

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

Farinha de samambaia d'água (*Azolla filiculoides*) na dieta de codornas japonesas

Diciane Zeni Giehl

Pelotas, 2020

Diciane Zeni Giehl

Farinha de samambaia d'água (*Azolla filiculoides*) na dieta de codornas japonesas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, na área de concentração: Nutrição de Não Ruminantes.

Orientador: Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier

Co-orientador: Prof. Dr. Victor Fernando Büttow Roll

Co-orientadora: Prof. Dra. Débora Cristina Nichelle Lopes

Pelotas, 2020

Diciane Zeni Giehl

Farinha de samambaia d'água (*Azolla filiculoides*) na dieta de codornas japonesas

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 27 de fevereiro de 2020

Banca Examinadora:

Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier.
Ph.D. em *Animal Sciences* pela *University of Kentucky*

Prof. Ph.D. Fernando Rutz.
Ph.D. em *Animal Sciences* pela *University of Kentucky*

Prof. Dr. Marcos Antonio Anciuti.
Doutor em Produção Animal pela Universidade Federal de Pelotas

Dra. Aline Arassiana Piccini Roll.
Doutora em Nutrição Animal pela Universidade Federal de Pelotas

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G454a Giehl, Diciane Zeni

Farinha de samambaia d'água (*Azolla filiculoides*) na dieta de codornas japonesas / Diciane Zeni Giehl ; Eduardo Gonçalves Xavier, orientador ; Victor Fernando Büttow Roll, Débora Cristina Nichelle Lopes, coorientadores. — Pelotas, 2020.

85 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Alimento alternativo. 2. Avicultura. 3. *Coturnix coturnix japonica*. 4. Macrófita aquática. 5. Qualidade de ovos. I. Xavier, Eduardo Gonçalves, orient. II. Roll, Victor Fernando Büttow, coorient. III. Lopes, Débora Cristina Nichelle, coorient. IV. Título.

CDD : 636.59

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Dedico este trabalho a minha irmã Dionéia.
Pelo coração enorme que tens e pelo
ser humano maravilhoso que és!

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao professor e orientador Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier e aos professores e co-orientadores Dr. Victor Fernando Büttow Roll e Dra. Débora Cristina Nichelle Lopes.

Aos professores Ph.D. Fernando Rutz, Dr. Marcos Antonio Anciuti, Dra. Ana Paula Nunes e Dra. Márcia Arocha Gularte.

Aos técnicos de laboratório M.Sc. André Silveira da Silva, Ana Elice Furtado da Silva e Dr. Luis Augusto Xavier Cruz.

Aos servidores Norma Alessandra Dias Brauner e José Ulisses da Silva Azambuja e ao Médico Veterinário M.Sc. Paulo Ricardo Centeno Rodrigues.

À Polinutri Alimentos S.A. representada pelo Dr. Everton Elibert Rodrigues.

Às colegas da pós-graduação, Dra. Aline Arassiana Piccini Roll, Dra. Caroline Bavaresco, M.Sc. Suelen Nunes da Silva, M.Sc. Carolina Oreques de Oliveira, M.Sc. Renata Cedres Dias, M.Sc. Paola de Freitas Feltrin, Joyce Pereira Lopes e Brenna Kelen Mello de Freitas.

Aos alunos da graduação Camila Von Mühlen, Igor Borges Soares e Adeline Bogo Madril.

Aos amigos Maicon da Silva Lacerda, Allan Patrick Timm de Oliveira, M.Sc. Roberta Faria Silveira e M.Sc. Michelle de Almeida Ollé.

Aos meus pais José Eugênio Giehl e Elaine Maria Kieling Giehl.

A minha irmã Dionéia Zuleica Giehl e minha sobrinha Thalia Luiza Piva.

A cada um, eu agradeço de coração toda a receptividade, paciência, auxílio e ombro amigo. Vocês compartilharam comigo todos os sentimentos que poderia expressar durante este período. Obrigada.

Resumo

GIEHL, Diciane Zeni. **Farinha de samambaia d'água (*Azolla filiculoides*) na dieta de codornas japonesas**. Orientador: Eduardo Gonçalves Xavier. 2020. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, 2020.

