



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Efeito da adição de zeólita natural (Clinoptilolita) em dietas sobre os parâmetros sanguíneos de poedeiras

Adrielle Carneiro de Araújo Santos

Recife – PE  
Outubro de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Efeito da adição de zeólita natural (Clinoptilolita) em dietas sobre os parâmetros sanguíneos de poedeiras

Adrielle Carneiro de Araújo Santos  
Graduando

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke  
Orientador

Recife – PE  
Outubro de 2022

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

---

- S237e Santos, Adrielle Carneiro de Araújo  
Efeito da adição de zeólita natural (Clinoptilolita) em dietas sobre os parâmetros sanguíneos de poedeiras / Adrielle Carneiro de Araújo Santos. - 2022.  
43 f. : il.
- Orientadora: Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Recife, 2022.
1. Bioquímica sérica. 2. Hematologia. 3. Aves de postura. 4. Aditivo. I. Ludke, Maria do Carmo Mohaupt Marques, orient. II. Título



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ADRIELLE CARNEIRO DE ARAÚJO SANTOS  
**Graduando**

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 07/10/2022

EXAMINADORES

---

Prof<sup>ª</sup>. Doutora Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke

---

Prof<sup>ª</sup>. Doutora Tayara Soares de Lima

---

Mestre Camila Guedes Valadares

Dedico essa monografia aos meus pais, Katia Maria Carneiro e André de Araújo Santos, que sempre me apoiaram em minhas escolhas e nunca deixaram de estar presentes em todos os meus momentos, inclusive meus estudos. Por isso, eu não estaria aqui se não fosse por vocês.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me guiar e estar presente em todas minhas escolhas, sempre ao meu lado e me dando forças em todos esses anos da minha existência.

A minha família, em especial aos meus pais, Katia e André, e meu irmão, John, por serem meu porto seguro, meu lugar de conforto e por me darem suporte ao longo da minha jornada.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, por ter me acolhido durante esses cinco anos e pela oportunidade de realizar meu curso de graduação.

Ao Departamento de Zootecnia, que me proporcionou vários momentos e oportunidades, onde conheci professores maravilhosos que agregaram conhecimentos tanto como profissional, quanto como pessoa.

Ao CNPq, pelo consentimento da bolsa de iniciação científica ao longo de 4 anos em que trabalhei com pesquisa durante a graduação.

A minha orientadora, Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, por todos os ensinamentos, paciência, explicações, suporte e acolhimento durante minha jornada como sua orientanda.

A todos os envolvidos na realização desse experimento, Rita Brito, Ercvania Rodrigues e Elton Francisco, por toda paciência e ensinamentos, a empresa Celta Brasil pela disponibilidade da zeólita e a granja Jumbo por permitir e dar suporte na realização da pesquisa.

Aos meus amigos de graduação e irmãos de coração que a zootecnia me deu, Isla, Elton, Victoria e Vitória por todas os dias e noites acordados que passamos compartilhando conhecimento, sempre se ajudando e auxiliando uns aos outros, onde não consigo imaginar minha jornada de zootecnista sem vocês. E aos amigos que conheci ao longo da graduação, Beatriz, Bruna, Giovanna e Hannah, pela amizade e por sempre estarem ao meu lado.

Ao meu namorado, Lucas Amorim, pelo companheirismo, onde sempre me ajudou nos longos anos de relacionamento, me deu conselhos e me incentiva a seguir o que eu amo.

Aos meus amigos do ensino médio, Marcos, Luiz, Lucas Francisco, por todas as risadas, piadas sem graça, julgamentos com os meus personagens e saídas para comer.

A todos os amigos e profissionais da zootecnia que me ajudaram de alguma forma nesse caminho e trajetória da minha graduação, sou grata a todos.

## **BIOGRAFIA**

Adrielle Carneiro de Araújo Santos, filha de Katia Maria Carneiro e André de Araújo Santos, nasceu em Pernambuco, na cidade de Recife, em 12 de setembro de 1997. Em 2017, ingressou no segundo semestre no curso de Bacharelado em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, no campus de Recife (UFRPE/SEDE), onde começou a desenvolver atividades dentro da graduação já no primeiro período através do Programa de Atividade de Vivência Interdisciplinar (PAVI) no setor de caprinos. No terceiro período, ingressou como voluntária no Programa de Iniciação Científica, e meses mais tarde foi contemplada com a bolsa de pesquisa, onde ficou durante o período de fevereiro de 2018 a setembro de 2022. Desenvolveu trabalhos na área de Nutrição de não-ruminantes, com frangos de corte, aves de postura e piscicultura, com ênfase em aditivos minerais. Em 2022, iniciou a elaboração do trabalho de conclusão do curso, submetendo-se a defesa da monografia para obtenção do grau Bacharel em Zootecnia.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral .....	14
2.2 Objetivos específicos .....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
3.1 Avicultura de postura: Panorama do setor no Brasil .....	14
3.2 Hematologia aviária.....	16
3.3 Bioquímica sérica na avicultura.....	20
3.4 Zeólita: Estrutura, características, funções e aplicações.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
4.1 Local do experimento e animais .....	26
4.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	26
4.3 Coleta de amostras e análise dos parâmetros sanguíneos .....	28
4.4 Análises estatísticas .....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
6. CONCLUSÃO .....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Produção brasileira de ovos em unidades entre os anos de 2010 e 2021.....	16
<b>Figura 2</b> - Estrutura de diferentes zeólitas.....	24
<b>Figura 3</b> - Efeito de diferentes níveis de zeólita (Clinoptilolita) sobre os valores absolutos de linfócitos.....	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição da ração, composição nutricional calculada e analisada, e estrutura experimental adotada com os níveis de zeólita natural (Clinoptilolita) em rações de poedeiras ISA-Brown com 54 semanas de idade.....	27
<b>Tabela 2</b> - Composição física e química da zeólita (Clinoptilolita).....	28
<b>Tabela 3</b> - Valores absolutos e relativos, médias e erro padrão das variáveis hematológicas de poedeiras semipesadas da linhagem ISA Brown alimentadas com dietas contendo diferentes nível de zeólita (Clinoptilolita) e valor de probabilidade segundo o teste F.....	30
<b>Tabela 4</b> - Valores médios e erro padrão das variáveis hematológicas de poedeiras semipesadas da linhagem ISA Brown alimentadas com dietas contendo diferentes nível de zeólita (Clinoptilolita) e valor de probabilidade segundo o teste F.....	31
<b>Tabela 5</b> - Valores médios e erro padrão das variáveis de bioquímica sérica de poedeiras semipesadas da linhagem ISA Brown alimentadas com dietas contendo diferentes nível de zeólita (Clinoptilolita) e valor de probabilidade segundo o teste F.....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AST	Aspartato aminotransferase
ALT	Alanina aminotransferase
ALP	Fosfatase alcalina
GGT	Gama glutamil transferase
TGO	Transaminase oxalacética
TGP	Transaminase glutâmico-pirúvica
VCM	Volume Corpuscular Médio
VG	Volume globular
CK	Creatina quinase
pH	Potencial hidrogeniônico
g/dL	Gramas por decilitro
mg/dL	Miligramas por decilitro
pg	Picograma
fL	Unidade de fentolitro
mm <sup>3</sup>	Milímetros cúbicos
g/cm <sup>3</sup>	Gramas por centímetro cúbico
μL	Microlitro
t	Toneladas
mEq/g	Miliequivalente por grama

## RESUMO

O trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da adição de zeólita natural (Clinoptilolita) em dietas sobre o perfil bioquímico sérico e hematológico de poedeiras. Os tratamentos consistiram em seis níveis de inclusão de zeólita, 0, 0,7; 1,4; 2,1; 2,8; 3,5%, onde todas as dietas foram isoenergéticas e isoproteicas, diferenciando somente a substituição de um inerte (areia lavada) pelo aditivo zeólita. O delineamento foi em blocos casualizados sendo 8 repetições e 5 aves por parcela totalizando em 240 poedeiras ISA-Brown a partir da 54ª semana com peso aproximado de 1,75 kg. Para a realização das análises hematológicas foi utilizado 1 ave por parcela e coletado amostras de 4ml de sangue da veia ulnar de uma das asas. As variáveis hematológicas foram: hemácias, hemoglobina, plaquetas, leucócitos, proteínas plasmáticas totais, heterófilos, linfócitos, eosinófilos e monócitos. Para avaliação dos parâmetros bioquímicos, foram coletadas de 2 aves por parcela, amostras de 4ml de sangue cada e submetidas a análises de proteínas totais, albumina, cálcio, creatinina, urato/ácido úrico, ureia, fosfatase alcalina (ALP), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), gama glutamil transferase (GGT). Os dados foram submetidos a análise de variância, e se significativo, foi realizado análise de regressão e teste de Dunnet a 5% de probabilidade. Não foi observado efeito significativo para os parâmetros bioquímicos. Já para as variáveis hematológicas, foi observado um efeito da zeólita nos linfócitos totais ( $p=0,0006$ ). Quando realizado a análise de regressão, foi encontrado efeito quadrático ( $p=0,0035$ ). Ao aplicar o teste de Dunnet, verificou-se que o valor absoluto dos linfócitos diferiu em função da zeólita natural (Clinoptilolita) em relação a dieta controle no nível de 3,5% de inclusão. Com isso, conclui-se que clinoptilolita pode ser utilizada na alimentação de aves de postura no nível de 3,5% de inclusão, proporcionando maior quantidade de linfócitos, estimulando a produção de anticorpos e melhorando a imunidade.

**Palavras-chave:** bioquímica sérica; hematologia; aves de postura; aditivo.

## ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the effect of the addition of natural zeolite (Clinoptilolite) in diets on the serum and hematological biochemical profile of laying hens. The treatments consisted of six levels of zeolite inclusion, 0, 0.7; 1.4; 2.1; 2.8; 3.5%, where all diets were isoenergetic and isoproteic, differing only the replacement of an inert material (washed sand) by the zeolite additive. The design was in randomized blocks, with 8 replications and 5 birds per plot, totaling 240 ISA-Brown laying hens from the 54th week with approximate weight of 1.75 kg. To perform the hematological analysis, 1 bird per plot was used and 4ml blood samples were collected from the ulnar vein of one of the wings. The hematological variables were: red blood cells, hemoglobin, platelets, leukocytes, total plasma proteins, heterophils, lymphocytes, eosinophils and monocytes. To evaluate the biochemical parameters, samples of 4ml of blood each were collected from 2 birds per plot and submitted to analysis of total proteins, albumin, calcium, creatinine, urate/uric acid, urea, alkaline phosphatase (ALP), aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), gamma glutamyl transferase (GGT). Data were submitted to analysis of variance, and if significant, regression analysis and Dunnet's test at 5% probability were performed. No significant effect was observed for the biochemical parameters. As for the hematological variables, an effect of zeolite on total lymphocytes was observed ( $p=0.0006$ ). When the regression analysis was performed, a quadratic effect was found ( $p=0.0035$ ). When applying Dunnet's test, it was found that the absolute value of lymphocytes differed as a function of natural zeolite (Clinoptilolite) in relation to the control diet at the level of 3.5% inclusion. With this, it is concluded that clinoptilolite can be used in the feeding of laying birds at the level of 3.5% of inclusion, providing a greater amount of lymphocytes, stimulating the production of antibodies and improving immunity.

