e alfafa, apresentando valores de 45,25 e 43,65, sem e com utilização de enzimas, respectivamente.

Tabela 7 - Desdobramento da interação entre as leguminosas e a enzima para o CM da energia.

Enzima	Energia		
	Cornichão	Trevo	Alfafa
Sem	28,22 <sup>Bb</sup>	45,25 <sup>a</sup>	34,11 <sup>Bb</sup>
Com	36,09 <sup>Ab</sup>	43,65 <sup>a</sup>	39,65 <sup>Aab</sup>

<sup>a-b</sup> As médias em cada linha para cada fator com sobrescritos diferentes diferem significativamente pelo teste de Sidak ( $P < 0,05$ ).

<sup>A-B</sup> As médias em cada coluna para cada fator com sobrescritos diferentes diferem significativamente pelo teste de Sidak ( $P < 0,05$ ).

Os coeficientes de metabolizabilidade são obtidos com base nos valores de energia metabolizável (EM) e energia bruta (EB) dos ingredientes. Fatores como o método de coleta, o nível alimentar e a inclusão do alimento na dieta podem influenciar significativamente a digestibilidade da energia e dos nutrientes. Embora os dados sobre a digestibilidade de leguminosas em aves ainda sejam limitados, Hoischen-Taubner & Sundrum (2016) avaliaram a digestibilidade da proteína bruta da massa foliar de alfafa e trevo vermelho em frangos de corte, utilizando metodologia *in vitro*. Os resultados demonstraram teores favoráveis de aminoácidos essenciais e uma digestibilidade significativamente superior da proteína bruta, especialmente quando a massa foliar foi separada da massa do caule, elevando assim o valor nutricional dos alimentos analisados.

A determinação da digestibilidade de proteínas em aves é dificultada por aspectos anatômicos dessas espécies, que não permitem a separação entre urina e fezes, comprometendo a coleta e a análise precisa das excretas

(Ackerson et al., 1929). Rotter et al. (1989) demonstraram que os valores aparentes de digestibilidade proteica, quando corrigidos para o conteúdo de ácido úrico, apresentam grande proximidade com a digestibilidade dos aminoácidos, configurando-se como um método prático e confiável de estimativa. Já as perdas endógenas de aminoácidos, fundamentais para o cálculo dos coeficientes reais de digestibilidade, podem ser determinadas por meio de diferentes abordagens, como o uso de dietas isentas de nitrogênio, análises de regressão ou ensaios com jejum, conforme descrito por Siriwan et al. (1993).

Em aves, a principal forma de obtenção de aminoácidos ocorre por meio das proteínas dietéticas, que são hidrolisadas ao longo do trato gastrointestinal. Para determinar a digestibilidade desses aminoácidos, dois métodos de coleta de excretas são comumente empregados: a coleta ileal e a coleta total. Ambos apresentam particularidades metodológicas, com vantagens e limitações em relação à precisão dos dados obtidos. Nesse contexto, Ravindran et al. (1999) compararam os métodos de coleta total e ileal na determinação da digestibilidade de aminoácidos em frangos de corte com 35 dias de idade. Ao avaliarem o farelo de girassol, observaram teores de lisina (Lys) de 1,19% no valor total, 0,82% utilizando o método ileal e 0,78% pelo método de coleta total, evidenciando diferenças nos coeficientes de digestibilidade da lisina entre os métodos aplicados.