As plantas aquáticas proporcionam resultados positivos quanto a sua inclusão na dieta de monogástricos e o gênero *Azolla* tem despertado interesse pelo seu valor nutritivo, especialmente pela sua alta composição proteica. Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a utilização da farinha de *Azolla filiculoides* como ingrediente na dieta de codornas japonesas em postura, verificando o seu efeito sobre o desempenho produtivo, a sua digestibilidade aparente, qualidade e análise sensorial dos ovos, biometria da carcaça e de órgãos, morfometria intestinal e análise econômica das dietas. Foram utilizadas 100 codornas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura, alojadas em gaiolas metálicas, duas a duas e distribuídas aleatoriamente aos tratamentos em delineamento inteiramente ao acaso. As dietas foram divididas em cinco tratamentos, de acordo com os níveis de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* (0%, 2%, 4%, 6% e 8%), cada um com 10 repetições. O período experimental foi de 28 dias. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizada análise de regressão polinomial a 5% para a determinação do nível ótimo de utilização da farinha de *Azolla*. As variáveis ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos e a qualidade dos ovos foram analisadas semanalmente. A produção de ovos foi registrada diariamente. Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados após a primeira semana de adaptação das aves às dietas experimentais. Ao final do período experimental, foram selecionadas ao acaso seis aves por tratamento para verificação da biometria de órgãos e análise histológica do intestino. Para a análise sensorial, foram utilizados os ovos produzidos nos últimos três dias que antecederam o fim do experimento e as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Os resultados comprovam que é possível incluir até 8% da farinha de *Azolla filiculoides* na dieta de codornas japonesas em postura sem afetar negativamente o desempenho das aves e a qualidade dos ovos produzidos, incrementando a coloração das gemas e reduzindo em até 10% os custos produtivos das dietas.

Palavras-chave: Alimento alternativo. Avicultura. *Coturnix coturnix japonica*. Macrófita aquática. Nutrição animal. Qualidade de ovos.

Abstract

GIEHL, Diciane Zeni. **Water fern meal (*Azolla filiculoides*) in the diet of Japanese quails**. Advisor: Eduardo Gonçalves Xavier. 2020. 85 f. *Thesis (Master in Animal Science)* - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brazil, 2020.

Aquatic plants provide positive results when added to the monogastrics' diets and the genus *Azolla* is of particular interest for its nutritional value, especially for its high protein composition. Thus, this research evaluated the utilization of *Azolla filiculoides* meal as an ingredient in the diet of laying quails, verifying its effect on productive performance, digestibility, quality and sensory analysis of eggs, biometry of carcass and organs, intestinal morphometry and economics of the diets. A total of 100 laying quails (*Coturnix coturnix japonica*) were housed in pairs in metallic cages and randomly distributed to the treatments in a completely randomized design. The diets were divided into five treatments, according to the levels of inclusion of *Azolla filiculoides* meal (0%, 2%, 4%, 6% and 8%), each with 10 replications. The experimental period was a 28-day cycle. The treatment means were compared with the Tukey test at 5%. Analysis of polynomial regression at 5% probability was used to determine the optimal level of inclusion of *Azolla* meal in the diets. Weight gain, feed intake, feed conversion per dozen and per egg mass and egg quality were analyzed weekly. Egg production was recorded everyday. The apparent digestibility coefficients were determined after the first week of adaptation of the birds to the experimental diets. At the end of the experimental period, six birds were randomly selected per treatment for organ biometry and histological analysis of the intestine. For the sensory analysis, eggs produced in the last three days before the end of the production cycle were used and the averages were compared with the Dunnett test at 5%. The results showed the feasibility of adding up to 8% of *Azolla filiculoides* meal in the Japanese quail diet without negatively affecting performance and the quality of the eggs, increasing yolk pigmentation and reducing the production costs of the diets up to 10%.

Keywords: Alternative feedstuff. Animal nutrition. Aquatic macrophyte. *Coturnix coturnix japonica*. Egg quality. Poultry production.