**Keywords:** serum biochemistry; hematology; laying birds; additive.

## 1. INTRODUÇÃO

A avicultura de postura é um dos setores agroindustriais que vem se desenvolvendo a cada ano, passando a constituir um dos principais segmentos da produção animal do mundo. A eficiência desta cadeia está relacionada a vários fatores, como: melhoramento de linhagens e insumos, investimentos em tecnologias de automatização do sistema produtivo, aperfeiçoamento de pessoal quanto ao manejo das aves, sistema de produção integrado, dieta adequada e controle das condições sanitárias de criação (OLIVEIRA; NÄÄS, 2012).

Porém, dentro da avicultura de postura atual, é notável a presença de alguns desafios, como a suscetibilidade à contaminação e presença de microtoxinas, além da volatilização de amônia no interior dos aviários e umidade excessiva da cama, onde podem induzir uma série de reações tóxicas no organismo da ave, interferindo em seu sistema imune, podendo levar a respostas inflamatórias a exposição de  $\text{NH}_3$  (ZHANG et al., 2015; SHI et al., 2019) consequentemente prejudicando sua saúde, seu desempenho e o processo de digestão e absorção dos nutrientes (BÜZEN; HAESE, 2006). Em virtude desses problemas acarretados, atualmente existem várias linhas de pesquisa em busca de melhorar cada vez mais a produção e sanidade avícola, através de insumos tecnológicos, como os aditivos.

Os aditivos são utilizados na produção animal com o objetivo de aumentar a taxa de crescimento e desempenho, além de melhorar a saúde do organismo e do trato gastrointestinal, minimizando o impacto ambiental pela redução de patógenos via alimentos (SILVA, 2004). Dentro dos aditivos tecnológicos, tem-se o grupo dos adsorventes, onde conseguem atenuar o efeito de substâncias tóxicas como a amônia e patógenos através da ligação ou sequestro impedindo a absorção pelo trato gastrointestinal e eliminando-os juntamente as fezes (SOBRANE FILHO et al. 2016).

Entre os aditivos adsorventes, tem-se as zeólitas, que são aluminossilicatos hidratados caracterizados pela alta superfície interna e externa e alta capacidade de troca catiônica, também utilizados como peneiras moleculares em processos de remoção de impurezas ou separação de moléculas, devido ao seu volume poroso e ao diâmetro dos poros (AGUIAR; NOVAES, 2002). Dentro desse grupo, a zeólita natural predominante é a clinoptilolita, classificada como tectossilicato, no qual graças a sua estrutura lhe permite apresentar alta superfície específica, alta porosidade, resistência a temperaturas extremas, neutralidade química e incapacidade de inflar na presença de água (SANTÚRIO et al., 1999; ARMBRUSTER, 2001).

Analisando estas propriedades, segundo estudo realizado por Jarosz et al. (2017), a incorporação da zeólita natural nas rações pode interferir em fatores como a estimulação e

produção de anticorpos, na proteção da barreira intestinal contra antígenos e na ativação da síntese de citocinas pró e anti-inflamatória. Além disso, sua habilidade de troca de íons concede a clinoptilolita a participação em transformações bioquímicas, normalizando a homeostase dos animais e aumentando a conversão de nutrientes, podendo ser reversíveis no aumento dos valores de hemácias e hemoglobina (ANDRONIKASHVILI et al., 2009).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Avaliar a adição de zeólita natural como aditivo em dietas para galinhas poedeiras semipesadas da linhagem ISA Brown sobre o perfil bioquímico sérico e hematológico.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a influência de diferentes níveis de zeólita natural sobre os parâmetros hematológicos: hemácias, hemoglobina, hematócritos, plaquetas, proteínas plasmáticas totais, leucócitos, heterófilos, linfócitos, monócitos e eosinófilos.
- Verificar o uso da zeólita natural em dietas para poedeiras sobre o perfil bioquímico tais como: proteína totais, albumina, creatinina, cálcio, urato, ureia, fosfatase alcalina (ALP), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), gama glutamil transferase (GGT).

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Avicultura de postura: Panorama do setor no Brasil**

A avicultura de postura é um forte segmento da agroindústria brasileira e se caracteriza pela contínua agregação de novas tecnologias, fazendo com esse setor possua ótimos e crescentes índices de produtividade ano após ano. A modernização e produção em escala de aves do Brasil teve início na década de 1930, sendo possível ver seu crescimento na época com o intuito de suprir a demanda do mercado e o alto consumo nesse período (TENFEN, 2018),

havendo um aumento significativo na demanda devido a Segunda Guerra Mundial, em meados de 1939 a 1945, ganhando espaço no mercado interno.

Anos mais tarde, de 1950 a 1970, a avicultura brasileira ganhou impulso através dos avanços genéticos, do desenvolvimento das vacinas, da nutrição e de equipamentos específicos para sua criação. Nesse mesmo período, surgem em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais as primeiras tentativas visando melhorar tecnologicamente a produção no país, onde profissionais desenvolveram a avicultura buscando aperfeiçoar as raças, criando novas linhagens. Esses avicultores buscavam acompanhar as inovações introduzidas sobretudo nos Estados Unidos e Inglaterra (SANTOS FILHO et al, 2000).

Em 2011, o Brasil foi o oitavo maior produtor mundial de ovos para consumo, produzindo cerca de 1,8 milhões de toneladas, representando 3% do total mundial (FAO, 2015). Nesse ano, o estado de São Paulo se mantinha como maior polo de produção de ovos do país e tendo como expoente na sua produção o município de Bastos, com 19,9% da produção estadual de ovos e 6% da produção nacional (SANTOS FILHO et al, 2011). Dentre os estados brasileiros produtores de ovos, no ano de 2012 o Paraná se encontrava em quarto lugar, com 6,92%, atrás dos estados do Espírito Santo com 7,77%, Minas Gerais com 11,4%, e o maior produtor, São Paulo com 35,85% (UBABEF, 2012). Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2017, a região Sudeste era a maior produtora (43,5%), estando à frente do Sul (24,3%), Nordeste (16,8%), Centro-Oeste (11,8) e Norte (3,6%) (IBGE, 2017).

Atualmente, no panorama mundial, o Brasil é o sexto maior produtor de ovos, produzindo em 2022 cerca de 2,9 milhões de toneladas (FAO, 2022). Segundo o relatório anual de 2022 da Associação Brasileira de Proteína Animal, a produção de ovos no Brasil saltou de 28,85 bilhões em 2010 para cerca de 54,9 bilhões de unidades de ovos no ano de 2021, conforme visualizado na Figura 1, sendo uma das maiores produções do país até o momento, onde cerca de 99,54% são voltados para o mercado interno e 0,46% é destinado a exportações (ABPA, 2022).

Graças ao seu crescimento exponencial, a avicultura de postura vem adotando cada vez mais a implantação de sistemas de criações intensivas com maiores densidades de criação, gerando uma predisposição de disseminação de patógenos e situações de estresse levando a quebra da homeostasia, impactando na imunidade das aves, resultando em susceptibilidade a uma série de enfermidades, que quando não são diagnosticadas corretamente e em tempo hábil, com o auxílio de exames bioquímicos e hematológicos, podem comprometer e ocasionar gargalos e transtornos em diversos pontos da cadeia produtiva (GIOTTO, 2009). Logo, a medida que o setor expande e a escala de produção avícola aumenta, é fundamental o



desenvolvimento e aplicação de técnicas no controle dos desafios sanitários. Com isso, Amaral et al. (2016) ressaltam que um dos maiores desafios atuais na produção de ovos no país é a garantia da biosseguridade e sanidade das aves.



Figura 1. Produção brasileira de ovos em unidades entre os anos de 2010 e 2021 (ABPA, 2022).

### 3.2 Hematologia aviária

A hematologia é uma poderosa ferramenta dentro da produção animal que consegue disponibilizar informações importantes sobre o estado de saúde geral das aves, tanto no monitoramento individual, quanto no de populações, proporcionando a detecção precoce de doenças e infecções antes mesmo de serem demonstrados sinais clínicos. Sendo assim, a hematologia nas aves se caracteriza nas análises de suas células sanguíneas, que compreendem os eritrócitos, leucócitos e trombócitos (STURKIE; GRIMINGER, 1986; CAMPBELL; DEIN, 1984).

Os eritrócitos das aves apresentam formato ovoide, onde, diferentemente dos mamíferos, são nucleados e maiores quando maduros, porém menores quando comparados aos répteis e anfíbios (MITCHELL; JOHNS, 2008; CAPITELLI; CROSTA, 2013). Essas células são produzidas principalmente na medula óssea das aves, mas também podem ser geradas em outros locais, como o fígado e baço. As hemácias aviárias apresentam um tempo de vida médio em torno de 25 e 45 dias (MITCHELL; JONHS, 2008), sendo considerado um

período curto quando comparado aos eritrócitos dos mamíferos, com viabilidade média de 120 dias (MACWHIRTER, 2000), devido a uma eritropoiese mais intensa nas aves. O volume corpuscular médio (VMC) ou volume globular (VG) é um parâmetro tem como função medir o tamanho das hemácias. Seu aumento é chamado de policitemia, normalmente ocasionado por desidratação ou causas fisiológicas e patológicas, já a diminuição do VMC possui o nome de anemia, cujas causas podem estar relacionadas a parasitismos, insuficiências renais, deficiências nutricionais e complicações no processo de eritropoiese (ALMONSNY; MONTEIRO, 2006). Assim como outras células sanguíneas, seus valores médios podem variar de acordo com a espécie aviária. Bounours e Stedman (2000) encontraram um valor médio de  $3,0 \times 10^6$  eritrócitos/ $\mu\text{L}$  em galinhas, já Tessari et al. (2006), verificaram médias de  $2,5 \times 10^6$  eritrócitos/ $\mu\text{L}$  em frangos de corte.

Os trombócitos das aves são células pequenas, medindo entre 3 a 6,1 micra de largura e 6,1 a 11,5 micra de comprimento (HODGES, 1977), que possuem formato oval a retangular contendo um núcleo com uma cromatina bastante condensada, coloração basofílica intensa e citoplasma claro e reticulado (ALMONSNY; MONTEIRO, 2006; GREEN; BLUE-MACLENDON, 2000; FORTES et al., 2009). Essas células possuem a função principal de manutenção e participação da homeostasia, e da produção de trombloplastina, realizando a formação de trombos e cicatrizando feridas, se assemelhando com as funções das plaquetas nos mamíferos (THRALL, et al., 2015). Além disso, os trombócitos aviários possuem ótima habilidade fagocitária (GERTNER; SANTIN; SAAD, 2008), possuindo papel importante na resposta imunológica das aves, circulando em grandes números no sangue (GRECCHI et al., 1980; MORGULIS, 2002) sendo capazes de retirar e eliminar seres estranhos no sangue, como bactérias e parasitas. Em relação a alterações de seus valores no sangue, os trombócitos normalmente são células difíceis de serem quantificadas por conta do seu agregamento no esfregaço sanguíneo, onde são classificadas como normal, aumentadas ou diminuídas (MITCHELL; JOHNS, 2008; SCHOSSLER, 2013). O aumento do seu valor médio no sangue é chamado de trombocitose, onde em aves, podem estar presentes em casos de processo inflamatórios crônicos (D'ALOIA et al., 1994).