Reduções no percentual de coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta (CMPB) após a digestão em aves já foram observadas em decorrência da presença de frações não proteicas nas fontes utilizadas, além de teores elevados de fibra e fatores antinutricionais, que interferem na digestibilidade dos nutrientes (Smits & Annison, 1996; Vadivel & Pugalenthi, 2010). A proteína bruta corrigida considera apenas a fração efetivamente disponível para o metabolismo do animal, sendo utilizada nas funções de crescimento, manutenção e produção. No presente estudo, foram identificadas diferenças estatisticamente significativas na digestibilidade da proteína bruta corrigida do trevo vermelho ( $P < 0,001$ ), que apresentou maior eficiência no aproveitamento da proteína em comparação ao cornichão e à alfafa ( $P > 0,005$ ). Tal desempenho pode estar relacionado à composição da parede celular, à presença de compostos antinutricionais e à estrutura física da matriz vegetal, que dificultam o acesso

enzimático à proteína (Ravindran & Bryden, 1999). Além disso, o nível de lignificação e o tipo de carboidratos de difícil fermentação presentes em algumas espécies podem impactar negativamente o aproveitamento proteico, sobretudo em aves (Parsons et al., 1992).

Do ponto de vista prático, o uso de leguminosas como fontes alternativas de proteína na formulação de rações para aves pode contribuir significativamente para a redução da dependência de ingredientes convencionais, como o farelo de soja. Entre as leguminosas avaliadas, o trevo vermelho demonstrou o maior potencial em termos de digestibilidade da proteína bruta corrigida, o que o torna uma opção promissora para inclusão em dietas de aves, especialmente em sistemas de produção que valorizam insumos locais ou orgânicos. A alfafa, embora apresente teores consideráveis de proteína, pode ter seu valor nutricional limitado pela maior presença de fibra e compostos antinutricionais, como saponinas e taninos, que afetam negativamente a digestibilidade (Leeson & Summers., 2001). Já o cornichão, apesar de menos explorado na avicultura, apresentou desempenho intermediário, sugerindo a necessidade de estudos complementares que avaliem não apenas sua digestibilidade, mas também seus efeitos no desempenho zootécnico e na saúde intestinal das aves.

Estudos de Gonzalez-Alvarado et al. (2007) evidenciaram que a fibra alimentar, quando fornecida em quantidades adequadas, é essencial para o desempenho de diversas funções fisiológicas intestinais nas aves. O mecanismo de ação da fibra no trato gastrointestinal é influenciado por fatores como a estrutura química do alimento, o tamanho das partículas e a quantidade ingerida, conforme observado por Hetland et al. (2001), Adibmoradi et al. (2007) e Gonzalez-Alvarado et al. (2007).

De acordo com o método utilizado para a determinação da fibra alimentar, esta pode ser classificada em fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). A FDN é composta por celulose, hemicelulose e lignina, sendo extraída por meio de uma solução de detergente neutro. Já a FDA é obtida com o uso de solução de detergente ácido e compreende apenas celulose e lignina (McDonald et al., 2002). A quantidade e o tipo de fibra presente na dieta influenciam diretamente o tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal, a atividade enzimática e,

consequentemente, a digestibilidade dos nutrientes (Hetland et al., 2003). Estudos indicam que níveis moderados de FDN, especialmente oriundos de leguminosas como a alfafa, podem promover efeitos benéficos sobre a morfologia intestinal, como o aumento da altura das vilosidades e melhor absorção de nutrientes (Gonzalez-Alvarado et al., 2007). No entanto, altos teores de FDA ou o aumento da lignificação da parede celular podem comprometer a digestibilidade, reduzindo a disponibilidade de proteína e energia para as aves (Svihus., 2011). Assim, o equilíbrio entre as frações fibrosas da dieta é essencial para o bom desempenho zootécnico e a saúde intestinal das aves.

Em relação à fibra em detergente ácido (FDA), observou-se que o cornichão apresentou o menor valor médio (9,01%), diferindo estatisticamente das demais leguminosas avaliadas ( $P < 0,05$ ). O trevo vermelho obteve o maior teor (13,02%), enquanto a alfafa apresentou valor intermediário (10,28%), não diferindo significativamente do trevo. A maior proporção de FDA no trevo pode estar associada à sua maior lignificação, dificultando o acesso enzimático aos nutrientes e, consequentemente, limitando a biodisponibilidade. Por outro lado, a adição de enzimas exógenas, embora tenha mostrado efeito significativo sobre a energia metabolizável aparente (EMA), não influenciou significativamente os teores de FDA ( $P > 0,05$ ), indicando que a quebra de ligações estruturais da parede celular ainda representa um desafio na digestão de fibras mais complexas em monogástricos.