Lista de Figuras

Figura 1	Fotografia. Macrófita aquática <i>Azolla filiculoides</i> Lam.....	28
Figura 2	Fotografia. Tanque para cultivo da macrófita aquática <i>Azolla filiculoides</i>	34
Figura 3	Fotografia. Volume da biomassa da <i>Azolla filiculoides</i> colhida, pré-seca e moída.....	35
Figura 4	Fotografia. Volume de ração ofertada diariamente para cada ave....	40
Figura 5	Fotografia. Identificação individual das aves com uso de anilha numérica.....	41
Figura 6	Fotografia. Gaiolas metálicas dispostas em baterias para a criação de codornas	42
Figura 7	Fotografia. Coloração das gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	47
Figura 8	Sistema de coordenadas de cor – CIE.....	48
Figura 9	Fotografia. Análise sensorial de ovos de codornas japonesas alimentadas com farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	49
Figura 10	Fotografia. Morfometria intestinal de codornas japonesas alimentadas com farinha de <i>Azolla filiculoides</i> em imagem microscópica (10x).....	51
Figura 11	Gráfico. Coloração das gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i> avaliadas com o uso de leque colorimétrico.....	60
Figura 12	Coloração das gemas de ovos de codornas alimentadas com farinha de <i>Azolla filiculoides</i> pelo sistema de coordenadas de cor – CIE.....	61
Figura 13	Gráfico. Custo de produção (R\$/100kg) das dietas contendo níveis de inclusão da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	66

Lista de Tabelas

Tabela 1	Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas com farinha de <i>Azolla filiculoides</i> para codornas japonesas em postura.....	37
Tabela 2	Composição dos aminoácidos, em base seca, da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	38
Tabela 3	Composição bromatológica, em base seca, da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	54
Tabela 4	Análise bromatológica e de energia bruta, em base seca, das dietas (referência e com 20% de farinha de <i>Azolla filiculoides</i>) e das excretas de codornas japonesas em postura.....	54
Tabela 5	Composição energética, em base seca, da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	54
Tabela 6	Peso inicial, peso final e ganho de peso de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	55
Tabela 7	Produção de ovos, consumo de ração e conversão alimentar de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	56
Tabela 8	Análise bromatológica, em base seca, das dietas com farinha de <i>Azolla filiculoides</i> e excretas de codornas japonesas em postura....	57
Tabela 9	Coeficiente de digestibilidade, em base seca, de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	58
Tabela 10	Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	59
Tabela 11	Colorimetria pelos métodos subjetivo (leque) e objetivo (com colorímetro digital) das gemas de ovos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	59

Tabela 12	Análise sensorial (textura, sabor e cor da gema) de ovos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	62
Tabela 13	Biometria da carcaça e de órgãos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	63
Tabela 14	Morfometria do íleo (comprimento do vilo, comprimento da cripta e relação comprimento do vilo:comprimento da cripta) de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	64
Tabela 15	Custo (R\$/kg) das dietas com farinha de <i>Azolla filiculoides</i> para codornas japonesas em postura.....	65

Sumário

1 Introdução	12
2 Revisão bibliográfica	15
2.1 Coturnicultura	15
2.1.1 Produção mundial e brasileira	17
2.1.2 Codorna japonesa: características produtivas.....	18
2.1.3 Criação e instalações	19
2.1.4 Ambiência.....	19
2.2 Produção de ovos	20
2.2.1 Qualidade externa e interna do ovo	21
2.3 Nutrição animal	23
2.4 Macrófitas aquáticas como alternativa alimentar.....	24
2.4.1 <i>Azolla</i>	25
2.4.2 <i>Azolla filiculoides</i> Lam.	27
2.4.2.1 Características da espécie	27
2.4.2.2 Crescimento e reprodução	29
2.4.2.3 Principais utilizações	29
2.4.2.4 Composição nutricional	30
3 Material e métodos	33
3.1 Aprovação ética.....	33
3.2 Cultivo da <i>Azolla filiculoides</i>	33
3.3 Produção da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	34
3.4 Análise bromatológica da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	35
3.5 Ensaio de digestibilidade.....	35
3.6 Formulação das dietas	37
3.7 Níveis de inclusão da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	38
3.8 Produção das dietas experimentais	39
3.9 Local e duração do experimento	40
3.10 Animais experimentais	40
3.11 Manejos.....	41
3.11.1 Pesagem, identificação e alojamento das aves.....	41
3.11.2 Iluminação, temperatura e umidade	42