Os leucócitos aviários participam ativamente na resposta inflamatória, sendo os primeiros a aparecerem na defesa do organismo, compondo as células brancas do sangue, destruindo bactérias gram positivas e negativas (KOKOSHAROV, 1998). São divididos de acordo com sua morfologia nuclear, sendo eles agranulócitos e granulócitos. Enquanto os agranulócitos são formados pelos linfócitos e monócitos, os granulócitos são compostos pelos heterófilos, eosinófilos e basófilos (SCHMIDT et al., 2007). Por conta da variação entre raças,

idades, categoria animal e condições ambientais etc., existem diversos autores que relatam diferentes médias de leucócitos nas aves. Cardoso e Tessari (2003) verificaram em estudo realizado uma variação de 13920 a 28720 leucócitos/ $\mu\text{L}$  presentes em frangos de corte possuindo entre 1 e 52 dias de idade, já Bounous e Stedman (2000) citam um valor médio de 21000 leucócitos/ $\mu\text{L}$  em poedeiras. A diminuição dos valores de leucócitos no sangue pode levar a leucopenia, comumente causado por infecções bacterianas ou virais graves (JUNGHANNS, 2007), enquanto o aumento do número circulante dessas células leva a leucocitose, causado por infecções, inflamações não infecciosas e neoplasias (HARRIS, 2000).

Representando uma parcela dos agranulócitos que compõem os leucócitos, os linfócitos das aves são células redondas que possuem morfologia semelhante aos dos animais mamíferos, sendo retratados como pequenos, médios e grandes, onde os menores são habitualmente confundidos com trombócitos e os maiores com monócitos, sendo fundamental a observação de seu citoplasma, para diferenciação (CAPITELLI; CROSTA, 2013). São responsáveis pela imunidade específica, onde realizam a produção de anticorpos iniciando determinadas reações de adaptação diante de microrganismos, onde com o avanço da idade do animal, torna os mecanismos de defesa mais eficientes. Nas aves, são divididos em dois grupos distintos, os linfócitos T e B, onde apresentam subpopulações de atuação específica e células de memória. São produzidos na medula óssea, onde seguem para o timo ou Bursa de Fabricius para sofrer os processos de diferenciação e tornarem-se funcionais (ALMEIDA et al., 2013). Os linfócitos B, dependentes da Bursa de Fabricius, são responsáveis pela imunidade humoral, enquanto os linfócitos T, dependentes do timo, agem na imunidade celular (MITCHELL; JOHNS, 2008). Bounous e Stedman (2000), relataram uma variação entre 12000 e 30000 linfócitos/ $\mu\text{L}$  na galinha doméstica. Um aumento do número de linfócitos normalmente está associado a um resultado de estimulação antigênica, ou seja, quando uma substância que ao ser introduzida no organismo, estimula a produção de anticorpos (SCHMIDT et al., 2007; MITCHELL; JOHNS, 2008).

Assim como os linfócitos, os monócitos das aves também possuem morfologia semelhante aos dos mamíferos, com forma arredondada, com um único núcleo oval ou lobulado, citoplasma abundante de coloração cinza azulada e tamanho médio de 12 micra de comprimento (ALMONSNY; MONTEIRO, 2006). Apesar de possuir características morfológicas similares aos linfócitos, essas células diferem de acordo com sua origem e função. Enquanto os monócitos derivam de células de linhagem mieloide, os linfócitos são derivados de células de linhagem linfóides, além de serem menores (MORGULIS, 2002). A principal

função dos monócitos é realizar a fagocitose de materiais estranhos, onde ao realizarem a migração da circulação para os tecidos, tornando-se macrófagos, fazem a defesa contra agentes infecciosos e atuam como apresentadores de antígenos aos linfócitos, possuindo papel fundamental na resposta imunológica natural e específica (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004). O aumento na quantidade de monócitos no sangue é denominado de monocitose, ocorrendo em resposta a presença de doença granulomatosa, necrose ou doenças inflamatórias crônicas, onde se torna necessário uma alta ação de fagocitose (HARRIS, 2000). Segundo Bounous e Stedman (2000), os valores médios dessas células presente no sangue das aves podem variar entre 150 a 2000 monócitos/ $\mu\text{L}$ , representando cerca de 1 a 6,5% dos leucócitos circulantes (LUCAS; JAMROZ, 1961).

Em relação aos granulócitos, temos os heterófilos, onde nas aves, equivalem aos neutrófilos nos mamíferos, sob o ponto de vista funcional. Possuem uma morfologia arredondada, com citoplasma de coloração clara e núcleo bi ou tri lobado, sendo pouco evidente, medindo entre 5,1 a 11,4 micra de diâmetro (FUDGE, 2000). Essas células estão envolvidas principalmente na atividade fagocítica contra invasões bacterianas, normalmente em casos de respostas inflamatórias, por meio de quimiotaxia, opsonização, fagocitose e lise (CÂNDIDO, 2008; CAPITELLI; CROSTA, 2013), principalmente na porção do trato respiratório, já que aves não possuem a atuação de macrófagos nessa região. Além disso, os heterofilos aviários são células fagocíticas importantes na imunidade inata desses animais, principalmente no caso de aves jovens, já que ainda não desenvolveram imunidade adquirida (MORGULIS, 2002; GOULART, 2006). Em situações de processo inflamatório agudo, é observado o aumento da concentração dessas células no sangue, gerando uma leucocitose, através da elevada presença e atração dos heterófilos (HARMON, 1998; GOULART, 2006). Quando acontece um aumento moderado de seus valores, resulta em uma heterofilia moderada, normalmente associada a ocorrência de infecções ou necrose celular, já no caso de heterofilia sutis, sem a presença de variações tóxicas nos glóbulos brancos, podem representar um leucograma de estresse (HARRIS, 2000). Bounous e Stedman encontraram valores médios variando entre 3000 e 6000 heterófilos/ $\mu\text{L}$  em aves. Já Cunha et al. (1987), em estudos realizados, relatam que os heterófilos são as células que predominam o sangue de frangos.

Os eosinófilos também fazem parte dos granulócitos e possuem morfologia semelhante os heterófilos, sendo difícil em certos casos, sua diferenciação. Essas células são caracterizadas por sua forma arredondada, com coloração azul claro e núcleo evidente, quando comparado aos heterófilos (FUDGE, 2000). A atuação dos eosinófilos das aves ainda não é algo claro, onde muitos autores defendem uma função similar aos dos mamíferos (HARRIS, 2000). Sua atuação

não acontece por meio de uma atividade fagocitária, e sim através de um ataque a membrana plasmática de determinada célula infectante por meio da degradação por enzimas digestivas (MORGULIS, 2002). No sangue das aves, podem ser encontrados médias de até 1000 eosinófilos/ $\mu$ L (BOUNOUS; STEDMAN; 2000). Um aumento dos valores dessas células na circulação é chamado de eosinofilia, induzidos em casos de situações inflamatórias, parasitismo e reações de hipersensibilidade (FUDGE, 1997; CAMPBELL, 2006; JUNGHANN, 2007), enquanto o contrário, a redução, é denominado de eosinopenia, porém os baixos valores não são encontrados com frequência nas aves, já que na circulação periférica, a presença de eosinófilos é rara (FUDGE, 1997).

Os basófilos são células arredondadas que se diferenciam graças a coloração azul intensa de seus grânulos (MITCHELL; JOHNS, 2008; CAPITELLI; CROSTA, 2013), onde tendem a ser menores quando comparados aos heterófilos e eosinófilos, medindo cerca de 4,9 micra de diâmetro. Nas aves, são frequentemente encontrados no sangue periférico, diferentemente dos basófilos de mamíferos, que são raramente observados na periferia sanguínea de animais saudáveis (CAMPBELL, 1994). Sua função nas aves ainda é pouco conhecida, porém parecem ser envolvidos em casos iniciais de inflamação aguda, além disso, seus grânulos possuem histamina, assim como os mamíferos, e por isso acredita-se que os basófilos atuem nas reações de hipersensibilidade tipo IV (MITCHELL; JOHNS, 2008). O aumento do número dessas células nas aves, a basofilia, também pode ser observada em casos de infecções respiratórias, traumas ou lesões, como automutilação, além de situações relacionadas a processos tóxicos e septicêmicos (NORIEGA, 2000).

### **3.3 Bioquímica sérica na avicultura**

Atualmente, a realização de um perfil bioquímico sérico nas aves de produção é uma ferramenta importante que consegue auxiliar na avaliação do estado fisiológico desses animais, verificando a condição daqueles que estão submetidos a diversas situações de nutrição e adaptação diante de desafios nutricionais, alteração no funcionamento de órgãos ou até mesmo casos de intoxicação, contaminação e desequilíbrios metabólicos ou de origem nutricional (CÂNDIDO, 2008). Na bioquímica sanguínea são feitos testes que analisam metabólitos, ácido úrico, enzimas específicas, proteínas, amônia, entre outros.

As proteínas plasmáticas totais são divididas em dois grandes grupos, sendo elas representadas pela albumina e globulinas. Nas aves, a maior parte, cerca de 40 a 60%, é simbolizada pela albumina, onde é sintetizada no fígado, ao contrário das globulinas, que são

produzidas pelos linfócitos B e plasmócitos (CAMPBELL, 2012). Entre as várias funções que essas substâncias orgânicas possuem, como a manutenção do volume e pH sanguíneos, também desempenham papel importante no transporte de hormônios e lipídeos, atuam como catalisadores em reações químicas e participam dos mecanismos de defesa do organismo através dos anticorpos (MELILLO, 2013). Quando comparado com os animais mamíferos, os valores de proteínas totais das aves costumam ser baixos, em torno de 2,5 a 4,5 g/dL (HARR, 2002). Esses valores podem ser alterados de acordo com a condição de criação, idade ou a presença de doenças, onde em situações de restrição alimentar, pode ser observado níveis inferiores da normalidade, refletindo em hipoalbuminemia e hipoproteinemia, resultante da síntese hepática de proteínas prejudicada, diminuindo as concentrações de proteína e albumina (RAJMAN et al., 2006).

As aves, por serem animais uricotélicos, possuem o ácido úrico como a principal forma de excreção de componentes nitrogenados (HOCHLEITHNER, 1994; THRALL et al., 2004), que é predominantemente produzido no fígado e uma menor parcela, sintetizada nos túbulos renais, além de apresentar menor toxicidade do que outros metabólitos, como a amônia e a ureia. Os valores séricos de ácido úrico podem variar de acordo com a idade, onde tendem a ser maiores em animais mais jovens, com níveis variando entre 1 e 2 mg/dL, de acordo com a dieta, já que o fornecimento de ração com teores proteicos mais elevados resulta em níveis maiores de ácido úrico, e categoria animal, onde aves de postura costumam ter níveis entre 2 e 7 mg/dL (HOCHLEITHNER, 1994; ALONSO-ALVARES, 2005; CAPITELLI; CROSTA, 2013). Além disso, em situações de restrição alimentar e desnutrição, esses níveis podem se elevar como resultado da aceleração do catabolismo de proteínas (RAJMAN et al., 2006). De forma geral, alterações nos níveis de ácido úrico são bons indicadores de possíveis danos renais em aves, já que refletem a capacidade funcional dos túbulos renais proximais (SCOPE; SCHWENDENWEIN, 2020).