## 5.6 CONCLUSÃO

As leguminosas trevos, cornichão e alfafa apresentaram potencial como ingredientes alternativos na alimentação de poedeiras semipesadas. O trevo destacou-se pelos maiores valores de EMA e EMAn, mesmo sem a adição de enzimas, evidenciando elevada digestibilidade e aproveitamento energético. A inclusão do complexo enzimático melhorou significativamente os coeficientes energéticos do cornichão e da alfafa, especialmente em dietas com maior teor de fibra. No entanto, não foram observadas melhorias na digestibilidade das frações fibrosas. Assim, o trevo configura-se como a leguminosa mais eficiente, podendo ser utilizado sem suplementação enzimática.

## REFERÊNCIAS

ABD EL-HACK, Mohamed E. et al. Dietary inclusion of raw faba bean instead of soybean meal and enzyme supplementation in laying hens: effect on performance and egg quality. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 2, p. 276–285, 2017.

ACKERSON, C. W.; BLISH, M. J.; MUSSEHL, F. E. A study of the comparative efficiency of various proteins in poultry feeding. **Poultry Science**, v. 9, n. 2, p. 112–132, 11 dez. 2019.

ADIBMORADI, M.; NAVIDSHAD, B.; JAHROMI, M. F. The effect of moderate levels of finely ground insoluble fibre on small intestine morphology, nutrient digestibility and performance of broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15, p. 310–317, 2016.

ATTIA, Y. A.; AL-HANOUN, A.; TAG EL-DIN, A. E. Utilization of agricultural by-products in broiler diets. **Archiv für Geflügelkunde**, v. 62, n. 3, p. 128–135, 1998.

BACH-KNUDSEN, K. E. Conteúdo de carboidratos e lignina em materiais vegetais utilizados na alimentação animal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 67, p. 319–338, 1997.

BELLAVER, C. Importância do uso de matéria seca na formulação de rações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 267–272, 2005.

BERG, C. Saúde e bem-estar na produção avícola orgânica. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 43, p. S37, 2002.

BERWANGER, Eveline et al. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de torta de girassol. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 201–212, 2017.

CAFÉ, Marcos Barcellos et al. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte em diferentes idades sob ambiente termoneutro. **World's Poultry Science Journal**, v. 5, n. 9, p. 143–146, 2012.

CASTELLINI, C. et al. Sustentabilidade da produção avícola usando a abordagem emergética: comparação de sistemas de criação convencionais e orgânicos. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 114, p. 343–350, 2006.

COWIESON, A. J. et al. Uma protease microbiana monocomponente melhora o desempenho, a energia líquida e a digestibilidade de aminoácidos e amido, e aumenta a expressão jejunal de genes responsáveis pelo transporte de peptídeos em frangos de corte alimentados com dietas à base de milho/trigo suplementadas com xilanase e fitase. *Poultry Science*, v. 98, p. 1321–1332, 2019.

FURLAN, A. C.; MACARI, M. Nutrição de poedeiras comerciais. In: MACARI, M.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Funep, 2002.

GHAFFARI-MOGHADDAM, Mansour et al. Enzymatic processes in alternative reaction media: a mini review. **Journal of Biological Methods**, v. 2, n. 3, p. e25–e25, 2015.

GIERUS, Martin et al. Usando métodos in vitro para estimar o conteúdo de energia metabolizável de cinco vegetais forrageiros colhidos sob diferentes sistemas de desfolha. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, v. 67, n. 3, 2016.