3.11.3 Oferta alimentar.....	43
3.12 Variáveis analisadas.....	43
3.12.1 Peso das aves.....	43
3.12.2 Produção de ovos.....	44
3.12.3 Consumo de ração e conversão alimentar.....	44
3.12.4 Mortalidade.....	45
3.12.5 Coeficiente de digestibilidade.....	45
3.12.6 Qualidade de ovos.....	46
3.12.7 Análise sensorial.....	48
3.12.8 Biometria da carcaça e de órgãos.....	50
3.12.9 Morfometria intestinal.....	50
3.12.10 Análise econômica.....	51
3.13 Análise estatística.....	52
4 Resultados e discussão.....	53
4.1 Produção e composição nutricional da farinha de <i>Azolla filiculoides</i>	53
4.2 Desempenho zootécnico das aves.....	55
4.2.1 Peso corporal.....	55
4.2.2 Produção de ovos, consumo de ração e conversão alimentar.....	56
4.3 Mortalidade.....	56
4.4 Digestibilidade aparente.....	57
4.5 Qualidade de ovos.....	58
4.6 Análise sensorial dos ovos.....	61
4.7 Biometria de carcaça e órgãos.....	63
4.8 Morfometria intestinal.....	64
4.9 Análise econômica.....	64
5 Conclusões.....	67
Referências.....	68

1 Introdução

A avicultura é um dos setores da produção animal que mais cresce no Brasil, merecendo destaque mundial, com foco principal na produção de carne e ovos. Entre os fatores responsáveis por este desenvolvimento, se evidencia a oferta de proteína animal barata com alto valor nutricional e a necessidade de menor tempo para ser produzida quando comparada com outras espécies animais (ABADI et al., 2018).

A atividade avícola compreende diversos ramos, dentre eles a coturnicultura, outro segmento de produção que também se encontra em expansão, embora em menor escala (ALMEIDA et al., 2013). A criação de codornas desperta interesse principalmente pela rapidez no retorno do capital investido associado com a alta produtividade dessas aves, trazendo resultados econômicos satisfatórios quando trabalhada de maneira profissional (ALBINO; BARRETO, 2003).

Existem diferentes espécies de codornas, e a japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) é a mais utilizada na indústria e no campo da pesquisa científica para a produção de ovos (BAUNGARTNER, 1994).

Assim como a carne, o ovo desempenha um importante papel na alimentação da população, pois além de ser uma fonte de proteína de baixo custo aquisitivo é rico nutricionalmente, com a presença de ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais e baixo teor de colesterol (MARTINS, 2002; TANUJA et al., 2018) e também, apresenta um sabor característico da espécie (FUJIKURA, 2004; EUCLYDES et al., 2013).

Devido às mudanças nos hábitos alimentares da população, os produtos oriundos da avicultura obtiveram maior inclusão na alimentação. O consumo de ovos

de codornas, que antes se dava principalmente pelo seu gosto peculiar, deixou de ser apenas uma opção alimentar (VERCESE, 2010).

Os últimos dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostram que a produção nacional de ovos de codorna no ano de 2016 foi cerca de 3,3 bilhões de unidades, praticamente o triplo do que era produzido há dez anos (IBGE, 2016). Embora se encontre em volume significativamente inferior à produção de ovos de galinha no país, que gira em torno de 44 bilhões, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2019) é uma atividade que se revela promissora.

A criação de codornas por muito tempo foi considerada apenas como uma atividade de subsistência (BERTECHINI, 2010). No entanto, o investimento tecnológico nos plantéis e o aumento das pesquisas na área da nutrição, como na avaliação de alimentos utilizados nas dietas dessas aves, por exemplo, têm proporcionado o avanço da coturnicultura brasileira (SAKOMURA et al., 2014).

Dentro do sistema produtivo animal, a alimentação é responsável pelo maior investimento nos custos totais na criação de aves (COSTA; FIGUEIREDO; LIMA, 2012). O milho e a soja são os ingredientes chave da formulação de dieta destes animais, como fonte energética e proteica, respectivamente (SILVA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2013). Dessa forma, o interesse em reduzir os custos relacionados à nutrição, sem afetar o desempenho produtivo das aves, revela-se um dos grandes desafios à atividade.