As enzimas são substâncias de natureza proteica que se localizam dentro da célula animal, onde podem ser encontradas na membrana celular, nas mitocôndrias, no citoplasma ou no núcleo. Quando ocorre uma lesão celular, as enzimas citoplasmáticas normalmente são as primeiras a serem liberadas no plasma, ao contrário das de tipo mitocondriais, que são utilizadas em casos de morte celular (LUMEIJ, 1997). As análises enzimáticas são importantes para identificar certas alterações, onde valores elevados de uma determinada enzima pode demonstrar qual o nível de lesão do órgão (CAPITELLI; CROSTA, 2013).

Uma dessas enzimas é a alanina aminotransferase (ALT), que se apresenta em maiores concentrações em órgãos como o coração, rins, pulmão e fígado, principalmente no citosol dos

hepatócitos e das células musculares, no caso das aves (JAENSCH, 2000; HARR, 2002). As elevações da atividade da ALT normalmente estão associadas a disfunções hepáticas, porém aves que apresentam uma lesão severa podem apresentar valores normais de ALT, podendo ser justificado pelo fato que sua atividade no tecido hepático de algumas espécies é pequena, com valores séricos que variam de 19 a 50 UI/L (CAMPBELL, 2004; GRUNKEMEYER, 2010).

O aspartato aminotransferase (AST) é uma enzima que, nos galináceos, possui uma maior atividade no coração, seguido pelo fígado e músculo esquelético, mas também está presente nos rins e cérebro (LEWANDOVSKI et al., 1986; FUDGE, 2000). Quando os valores de AST se encontram acima de 275 UI/L, refletem em um aumento da sua atividade, podendo estar relacionado diretamente a problemas hepáticos ou distúrbios musculares. Já quando seus valores estão em torno de 800 UI/L, acaba sendo um forte indício de dano hepático severo (CAMPBELL, 2004). Por conta disso, a atividade da AST deve ser mensurada junto a uma enzima músculo específica como a creatina quinase (CK), para que se consiga diferenciar e afirmar se é um distúrbio de natureza hepática ou muscular (FARIA, 2021).

A atividade da enzima de membrana gama glutamil transferase (GGT) está associada nas em diversos locais, como no cérebro, rins, intestino e principalmente, no epitélio biliar (HARR, 2002). Apesar de ter uma alta atividade de natureza renal, habitualmente a GGT não se eleva em casos de doenças renais nas aves, pois essa enzima é excretada por elas. Além disso, o aumento de seus valores costuma indicar a presença de uma lesão hepática, porém, quando em níveis normais, podem não garantir o funcionamento normal do fígado (CAMPBELL, 2012). Em situações de normalidade, os teores de GGT estão em torno de 0 a 10 UI/L, contudo, esses valores podem variar de acordo com a metodologia empregada (FARIA, 2021).

### **3.4 Zeólita: Estrutura, características, funções e aplicações**

As zeólitas foram descobertas no ano de 1756 na Suécia por um cientista e mineralogista chamado Freiherr Axel Fredrick Cronstedt, que as denominou inicialmente de “boiling stones” (pedras que fervem), derivadas das palavras gregas “zeo” (ferver) e “lithos” (pedra), por conta de sua característica de liberar bolhas quando imersas em água e espumar quando aquecidas (MUMPTON, 1999; GARCÍA, 2010). Atualmente, as zeólitas englobam uma grande variedade de minerais, com cerca de 40 grupos naturais reconhecidas e mais de 100 grupos sintetizados em laboratórios, como a zeólita A, mordenita, heulandita, erionita, chabazita, stilbita, etc. (BERTO, 2009).

São formadas a partir da precipitação de fluidos presentes nos poros vulcânicos, do mesmo modo que as ocorrências hidrotermais, ou partir da alteração de vidros presentes nessas formações geológicas, sendo caracterizado pela cristalização de um composto a partir de uma substância cristalina ou amorfa, diante de um agente mineralizante e água (PAVLAK, 2020). As diferentes condições de temperatura, pressão, atividade das espécies iônicas e a pressão parcial da água, atuam como fatores fundamentais para o desenvolvimento de diferentes grupos do mineral (LUZ, 1994). Segundo o Sumário de Commodities Minerais (USGS, 2022), no ano de 2021 foram produzidas cerca de 944.000 toneladas de zeólitas naturais mundialmente, estando a Geórgia em primeiro lugar com 140.000t produzidas, seguido pela República da Coreia e Indonésia com a produção anual de 130.000t, pela Eslováquia com 120.000 e Nova Zelândia com 100.000t.

Até o momento, as jazidas naturais de zeólita ainda estão começando a serem exploradas de forma comercial no Brasil, onde são realizados trabalhos e estudos que visam a caracterização e conhecimento das concentrações do mineral com a finalidade de avaliar as possibilidades de aproveitamento econômico. Os principais depósitos estão localizados na Formação Corda na Bacia do Parnaíba (MA/TO) que se predomina a estilbita, sendo a mais abundante no concentrado zeolítico brasileiro (REZENDE; ANGÉLICA, 1991) e a laumontita, no Morro Reuter (RS), possuindo de forma prevalecte a escolecita, na Formação Adamantina, possuindo a presença de analcima e a Formação Botucatu, composto por heulandita, localizados na Bacia do Paraná (SP) (LUZ, 1994).

As zeólitas são caracterizadas como aluminossilicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos ou alcalino terrosos, como sódio, potássio, magnésio ou cálcio, estruturados em redes cristalinas tridimensionais rígidas, formados por tetraedros de  $AlO_4$  e  $SiO_4$ , compostas por tipo  $TO_4$  ( $T = Si, Al, B, Ge, Fe, P, Co, etc.$ ), onde são ligados entre si por meio de átomos de oxigênio em torno de um cátion (Figura 2), lhe concedendo características específicas (LUZ, 1994; LUNA; SCHUCHARDT, 2001). Eles apresentam porosidade que acaba possibilitando o peneiramento ou seletividade molecular, seja ela de origem mineral ou sintética, além possuírem a principal função de adsorção e atuação como catalisador, acelerando reações e não sendo consumidas durante o processo (PAVLAK, 2020).



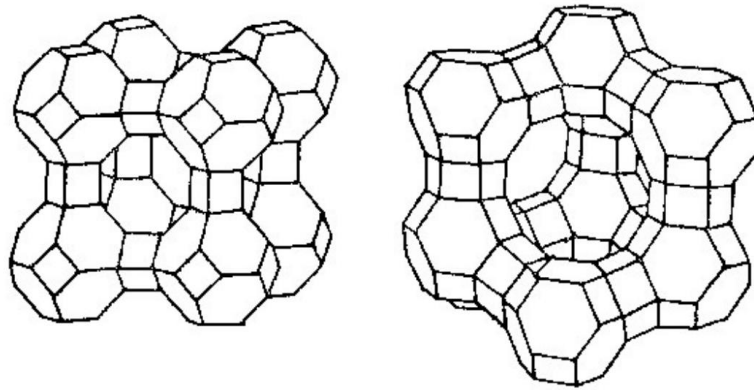


Figura 2. Estrutura de diferentes zeólitas (AGUIAR, NOVAES, 2002).

Os diferentes grupos de zeólitas divergem entre si por conta de suas características físicas e química, principalmente na relação de silício-alumínio, por ser cerca de 2,5-5:1 no caso das zeólitas naturais e 1:1 para as sintéticas, sendo as naturais mais estáveis que as sintéticas, conseguindo manter sua estrutura mesmo em ambiente parcialmente ácido, por conta da maior quantidade de silício presente. Devido a essa parcial estabilidade, o alumínio presente nas zeólitas sintéticas pode se tornar solúvel e ligar-se ao fósforo na dieta, fazendo com que o fosfato de alumínio seja insolúvel no trato gastrointestinal, reduzindo a disponibilidade de fósforo (CARVALHO et al., 2015). Além disso, esse alumínio liberado da zeólita também pode causar envenenamento, já que em estudos realizados por Shinzato (2007) foi possível observar que a adição de 1% de zeólita sintética implicou na presença de 0,15% desse elemento na dieta, sendo considerado um nível tóxico para frangos de corte e poedeiras.

Dentre as zeólitas naturais, a mais abundante e uma das mais exploradas mundialmente é a clinoptilolita (SANTÚRIO et al., 1999; ARMBRUSTER, 2001). Esse grupo é caracterizado como um tectossilicato, com estrutura composta por sólidos cristalinos através da combinação tridimensional de tetraedros à base de óxido de silício e óxido de alumínio, possuindo a composição  $\text{CaNa}_4\text{K}_4(\text{AlO}_2)_5(\text{SiO}_2)_{30} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  (GARCÍA, 2010). Em sua estrutura, esses átomos de alumínio e silício ocupam o centro do tetraedro onde os átomos de oxigênio fazem a ligação eles, resultando em quatro ligações de alumínio trivalente com o oxigênio, gerando uma carga negativa (BERTO, 2009). Essas cargas acabam sendo neutralizadas pelos átomos de compensação, onde possuem elevada mobilidade e estão suscetíveis à troca iônica. Já em relação aos tetraedros de silício tetravalente, eles possuem uma carga neutra, alto grau de hidrofobicidade e baixa capacidade de troca iônica (GIANETTO, 1990).

Por conta de sua estrutura zeolítica, a clinoptilolita apresenta alta capacidade de troca catiônica e de adsorção de íons, possui uma alta superfície específica e porosidade, com uma

rede de cavidades e canais interconectados, além de possuir resistência a temperaturas extremas, neutralidade química e incapacidade de inflar na presença de água (SANTÚRIO, 1999; ARMBRUSTER, 2001). Entre suas particularidades, a clinoptilolita se destaca na função de adsorção de gases e vapores, graças ao alto número de cargas negativas na sua superfície (JÚNIOR, 2014), água, amônia, devido a sua alta afinidade por íons  $\text{NH}_4^+$ , além de metais pesados e elementos radioativos, como o chumbo, cério, mercúrio e bário (LUZ, 1994; SANTÚRIO et al., 1999).

Devido a suas propriedades, atualmente a clinoptilolita vem sendo aplicada a diversas áreas de estudo, tanto no tratamento de efluentes e água na agricultura, quanto na pecuária, como um controlador de gases em criações de animais em confinamento, na redução e remoção da amônia nos aquários e tanques criatórios na aquicultura e como aditivo adsorvente e zootécnico na nutrição animal (BERNARDI et al. 2009), reduzindo a taxa de passagem dos alimentos pelos intestinos, realizando um uso mais eficiente dos nutrientes (OLVER, 1997). Em estudo realizado por Mumpton (1999), ao utilizar 5% de clinoptilolita nas dietas de diferentes animais de produção, como frangos de corte, suínos e ruminantes, foi constatado um aumento da conversão alimentar dos animais, em função de sua característica adsorvente, onde permitiu um maior tempo de retenção do alimento ingerido, resultando em uma maior digestão e absorção de nutrientes no trato gastrointestinal.

Entre as diversas funções da zeólita natural na produção animal, esse mineral consegue agir na retenção da amônia, eliminando os efeitos tóxicos do amônio que é produzido pela atividade microbiológica intestinal e reduzir a absorção de produtos tóxicos da degradação microbiológica intestinal, como o p-cresol (SHURSON et al., 1984.). A clinoptilolita também pode atuar reduzindo a incidência micotoxicoses, realizando a retenção e sequestro de metabólitos secundários produzidos por fungos (micotoxinas), transportando-as para fora do trato gastrointestinal dos animais.