GONZALEZ-ALVARADO, J. M. et al. Effect of fiber sources on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 132, p. 89–100, 2007.

HETLAND, H.; CHOCT, MINGAN; SVIHUS, B. Papel dos polissacarídeos não amiláceos insolúveis na nutrição avícola. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 4, p. 415–422, 2004.

HETLAND, H.; SVIHUS, B. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 42, p. 633–637, 2001.

HILL, F. W.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. 1958.

HOISCHEN-TAUBNER, S.; SUNDRUM, A. Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne und Perserklee. **Schlussbericht BOLN-Projekt**, FKZ 11OE055, Witzenhausen, Germany, 2016. Disponível em: <http://orgprints.org/30426/>.

KACZMAREK, S. A. et al. O valor nutricional do tremço de folhas estreitas (*Lupinus Angustifolius*) para frangos de corte. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 23, p. 160–166, 2014.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4. ed. Guelph: University Books, 2001.

MCDONALD, P. et al. **Animal nutrition**. 6. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2002. 693 p.

MIAO, Z. H.; GLATZ, P. C.; RU, Y. J. Produção de aves caipiras — uma revisão. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, p. 113–132, 2005.

NAGY, P.; SMITH, M. W.; HOLMES, J. H. G. The effect of dietary fibre on nutrient absorption in the chick. **British Journal of Nutrition**, v. 40, p. 333–341, 1978.

NALLE, C. L.; RAVINDRAN, G.; RAVINDRAN, V. Influência do descasque na energia metabolizável aparente e na digestibilidade de aminoácidos ileais de

leguminosas de grãos para frangos de corte. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 1227–1231, 2010.

PARSONS, C. M.; ZHANG, Y.; ARIAS, V. Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content. **Poultry Science**, v. 71, n. 9, p. 1573–1579, 1992.

RAVINDRAN, V. et al. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. **British Poultry Science**, v. 40, n. 2, p. 266–274, 1999.

REHMAN, Ramla et al. Papel catalítico de metaloproteases termoestáveis de *Bacillus subtilis* KT004404 como agente depilatório e descolorante. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 181, p. 434–450, 2017.

RIGBY, D.; CÁCERES, D. Agricultura orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. **Agricultural Systems**, v. 68, p. 21–40, 2001.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.

ROTTER, B. A. et al. Estimation of apparent protein digestibility using uric acid-corrected nitrogen values in poultry excreta. **Poultry Science**, v. 68, n. 2, p. 327–329, 1989.

SAKI, A. A. et al. Várias proporções de pectina para celulose afetam a morfologia intestinal, a quantificação de DNA e o desempenho de frangos de corte. **Livestock Science**, v. 139, p. 237–244, 2011.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2016. 262 p.

SMITS, Coen H. M.; ANNISON, Geoffrey. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, n. 2, p. 203–221, 1996.

SOARES, M. B. Inclusão do farelo da amêndoa da castanha de caju na ração de postura para codornas (*Coturnix coturnix japonica*). 2005. 55 f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SVIHUS, B. The role of fibre in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 173, p. 41–53, 2011.

VADIVEL, Vellingiri; PUGALENTHI, Muthiah. Estudos sobre a incorporação de mucuna-preta (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) como fonte alternativa de proteína na ração de aves e seu efeito no desempenho de crescimento de frangos de corte. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 1367–1376, 2010.

VAN DER KLIS, J. D.; VAN VOORST, A. Efeito da carboximetilcelulose (um polissacarídeo solúvel) na taxa de excreção de marcadores do trato gastrointestinal de frangos de corte. **Poultry Science**, v. 72, p. 503–512, 1993.

VAN DER KLIS, J. D.; VAN VOORST, A.; VAN CRUYNINGEN, C. Efeito de um polissacarídeo solúvel (carboximetilcelulose) nas condições físico-químicas do trato gastrointestinal de frangos de corte. **Poultry Science**, v. 34, p. 971–983, 1993.