Estudos vêm sendo realizados na busca de matérias-primas de qualidade capazes de substituírem os ingredientes tradicionais, em especial os mais caros, como as fontes proteicas (ALALADE; IYAYI, 2006; HENRY-SILVA; CAMARGO; PEZZATO, 2006; LETERME et al., 2010; RAJA et al., 2012; SHALTOUT; EL-KOMI; EID, 2012; KUMARI et al., 2018). Visando a sustentabilidade da atividade, o uso de alimentos alternativos na nutrição de não ruminantes, como é o caso das macrófitas aquáticas, que não exigem altos custos de produção, ricos nutricionalmente e que podem ser incluídas na dieta dos animais é uma maneira de reduzir as despesas totais (ARNAULD et al., 2017; MÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2018; MÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2019). Para isso, é necessária que haja a disponibilidade do ingrediente e que o mesmo não apresente fatores antinutricionais capazes de afetar negativamente o desempenho zootécnico e/ou a saúde das aves (RAI et al., 2012;

KASHYAP et al., 2018, JOYSOWAL et al., 2018; SINHA; KUMAR; CHUDHARY, 2018).

Na alimentação animal, as plantas aquáticas são possíveis alternativas que vêm ganhando cada vez mais espaço e interesse em relação à pesquisa. Nas dietas de aves, por exemplo, podem ser utilizadas como alimento *in natura* ou na forma de suplementação (BHASKARAN; KANNAPAN, 2015).

Entre as plantas macrófitas, o gênero *Azolla* se caracteriza por apresentar alto valor nutritivo e grande facilidade de cultivo. Dentre as espécies existentes, a *Azolla filiculoides* é classificada como uma samambaia aquática flutuante, de água doce (WAGNER, 1997) e com altas taxas de crescimento, devido a sua associação simbiótica com a alga *Anabaena azollae* (VAN HOVE; LEJEUNE, 2002). No entanto, a maioria das pesquisas realizadas até o momento se referem ao seu uso como biofertilizante e ainda são poucos os estudos que investigam seu valor nutricional e inclusão na dieta dos animais, não havendo até o presente nenhum estudo disponível sobre o uso de *Azolla filiculoides* na dieta de codornas de postura.

Dessa maneira, a sua utilização como ingrediente alternativo na dieta de codornas exige o conhecimento sobre a sua composição bromatológica, em especial a concentração proteica, pois no caso de codornas de postura, a necessidade está relacionada não apenas ao crescimento, manutenção e produção, mas também com a síntese de proteína dos ovos que serão produzidos (SILVA; COSTA, 2009).

A ausência de literatura sobre a utilização da *Azolla filiculoides* na dieta de codornas japonesas e a incerteza quanto ao seu valor nutricional definiram a necessidade de pesquisas relacionadas à nutrição dessas aves. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a inclusão em até 8% da farinha de *Azolla filiculoides* na dieta de codornas japonesas em postura, a fim de verificar o seu efeito sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovos e a viabilidade econômica das dietas.

2 Revisão bibliográfica

A atividade avícola apresenta destaque entre os sistemas de produção animal. As aves de postura participam desse desenvolvimento principalmente pela alta produtividade de ovos, uma proteína animal de alto valor biológico e com preço acessível (ABADI et al., 2018).

2.1 Coturnicultura

Dentro da atividade avícola, a coturnicultura é responsável pela criação e reprodução de codornas, sendo que a produção de ovos representa a principal finalidade produtiva desta espécie animal (JÁCOME et al., 2012).

A história da origem e domesticação das codornas tem sido investigada e acredita-se que estas aves são originárias do norte da África, da Europa e da Ásia, e pertencem à ordem dos galináceos e família dos fasianídeos (PINTO et al., 2002). As codornas (*Coturnix coturnix* sp.) inicialmente selvagens, passaram pelo processo de domesticação por japoneses, os quais as criaram unicamente como aves ornamentais, com especial interesse pelo canto dos machos (REIS, 1980; LUCOTTE, 1982; MILLS et al., 1997).