Além disso, vários estudos comprovam os efeitos benéficos da zeólita nos parâmetros sanguíneos dos animais. Ela pode afetar a imunidade das aves de forma direta, estimulando as moléculas de adesão intracelular de enterócitos, promovendo a aderência de leucócitos ao epitélio e sua migração e ativação, gerando a produção de citocinas pró-inflamatórias e consequentemente, causando uma resposta no sistema imunológico (OLANDERS et al., 2002; PAVELIC et al., 2002; CHEON et al., 2006; CHRÉTIEN et al., 2008). Também pode ter um efeito indireto, influenciando o ecossistema intestinal e a maturação e desenvolvimento de uma resposta imune local associado a mucosa, como o tecido linfóide (JAROSZ et al., 2017).

Wu et al. (2013) verificaram em estudo com a clinoptilolita que esse mineral, tanto na forma natural, quanto modificada, pode reduzir a concentração sérica de citocinas pró-inflamatórias em frangos de corte. Já Gradzki et al. (2020), relataram que esse aditivo também consegue estimular as células M epiteliais e facilitar a transferência das suas moléculas presentes no lúmen intestinal para as células mais profundas, como os macrófagos, onde ao apresentar a zeólita como um antígeno as células T, causam uma resposta imune e promovem a produção de anticorpos.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local do experimento e animais**

O experimento foi conduzido na Granja Jumbo de Kenichi Iwata, localizado em Goiana – PE, guiado conforme os pressupostos expressos na Lei Federal 11.794 de 8 de outubro de 2008 e as demais normas aplicáveis à utilização de animais para o ensino e pesquisa, especialmente as resoluções do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA com aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRPE na licença n° 004/2020.

Foram utilizados 240 poedeiras da linhagem ISA-Brown com peso aproximado de 1,750 kg a partir da 54ª semana e avaliados quatro períodos de 28 dias cada. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria e criadas em gaiolas metálicas medindo 50x50x45cm, com comedouros tipo calha e bebedouros do tipo nipple. O fornecimento de água foi *ad libitum* e a quantidade de ração foi provida de acordo com a exigência calculada por ave. Foi adotado um programa de luz seguindo recomendação do manual da linhagem, onde foi utilizado 16 horas de luz diárias (natural e artificial).

### **4.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com seis tratamentos, oito repetições, com cinco aves por parcela, distribuídas de acordo com o peso e produção. Os tratamentos consistiram em seis níveis de inclusão de zeólita 0,7; 1,4; 2,1; 2,8; 3,5% e do tratamento controle isento do aditivo. Todas as dietas foram isoenergéticas e isoproteicas, formuladas seguindo as recomendações nutricionais expressas nas tabelas em Rostagno et al. (2017), onde foram elaboradas a base de milho e farelo de soja e milheto, diferindo somente a

substituição de um inerte (areia lavada) pela zeólita, conforme apresentado na Tabela 1. A zeólita natural (Clinoptilolita) utilizada no experimento foi disponibilizada pela empresa Celta Brasil, e suas características físicas e químicas podem ser visualizadas na Tabela 2.

**Tabela 1.** Composição da ração, composição nutricional calculada e analisada, e estrutura experimental adotada com os níveis de zeólita natural (Clinoptilolita) em rações de poedeiras ISA-Brown com 54 semanas de idade.

Composição da ração – Ingredientes	%	Composição nutricional calculada				
Milheto grão inteiro	50,000	Energia met. (kcal/kg)	2720,00			
Farelo de soja 45 %	14,138	Proteína bruta (%)	16,13			
Milho moído	12,998	Extrato etéreo (%)	4,050			
Calcário 50% Fino e 50% grosso	10,417	Fibra bruta (%)	2,366			
Farinha de carne e osso (43%)	4,383	Cálcio (%)	4,600			
Inerte / Clinoptilolita	3,500	Fósforo disponível (%)	0,360			
Óleo de soja	2,769	Lisina digestível (%)	0,805			
Coreto de colina	0,500	Met+cist digestível (%)	0,789			
DL- metionina	0,311	Treonina digestível (%)	0,518			
Vitamina mineral - Postura aves*	0,300	Matéria mineral (%)	10,97			
L-lisina	0,243	Sódio (%)	0,179			
Bicarbonato de sódio	0,240					
Sal comum	0,201					
Total	100,00					
Composição nutricional analisada						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Matéria seca (MS), %	88,87	89,02	88,79	88,63	88,76	89,19
Proteína bruta (PB), %	16,03	15,87	16,56	16,8	16,98	15,28
Extrato etéreo (EE), %	7,08	7,68	7,29	7,03	6,83	7,16
Energia bruta (EB), kcal/g	4028,7	3973,46	3984,6	3952,37	3918,45	3885,55
Estrutura experimental						
Tratamento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Inerte, %	3,5	2,8	2,1	1,4	0,7	0,0
Clinoptilolita, %	0,0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5

\*Enriquecimento vitamínico/mineral por kg de ração: Cobre: 8 mg; Ferro:50 mg; Manganês: 70 mg; Zinco:50 mg; Iodo: 1,2 mg; Selênio: 0,2 mg. 2 Enriquecimento vitamínico por kg de ração: Vit. A: 7000 UI; vit. D<sub>3</sub>: 2000 UI; vit. E: 5 mg; vit. K<sub>3</sub>: 1,6 mg; vit. B<sub>2</sub>: 3mg; vit. B<sub>12</sub>: 8 mcg; Niacina: 20 mg; Ácido Pantotênico: 5 mg; Antioxidante: 15 mg.

**Tabela 2.** Composição física e química da zeólita (Clinoptilolita)

Composição química		
	Valor mínimo	Valor máximo
SiO <sub>2</sub>	62%	75%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7%	15%
Na <sub>2</sub> O	0%	5%
K <sub>2</sub> O	0,50%	5%
CaO	0,50%;	5%
Composição física		
Cor	Bege a levemente esverdeado	
Granulometria	0,4 – 1,0mm	
Densidade aparente	0,5-1,0g/cm <sup>3</sup>	
pH	6,5-10,0	
Umidade	≤ 6%	
Capacidade de troca catiônica	1,2 a 2,0 mEq/g	

Fonte. CELTA BRASIL (2021).

#### 4.3 Coleta de amostras e análise dos parâmetros sanguíneos

A avaliação dos parâmetros sanguíneos consistiu nas análises do perfil bioquímico e hematológico das poedeiras. Para a realização das análises hematológicas, foram coletadas amostras de sangue de 4 ml da veia ulnar de uma das asas das poedeiras com 70 semanas de idade, utilizando 1 ave por parcela. As amostras sanguíneas foram enviadas a um laboratório veterinário especializado, a LaborVet, onde consistiram nas análises de hemácias, hemoglobina, plaquetas, leucócitos, proteínas plasmáticas totais, heterofilos, linfócitos, eosinófilos e monócitos. Foi realizado a contagem de hemácias, leucócitos e plaquetas em uma câmara de Neubauer após diluição com o reagente Natt-Herrick. O hematócrito foi obtido através do método do microcapilar e a mensuração da proteína plasmática total de referência.

Para a análise dos parâmetros bioquímicos, foram coletadas amostras de soro de 2 aves por parcela, sendo 4ml de sangue por ave, também com 70 semanas de idade. As amostras de soro foram submetidas a análises de proteínas totais, albumina, cálcio, creatinina, urato/ácido úrico, ureia, fosfatase alcalina (ALP), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), gama glutamil transferase (GGT) com a utilização de kits comerciais da marca Doles, seguindo as orientações técnicas descritas pelo fabricante. Para a realização da leitura dos parâmetros, foi utilizado equipamentos de espectrofotometria, onde foram

analisados no laboratório de Biologia Molecular Aplicada a Produção Animal (BIOPA), localizado no Departamento de Zootecnia da UFRPE.

#### 4.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados por análise de variância (ANOVA), utilizando o teste F com o valor de  $\alpha = 0,05$ , utilizando o pacote o Statistical Analysis System (SAS, 2009). O modelo estatístico aplicado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Onde,  $y_{ij}$  é o valor da variável resposta relacionada à observação referente ao tratamento  $i$  no bloco  $j$ ,  $\mu$  é a média geral,  $T_i$  é o efeito no  $i$ -ésimo tratamento com  $i = 1, 2, 6$ ,  $B_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo bloco com  $j = 1, 2, 8$  e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental aleatório distribuído com média zero e variância  $\sigma^2$  associado à observação  $y_{ij}$ .

Foi realizado a análise de variância, se significativo foi feito a análise de regressão, utilizando o pacote o Statistical Analysis System (SAS, 2009), avaliando efeito linear, quadrático e cúbico. Para verificar quais os níveis de inclusão de zeólita natural (Clinoptilolita) diferiu da dieta controle, foi utilizado o teste de Dunnett a 5% de significância.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação as variáveis hematológicas das poedeiras, foi observado um efeito significativo apenas nos linfócitos totais ( $p=0,0006$ ), como mostra as Tabelas 3 e 4. Quando realizado a análise de regressão, foi encontrado efeito quadrático para essa variável ( $p=0,0035$ ). De acordo com a equação, foram observadas maiores concentrações de linfócitos nos níveis de 3,5% e menores no nível de 1,10%, como mostra a Figura 3. Ao aplicar o teste de Dunnet, foi visto que o valor absoluto dos linfócitos diferiu em função da zeólita natural (Clinoptilolita) em relação a dieta controle no nível de 3,5% de inclusão.

**Tabela 3.** Valores absolutos e relativos, médias e erro padrão das variáveis hematológicas de poedeiras semipesadas da linhagem ISA Brown alimentadas com dietas contendo diferentes nível de zeólita (Clinoptilolita) e valor de probabilidade segundo o teste F.

Parâmetro	Níveis de Zeólita, %						Média Geral	Prob Nível
	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5		
Leucócitos x100/mm <sup>3</sup>	1970±200	2213±294	2047±206	2200±493	2535±342	3117±335	2347±140	0,0815
Eosinófilos totais x100/mm <sup>3</sup>	18,13± 8,32	0,00±0,00	14,72± 7,07	59,63±42,31	8,150±8,150	11,45± 7,89	18,68± 7,68	0,3455
Eosinófilos relativos, %	1,000±0,447	0,00±0,00	0,667±0,333	1,833±0,872	0,500±0,500	0,333±0,211	0,722±0,206	0,2454
Heterófilos totais x100/mm <sup>3</sup>	1040±206	1180±206	1244±178	1185±252	1258±281	1428±287	1222± 92	0,792
Heterófilos relativos, %	50,83± 6,23	52,17± 3,64	59,67± 5,25	54,17± 2,04	46,67± 5,05	45,33± 6,09	51,47± 2,03	0,4677
Linfócitos totais x100/mm <sup>3</sup>	869,0± 91,0	1000±116,3	758,5±119,3	822,6±125,8	1215±111	1606±203*	1045± 70	0,0006
Linfócitos relativos, %	45,83± 5,87	46,33± 3,74	38,17± 5,16	39,83± 2,98	50,33± 5,20	52,00± 5,43	45,42± 2,02	0,3548
Monócitos totais x100/mm <sup>3</sup>	43,25±14,82	33,18± 9,12	29,47± 4,51	133,0± 84,1	54,53±17,11	72,03±25,94	60,90±15,31	0,3745
Monócitos relativos, %	2,333±0,955	1,500±0,342	1,500±0,224	4,167±1,740	2,500±1,118	2,333±0,843	2,389±0,409	0,57
Heterófilos: Linfócitos	1,079±0,268	1,193±0,168	1,317±0,284	1,408±0,134	1,151±0,191	0,981±0,213	1,185±0,081	0,6874

\*Média difere pelo teste de Dunnet ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 4.** Valores médios e erro padrão das variáveis hematológicas de poedeiras semipesadas da linhagem ISA Brown alimentadas com dietas contendo diferentes nível de zeólita (Clinoptilolita) e valor de probabilidade segundo o teste F.

Parâmetro	Níveis de Zeólita, %						Média Geral	Prob Nível
	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5		
Plaquetas totais /mm <sup>3</sup>	5500±885	7000±2000	5667±615	4500±428	5000±816	5833±703	5583±372	0,5868
Hemácias x 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	2337±161	2247±203	2150±141	2435±251	2393±166	2228±143	2298± 71	0,8027
Hematócrito, %	26,33± 0,92	27,83± 1,40	27,00± 0,26	26,17± 0,65	26,33± 1,12	25,67± 0,88	26,56± 0,37	0,4592
Hemoglobina, g/dL	8,750±0,335	9,350±0,527	8,817±0,111	8,800±0,254	8,850±0,419	8,433±0,410	8,833±0,146	0,5479
Hemoglobina Corpuscular Média, pg	38,41± 3,03	42,55± 2,77	41,95± 2,95	37,48± 2,86	37,50± 2,06	38,45± 2,48	39,39± 1,08	0,7371
Concentração da Hemoglobina Corpuscular Média, g/dL	33,21± 0,29	33,54± 0,34	32,65± 0,16	33,62± 0,33	33,60± 0,69	32,84± 0,97	33,24± 0,21	0,7935
Volume Corpuscular Médio, fL	115,5± 8,6	126,9± 8,3	128,4± 8,6	111,7± 8,9	111,3± 4,3	116,9± 6,0	118,4± 3,1	0,5959
Proteína Plasmática Total, g/dL	7,533±0,813	8,240±0,695	7,333±0,169	7,250±0,280	7,800±0,529	7,400±0,556	7,574±0,213	0,6091
Hemoglobina x3: Hematócrito	0,996±0,009	1,006±0,010	0,980±0,005	1,009±0,010	1,008±0,021	0,985±0,029	0,997±0,006	0,7935
Hemácias x3: Hemoglobina	0,806±0,065	0,719±0,044	0,733±0,051	0,828±0,072	0,812±0,045	0,796±0,050	0,782±0,022	0,7322



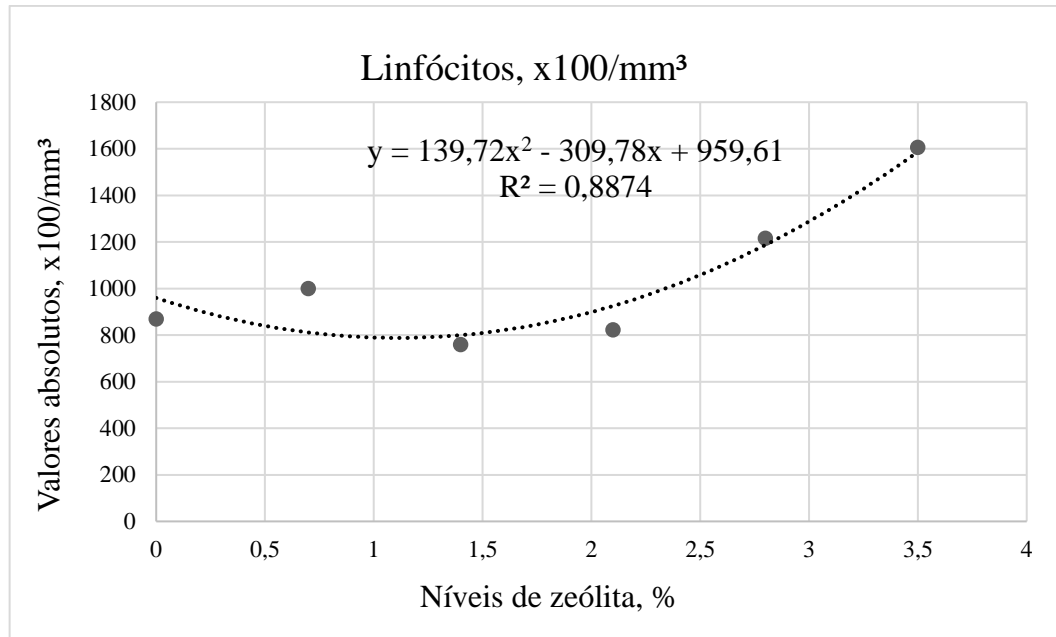


Figura 3. Efeito de diferentes níveis de zeólita (clinoptilolita) sobre os valores absolutos de linfócitos.

No que se refere as variáveis de hematologia, foi observado um aumento dos valores de linfócitos no nível de 3,5% de inclusão de zeólita, concordando com estudo realizado por Jarosz et al. (2017), onde adicionarem 2% de zeólita natural clinoptilolita na dieta de frangos de corte, observaram uma elevação na concentração de linfócitos T do tipo CD4+CD25+. Esses resultados, demonstram que a suplementação alimentar com a zeólita promove o processo de proliferação de linfócitos, principalmente as células T, onde pode estar associado à uma estimulação pela clinoptilolita como um antígeno (OZESMI et al., 1986), já que a primeira linha de defesa são os linfócitos T e são responsáveis por incentivar o sistema imunológico a responder a infecções ou agentes indutores de estresse (ZEKARIA et al., 2002).

Já em pesquisa realizada por Oguz et al. (2000), a adição de 1,5 e 2,5% de clinoptilolita na alimentação de pintos da linhagem Avian, não afetou significativamente os valores hematológicos de heterófilos, monócitos, basófilos e eosinófilos, concordando com os resultados aqui encontrados, porém discordam ao relatar que os níveis de zeólita não afetaram as concentrações de linfócitos.

Os valores observados nesse estudo para hemoglobina na dieta controle (8,750 g/dL), foram próximos aos encontrados por Machacek et al. (2010), que ao adicionarem 2% de inclusão de clinoptilolita na dieta de galinhas poedeiras, encontraram valores de hemoglobina em torno de 7,940 g/dL, concluindo que os níveis de zeólita utilizados nessa pesquisa não alteraram esse parâmetro hematológico. Também concordam com os resultados obtidos por Emam et al. (2019), que não relataram diferenças significativas nos hematócritos e na

hemoglobina corpuscular média dos grupos de galinhas poedeiras que receberam 2 e 4% de zeólita dietética.

Em relação a bioquímica sérica, não foi observado efeito significativo da inclusão de diferentes níveis de zeólita natural (Clinoptilolita) nas variáveis de bioquímica sérica das aves (proteínas totais, albumina, cálcio, globulina, creatinina, fosfatase alcalina (ALP), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), gama glutamil transferase (GGT), urato/ácido úrico, ureia), podendo ser visualizado na Tabela 5.

Esses resultados concordam com estudo de Lotfollahian et al. (2004), onde não foram encontrados efeitos nos fatores bioquímicos de cálcio, fósforo, albumina, e creatinina ao adicionarem diferentes tipos de zeólita naturais (clinoptilolita e heulandita) nos níveis de 2, 4 e 6% em dietas de frangos. Resultados semelhantes foram relatados por Kavan et al. (2013), no que se refere a fosfatase alcalina, onde não encontraram efeito significativo ao incluir os níveis de 1, 3 e 5% de clinoptilolita em diferentes tamanhos de partículas (<0,25 mm; 0,4-0,8 mm e 1-2 mm) nas dietas de frangos de corte.

No que se refere ao ácido úrico/urato, foi visto uma concentração média de 3,293 mg/dL, estando dentro do valor de referência para poedeiras, onde costumam ter níveis entre 2 e 7 mg/dL (HOCHLEITHNER, 1994; ALONSO-ALVARES, 2005; CAPITELLI; CROSTA, 2013). Valores acima 15 mg/dl nas aves podem levar a lesão renal com insuficiência crônica do órgão e óbito (BRETZ, 2015), podendo afirmar que a utilização de níveis de até 3,5% de clinoptilolita não prejudicaram nem aumentaram os valores de ácido úrico dos animais. Esse resultado discorda com os encontrados por Curtui (2000), onde relatou que a suplementação de dieta de frangos de corte com 0,5% de zeólita ocasionou em uma elevação na concentração dessa variável.

Já em relação a proteína sérica, os diferentes níveis de zeólita aqui utilizados não afetaram suas concentrações no sangue, discordando com Safaeikatouli et al. (2011), que observaram um aumento na concentração total em 3% de inclusão de zeólita e Curtui (2000) que encontrou uma diminuição significativa da proteína no soro com a suplementação de 0,5% do aditivo, ambos em frangos de corte.

Segundo Barbosa et al. (2011), a creatinina está presente no soro aviários em pequenas concentrações, já que a creatina é excretada pelos rins antes de ser convertida em creatinina. Porém, os valores normais de creatinina nas aves são constantes, estando entre 0,05 e 0,35 mg/dL, onde ao comparar com os níveis encontrados nesse estudo, uma média de 0,30 mg/dL, é possível afirmar que estão dentro da taxa de normalidade, confirmando que as diferentes inclusões da zeólita não interferiu nos valores séricos dessa variável.

**Tabela 5.** Valores médios e erro padrão das variáveis de bioquímica sérica de poedeiras semipesadas da linhagem ISA Brown alimentadas com dietas contendo diferentes nível de zeólita (Clinoptilolita) e valor de probabilidade segundo o teste F.

Parâmetro	Níveis de Zeólita, %						Média Geral	Prob Nível
	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5		
Proteína Total (g/dL)	8,940±0,397	9,533±0,392	9,651±0,321	9,837±0,333	9,708±0,309	9,618±0,265	9,548±0,137	0,5452
Albumina (g/dL)	1,651±0,134	1,728±0,122	1,744±0,231	1,805±0,094	1,918±0,137	1,967±0,149	1,802±0,060	0,7138
Globulina (g/dL)	7,289±0,329	7,806±0,292	7,907±0,323	8,032±0,303	7,790±0,276	7,651±0,315	7,746±0,123	0,6118
Relação Glob:Alb	4,639±0,483	4,622±0,235	5,179±0,759	4,528±0,290	4,238±0,402	4,082±0,381	4,548±0,184	0,6496
Creatinina (mg/dL)	0,30±0,032	0,31±0,039	0,31±0,020	0,30±0,023	0,29±0,034	0,28±0,039	0,30±0,013	0,9585
Fosfatase (U/L)	539,3±74,5	558,5±64,5	560,5±46,4	527,3±30,5	475,2±45,9	422,2±48,7	515,8±22,0	0,5527
AST - TGO (U/L)	171,6±6,7	166,1±5,0	164,1±7,8	162,9±6,7	167,0±11,0	176,0±8,5	168,0±3,1	0,8661
GGT (U/L)	295,1±65,5	378,1±69,5	399,8±19,4	398,4±35,7	393,5±68,0	390,2±70,2	375,5±22,9	0,6198
TGP – ALT (U/L)	21,66±2,70	16,96±3,74	15,96±3,92	18,05±3,62	20,35±6,15	23,74±5,57	19,45±1,76	0,7694
Cálcio (mg/dL)	32,52±1,48	33,05±0,82	32,94±1,56	32,55±0,79	32,00±1,23	30,82±0,68	32,31±0,46	0,7786
Urato (mg/dL)	3,678±0,375	3,537±0,435	3,316±0,429	3,173±0,511	3,051±0,570	2,966±0,424	3,293±0,183	0,8733
Ureia (mg/dL)	1,918±0,223	1,990±0,209	2,032±0,164	2,033±0,161	1,947±0,217	1,727±0,125	1,941±0,074	0,7819

AST-TGO - Transaminase oxalacética ou Aspartato aminotransferase, TGP-ALT - Transaminase pirúvica ou Alanina aminotransferase, GGT - Gama glutamil transferase.

As concentrações de aspartato aminotransferase (AST) encontrados nesse experimento (171,6 U/L) estão próximos aos relatados como valores de referência para aves de postura, em torno de 174,8 U/L, assim como os de alanina aminotransferase (ALT), ao visualizar que dados desse estudo, 21,66 U/L, está dentro da taxa de normalidade de 0-100 U/L dessa enzima (LPA-UN, 2010; KANEKO et al., 1997), não sofrendo influências da clinoptilolita. Porém, Galeano e Picado (2021), encontraram efeito significativo e valores mais elevados de AST e ALT ao suplementarem a dieta de frangos de corte com 3% do aditivo, com concentrações de 219,33 U/L e 25,67 U/L respectivamente, discordando com os resultados encontrados nesse presente estudo.

Os valores séricos de cálcio também não foram afetados pelos distintos níveis de zeólita, podendo ser argumentado que não houve uma relação sinérgica ou antagônica entre a inclusão do aditivo com o conteúdo de macrominerais na alimentação das aves de postura, onde embora a zeólita possam induzir alterações na absorção de elementos, como o cálcio e fósforo, e no balanço eletrolítico (WATKINS; SOUTHERN, 1991), a clinoptilolita não afetou o equilíbrio de cálcio no sangue dos animais. Segundo Berto et al. (2013), os efeitos da inclusão de zeólita não foram benéficos para os níveis sanguíneos de cálcio, já que as aves que não receberam a dieta com clinoptilolita apresentaram concentrações semelhantes às suplementadas com 0,25% do aditivo. Esses resultados concordam com os de Frost et al. (1992), onde não observaram efeito da inclusão de 0,75% de zeólita em dietas de poedeiras comerciais sobre essa variável. Porém, discordam com Amad e Al-ansi (2018) que indicaram que a suplementação de 1,5% de zeólita natural na dieta de frangos de corte aumentou significativamente o cálcio sanguíneo quando comparado ao controle e outros níveis do aditivo utilizados (0,5 e 1%).

## **6. CONCLUSÃO**

A clinoptilolita pode ser utilizada na alimentação de aves de postura no nível de 3,5% de inclusão, proporcionando maior quantidade de linfócitos, estimulando a produção de anticorpos e melhorando a imunidade. Já para o perfil bioquímico sérico, a inclusão de diferentes níveis do aditivo não demonstrou efeito nas variáveis avaliadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2022. São Paulo: ABPA. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/>. Acesso: 09 de set. 2022.

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v. 25, p. 1145-1154, 2002.

AGUIAR, M.R.M.P.; NOVAES, A.C. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v.25, p.1145- 1154, 2002

ALMEIDA, J. M. *et al.* Importância da imunidade nas aves. *In: III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. Anais...* 2013

ALMOSNY, N. R. P.; MONTEIRO, A. O. Patologia Clínica. *In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. Tratado de Animais Selvagens – Medicina Veterinária.* São Paulo: Roca, 2006. Cap. 59. p. 939-964.

ALONSO-ALVAREZ, C. Age-dependent changes in plasma biochemistry of yellow-legged gulls (*Larus cachinnans*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 140, n. 4, p. 512-518, 2005.

AMAD, A. A.; AL-ANSI, S. H. Addition of natural Zeolite to broiler chickens diet and its effect on performance, carcass traits and protein and calcium in blood. **Journal of Veterinary Research**, v. 74, p. 261-271, 2018.

AMARAL, G. F. *et al.* Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. 2016.

ANDRONIKASHVILI, T. *et al.* Possibility of application of natural zeolites for medicinal purposes. **Bull Georgian Natl Acad Sci**, v. 3, n. 2, p. 158-167, 2009.

ARMBRUSTER, T. Clinoptilolite-heulandite: applications and basic research. **Zeolites and Mesoporous Material at the Dawn**, v. 21, p. 127-135, 2001.

ARMBRUSTER, T. Clinoptilolite-heulandite: applications and basic research. *In: Studies in surface science and catalysis.* Elsevier, 2001. p. 13-27.

BARBOSA, T. S. *et al.* Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba, SP. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1583-1587, 2011.

BERNARDI, A. D. C. *et al.* Potencial de uso de zeólitas na agropecuária. *In: CONGRESSO BRASILEIRO ROCHAGEM*, 2009, Brasília. **Anais...** Brasília: Petrobras: Embrapa: MCT: MME, 2009.

BERTO, D. A. *et al.* Effects of dietary clinoptilolite and calcium levels on the performance and egg quality of commercial layers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, p. 263-268, 2013.

BERTO, D. A. **Níveis de clinoptilolita e cálcio na dieta de poedeiras comerciais no final do primeiro ciclo de produção.** 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Paraná.  
 BOUNOUS, D. I.; STEDMAN, N. L. Normal avian hematology: chicken and turkey. **Schalm's veterinary hematology**, p. 1147-1154, 2000.

BRETZ, B. A. M.. Síndrome da gota úrica em aves mantidas em cativeiro: artigo de revisão. **NBC-Periódico Científico do Núcleo de Biociências**, v. 5, n. 9, p. 21-26, 2015.

BÜNZEN, S.; HAESE, D. Controle de micotoxinas na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 3, n. 1, p. 299-304, 2006.

CAMPBELL, T. W. Hematology In: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON L. R. **Avian medicine: principles and application.** Lake Worth: Wingers Publishing, 1994. p. 176-198

CAMPBELL, T. W. **Veterinary hematology and clinical chemistry.** 2. ed. Wiley-Blackwell, 2012.

CAMPBELL, T. W.; DEIN, F. J. Avian hematology. The basics. **The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, v. 14, n. 2, p. 223-248, 1984.

CAMPBELL, T.W. Clinical chemistry os birds. IN: THALL, M.A. **Veterinary hematology and clinical chemistry.** Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. 2004, p. 479-492.

CAMPBELL, T.W. Hermatologia e bioquímica de aves. In: THRALL, M.A. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária.** São Paulo: Roca, 2006. p.215- 246; 448-460.

CÂNDIDO, M. V. **Hematologia, bioquímica sérica e nutrição em aves: cracidae.** 2008. 38f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 71-120, 2013.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, n. 4, p. 419-424, 2003.

CARVALHO, C. V. M. *et al.* Zeólita Clinoptilolita: Estudo da sua interação com íon cálcio usando dinâmica molecular de Car-Parrinello. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 1, p. 115-119, 2015.

CELTA BRASIL. **Indústria Celta Brasil.** Disponível em: <<https://www.celtabrasil.com.br/>>. Acessado em: 29 de set de 2022.

CHARLES NORIEGA, M.L.V.C. **Apuntes de hematología aviar: material didático para curso de hematología aviária.** Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de producción animal: Aves. México, 2000. 70p. (Apostila mimeo).

CHEON, J. H. *et al.* Plant sterol guggulsterone inhibits nuclear factor- $\kappa$ B signaling in intestinal epithelial cells by blocking I $\kappa$ B kinase and ameliorates acute murine colitis. **Inflammatory bowel diseases**, v. 12, n. 12, p. 1152-1161, 2006.

CHRÉTIEN, A. *et al.* Role of TGF- $\beta$ 1-independent changes in protein neosynthesis, p38 $\alpha$ MAPK, and cdc42 in hydrogen peroxide-induced senescence-like morphogenesis. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 44, n. 9, p. 1732-1751, 2008.

CUNHA, M.N.M. *et al.* Leucograma em frangos de corte industrial. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA. 1987, Natal, RN. **Anais...** Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, 1987. p.50-51.

CURTUI, V. G. Effects of feeding aFusarium poae extract and a natural zeolite to broiler chickens. **Mycotoxin Research**, v. 16, n. 1, p. 43-52, 2000.

D'ALOIA, M. A. *et al.* Haemopathological responses to chronic inflammation in the houbara bustard (*Chlamydotis undulata macqueenii*). **Comparative Haematology International**, v. 4, n. 4, p. 203-206, 1994.

EMAM, K. R. S. *et al.* Effect of zeolite dietary supplementation on physiological responses and production of laying hens drinking saline well water in south sinai. **World Vet. J**, v. 9, n. 2, p. 109-122, 2019.

FAO. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. Agribusiness Handbook. Poultry Meat & Eggs. FAO Investment Centre Division, Rome, 2015.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Production eggs, other bird, in shell. Roma: FAO, 2022.

FARIA, P. P. *et al.* Análises bioquímicas para frango de corte – revisão. **Nutritime Revista Eletrônica**, on-line, Viçosa, v.18, n.6, p.9004-9014, nov/dez, 2021. ISSN: 1983-9006.

FORTES, E. A. M. *et al.* Morfologia das células do sangue periférico em emas (*Rhea americana*). São Paulo: Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science, v. 46, n. 3, p. 215-221, 2009.

FROST, T. J. *et al.* The effect of sodium zeolite A and cholecalciferol on plasma levels of 1, 25-dihydroxycholecalciferol, calcium, and phosphorus in commercial leghorns. **Poultry science**, v. 71, n. 5, p. 886-893, 1992.

FUDGE, A. M. Avian clinical pathology: hematology and chemistry. *In*: ALTMAN, R. B. Avian medicine and surgery. Philadelphia: Saunders, 1997.p.142-157.

FUDGE, A. M. Avian Complete Blood Count. *In*: Laboratory Medicine: Avian and Exotic Pets. Oxford: Saunders Elsevier, 2000. Cap. 2. p. 9-18.

GALEANO, E. A. C.; PICADO, T. C. D. Efecto dietético de la zeolita en los indicadores biológicosde pollos de engorde. **Proyecto Especial de Graduación**. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. 2021.

GARCÍA, H. C. La aplicación de Zeolita en la producción avícola: Revisión. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 17-23, 2010.

GERTNER, L. R. S.; SANTIN, E.; SAAD, M. B. Influência da fumonisina sobre a resposta imunológica de aves: revisão bibliográfica. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 6, n. 3, p. 401-11, 2008.

GIANNETTO, G.; MONTES, A.; RODRÍGUEZ, G. Zeolitas: Características, propiedades y aplicaciones industriales. **Caracas**, 1990.

GIOTTO, D. B. **Simulação da disseminação da doença de Newcastle relacionando o trânsito de veículos entre empresas integradoras e unidades de produção de frangos de corte**. 2009. 88f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GOULART, C. E. S. **Valores hematológicos de referência para papagaios verdadeiros (Amazona aestiva – Psittacidae) mantidos em cativeiro**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva) – Universidade Federal de Minas Gerais.

GRĄDZKI, Z. *et al.* The effect of feed supplementation with Transcarpathian zeolite (clinoptilolite) on the concentrations of acute phase proteins and cytokines in the serum and hepatic tissue of chickens. **Poultry science**, v. 99, n. 5, p. 2424-2437, 2020.

GRECCHI, R. *et al.* Morphological changes, surface receptors and phagocytic potential of fowl mono-nuclear phagocytes and thrombocytes in vivo and in vitro. **Journal of Pathology**, v. 130, n. 1, p. 23-31, 1980.

GREEN, R. A.; BLUE-MACLENDON, A. Ratite hematology. *In*: FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N. C. *Scalm's veterinary hematology*. 5ª ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. Cap. 187, p. 1201-1206.

GRUNKEMEYER, V. L. Advanced diagnostic approaches and current management of avian hepatic disorders. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 13, n. 3, p. 413-427, 2010.

HARMON, B. G. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. **Poultry science**, v. 77, n. 7, p. 972-977, 1998.

HARR, K. E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. **Veterinary clinical pathology**, v. 31, n. 3, p. 140-151, 2002.

HARRIS, D. J. Clinical Tests. *In*: TULLY, T. N.; DORRESTEIN, G. M.; JONES, A. K. **Avian Medicine**. 2ª ed. Oxford: Saunders Elsevier, 2000. Cap. 3. p. 43- 51.

HOCHLEITHNER, M. Biochemistries *In*: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON L. R. **Avian medicine: principles and application**. Lake Worth: Wingers Publishing, 1994. p. 176-19

HODGES, R.D.: Normal avian (poultry) haematology. *In*: ARCHER, R.K.; JEFFCOTT, L.B. (eds.). *Comparative clinical haematology*. London: **Blackwell Scientific Publications**, 1977. p. 483-517

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro 2017. Disponível em:



<<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acessado em 08 de set. de 2022.

JAENSCH, S. Diagnosis of avian hepatic disease. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 9, n. 3, p. 126-135, 2000.

JAROSZ, L. *et al.* The effect of feed supplementation with Zakarpacki zeolite (clinoptilolite) on percentages of T and B lymphocytes and cytokine concentrations in poultry. **Poultry science**, v. 96, n. 7, p. 2091-2097, 2017.

JUNGHANNS, M. K. Aids to diagnosis *In*: COLES, B. H. **Essentials of avian medicine and surgery**. 3 ed. Iowa: Blackwell Science, 2007.p. 56- 71.

JÚNIOR, J. C. E. **Avaliação de desempenho de frangos de corte intoxicados com aflatoxinas e submetidos às concentrações de 0,25% e 0,5% de montmorilonita como adsorvente**. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Porto Alegre.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Células do sangue. *In*: Histologia Básica. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. Cap. 12. p. 223-237.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.

KAVAN, B. P. *et al.* Comparison of the effects of clinoptilolite and sodium zeolite a on tibia bone mineralisation and calcium and phosphorus utilisation in broiler chicks. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences**, v. 4, n. 11, p. 3389-3395, 2013.

KOKOSHAROV, T. Changes in the white blood cells and specific phagocytosis in chicken with experimental acute fowl typhoid. **Veterinarski arhiv**, v. 68, n. 1, p. 33-38, 1998.

LEWANDOWSKI, A.H.; CAMPBELL, T.W.; HARRISON, G.J. Clinical Chemistries. *In*: HARRISON, G.J.; HARRISON, L.R. **Clinical Avian Medicine**, Philadelphia: W. B. Saunders, 1986, p. 192-200.

LOTFOLLAHIAN, H. *et al.* Study on the effects of two kinds of natural zeolite in diets on blood biochemical parameters, relative weight of body organs and broilers performance. **Pajouhesh and Sazandegi**. 64, 18-34.

LPA UN. Laboratorio de Patología Aviar, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, Registros, historias clínicas 2003- 2010.

LUCAS, A.M.; JAMROZ, C. Atlas of Avian Hematology, Washington: U.S. Department of Agriculture, 1961, 271p

LUMEIJ, J.T. Avian Clinical Biochemistry. *In*: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5th ed San Diego: Academic Press, 1997.

LUNA, F. J.; SCHUCHARDT, U. Modificação de zeólitas para uso em catálise. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 885-892, 2001.

LUZ, A. B. **Zeólitas: propriedades e usos industriais**. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq, 1994. 37p. (CETEM. Série Tecnologia Mineral, 68).

MACHÁČEK, Miroslav et al. Effect of the feed additive clinoptilolite (ZeoFeed) on nutrient metabolism and production performance of laying hens. **Acta Veterinaria Brno**, v. 79, n. 9, p. 29-34, 2010.

MACWHIRTER, P. Basic anatomy, physiology and nutrition. *In: Handbook of avian medicine*. WB Saunders, 2009. p. 25-55.

MELILLO, A. Applications of serum protein electrophoresis in exotic pet medicine. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 211-225, 2013.

MITCHELL, E. B.; JOHNS, J. Avian hematology and related disorders. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 11, n. 3, p. 501-522, 2008.

MORGULIS, M.S. Imunologia aplicada. *In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E.* (Eds.). *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

MUMPTON, F. A. La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 7, p. 3463-3470, 1999.

OGUZ, H. *et al.* Effect of clinoptilolite on serum biochemical and haematological characters of broiler chickens during aflatoxicosis. **Research in Veterinary Science**, v. 69, n. 1, p. 89-93, 2000.

OLANDERS, K. *et al.* The effect of intestinal ischemia and reperfusion injury on ICAM-1 expression, endothelial barrier function, neutrophil tissue influx, and protease inhibitor levels in rats. **Shock**, v. 18, n. 1, p. 86-92, 2002.

OLIVEIRA, D. R. M. S.; NÄÄS, I. A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS*, 2012, Rhodes. **Anais [...]** Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: proceedings, Greece: Internacional Federation for Information Processing, 2012.

OLVER, M. D. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. **British poultry science**, v. 38, n. 2, p. 220-222, 1997.

OZESMI, M. *et al.* Phenotypic characterisation of peripheral blood lymphoid cells in people exposed to fibrous zeolite. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 43, n. 12, p. 830-833, 1986.

PAVELIC, K. *et al.* Immunostimulatory effect of natural clinoptilolite as a possible mechanism of its antimetastatic ability. **Journal of cancer research and clinical oncology**, v. 128, n. 1, p. 37-44, 2002.

PAVLAK, M. S. D. **Zeólita clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte**. 2020. 99f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu.

- RAJMAN, M. *et al.* The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 145, n. 3, p. 363-371, 2006.
- REZENDE, N. G. A. M.; ANGÉLICA, R. S. Sedimentary zeolites in Brazil. **Mineralogica et Petrographica Acta**, Bologna, v. 42, p. 71- 82, 1991.
- ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 2017. 4ª edição, Viçosa, MG: UFV, p. 488.
- SAFAEIKATOULI, M. *et al.* An evaluation on the effects of dietary kaolin and zeolite on broilers blood parameters, T4, TSH and growth hormones. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n. 3, p. 233-237, 2011.
- SANTOS FILHO, J.I. *et al.* Os 35 anos que mudaram a avicultura brasileira. *In: Sonho, Desafio e Tecnologia*. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia; EMPRABA-CNPSA, p. 470. 2011.
- SANTOS FILHO, J.I.; TALAMINI, D.J.D.; CHIUCHETA, O. A avicultura brasileira na virada do milênio. **Revista Avicultura Industrial**, jan. 2000.
- SANTURIO, J. M. *et al.* Effect of sodium bentonite on the performance and blood variables of broiler chickens intoxicated with aflatoxins. **British Poultry Science**, v. 40, n. 1, p. 115-119, 1999.
- SCHMIDT, E. M. S. *et al.* Patologia clínica em aves de produção—uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola—revisão. **Archives of veterinary Science**, v. 12, n. 3, 2007.
- SCHOSSLER, J. E. W.; SERAFINI, G. M. C.; LUCAS, S. S. Valores laboratoriais e aspectos histológicos de codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*). **Rev. Cien. Elet. Med. Vet**, v. 21, p. 1-13, 2013.
- SCOPE, A.; SCHWENDENWEIN, I. Laboratory evaluation of renal function in birds. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 23, n. 1, p. 47-58, 2020.
- SHI, Q. *et al.* Ammonia induces Treg/Th1 imbalance with triggered NF-κB pathway leading to chicken respiratory inflammation response. **Science of The Total Environment**, v. 659, p. 354-362, 2019.
- SHINZATO, M.C. Remoção de metais pesados em solução por zeólitas naturais: revisão crítica. **Revista do Instituto Geológico**, v.27-28, n.1/2, p.65-78, 2007.
- SHURSON, G. C. *et al.* Effects of zeolite A or clinoptilolite in diets of growing swine. **Journal of Animal Science**, v. 59, n. 6, p. 1536-1545, 1984.
- SILVA, E.N. 2004. A polêmica da resistência a antibióticos em aves. Disponível em: <<http://www.abrapa.org.br>>. Acesso: 20 de set. de 2022.
- SOBRANE FILHO, S. T. *et al.* Effects of mycotoxin adsorbents in aflatoxin B 1-and fumonisin B 1-contaminated broiler diet on performance and blood metabolite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 250-256, 2016.

STURKIE, P. D.; GRIMINGER, P. Body fluids: blood. In: **Avian physiology**. Springer, New York, NY, 1986. p. 102-129.

TENFEN, C. *et al.* Desempenho de aves poedeiras em diferentes densidades de alojamento. **Revista Cultivando o Saber**, v. 1, n. 4, p. 88-95, 2018.

TESSARI, E. N. C. *et al.* Parâmetros hematológicos de frangos de corte alimentados com ração contendo aflatoxina B1 e fumonisina B1. **Ciência Rural**, v. 36, p. 924-929, 2006.

THRALL M. A. *et al.* **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Lippincott: Williams & Wilkins, 2004. 618p.

THRALL, A. M. *et al.* Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária. Roca, 2015. p. 205-239.

UBABEF. União Brasileira de Avicultura - Relatório anual (2012). Disponível em: <<http://www.brazilianchicken.com.br/files/publicacoes/d220421fe22b294a31a584138b5fda95.pdf>>. Acesso em: 15 de set. 2022

USGS. Mineral Commodity Summaries. US Geological Survey, 2022. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-zeolites.pdf>>. Acesso em: 15 de set de 2022.

WATKINS, KEVIN L.; SOUTHERN, L. LEE. Effect of dietary sodium zeolite A and graded levels of calcium on growth, plasma, and tibia characteristics of chicks. **Poultry Science**, v. 70, n. 11, p. 2295-2303, 1991.

WU, Q. J. *et al.* Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. **Poultry Science**, v. 92, n. 3, p. 684-692, 2013.

ZEKARIAS, B. *et al.* Immunological basis of differences in disease resistance in the chicken. **Veterinary Research**, v. 33, n. 2, p. 109-125, 2002.

ZHANG, J. *et al.* Proteome changes in the small intestinal mucosa of broilers (*Gallus gallus*) induced by high concentrations of atmospheric ammonia. **Proteome science**, v. 13, n. 1, p. 1-14, 2015.