Mais tarde, o foco passou a ser a produção de proteína animal para consumo humano e, a partir de então, foram realizados cruzamentos entre as codornas europeias com outras espécies selvagens e produzida uma subespécie, a codorna japonesa, agora domesticada. Iniciou assim a exploração comercial, visando a alta

qualidade nutricional dos seus produtos (MOURA et al., 2010; JÁCOME et al., 2012; PASTORE; OLIVEIRA; MUNIZ, 2012; BERTECHINI, 2013).

Existem diferentes espécies de codornas e as mais conhecidas e criadas no Brasil são a *Coturnix coturnix coturnix* (europeias ou selvagens) e a *Coturnix coturnix japonica* (japonesas ou domésticas). Cada uma apresenta características específicas, que vão desde a diferenciação na coloração das penas e dos ovos até a aptidão na produção de carne ou na taxa de postura (OLIVEIRA, 2016).

Dessa maneira, a codorna japonesa é mundialmente a espécie mais difundida e utilizada, principalmente para postura, devido à sua alta produção de ovos, enquanto a europeia é criada para corte, pois apresenta maior produção de carne (BAUNGARTNER, 1994). Embora existam ainda outras espécies de codornas, elas não são criadas em nível industrial. São consideradas nativas e para serem produzidas em cativeiro é necessário permissão do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (ALBINO; BARRETO, 2003).

A partir da década de 90 houve uma expansão do setor coturnícola, atraindo tecnologias e avançando na comercialização, sobretudo dos ovos, que antes eram vendidos somente *in natura* e passaram a ser processados (descascados ou em conserva), agregando valor ao produto. Tal expansão levou à incorporação de grandes empresas avícolas no setor (BERTECHINI, 2010; PIZZOLANTE et al., 2011; SANTOS, 2014).

A criação de codornas é dividida basicamente em matrizeiros (produção de animais destinados a reprodução) e granjas comerciais especializadas em animais de corte ou postura. Quando comparada com a produção de galinhas poedeiras ou frangos de corte, apresenta vantagens por serem aves menores, não exigindo grandes espaços nas propriedades. Possuem desenvolvimento e ciclo produtivo acelerado, baixo consumo alimentar e fácil manejo. Portanto, a coturnicultura é considerada uma atividade propícia aos produtores que visam rápido retorno financeiro (ALBINO; BARRETO, 2003; MATOS, 2007).

2.1.1 Produção mundial e brasileira

O Brasil ocupa a terceira posição mundial em produção de ovos de codorna, sendo que os maiores produtores são a China e o Japão, respectivamente. Já na América do Sul, o Brasil lidera em produtividade, seguido da Venezuela e Peru (BERTECHINI, 2013). Segundo o mesmo autor, é possível observar que a produção de ovos de codorna está relacionada com os principais polos de produção de ovos de galinha, resultado da exploração de mais de uma atividade pelos avicultores.

De acordo com o Censo Agro 2017, do último levantamento estatístico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2017), o Brasil conta com um efetivo superior a 14,8 milhões de cabeças de codornas e mais de 17 mil estabelecimentos responsáveis pela produção, sem especificação sobre a finalidade produtiva (carne ou ovos).

Ainda segundo a mesma pesquisa do IBGE (2017), o Sudeste se destaca em produtividade, seguido da região Sul. O estado de São Paulo é o maior produtor, acompanhado do Espírito Santo e Minas Gerais. Na sequência aparecem Santa Catarina, Paraná e, em sexto lugar, o Rio Grande do Sul. Em relação ao número de estabelecimentos, o primeiro colocado é o Rio Grande do Sul, enquanto que São Paulo está na oitava posição. Isso explica que os principais estados produtores contam com a maior parte dos animais, concentrados em menor número de propriedades.

No Brasil, a criação de codornas para produção de ovos é maior do que para carne (MOTA et al., 2015), sendo que o país ocupa destaque no mercado agropecuário (SILVA; MIRANDA, 2009; BERTECHINI, 2013). Infelizmente não existem dados oficiais e atuais sobre a posição do Brasil neste setor produtivo e tampouco sobre o consumo *per capita* dos ovos de codornas. No entanto, Bertechini (2010) estimou que no ano de 2020 mais de 36 milhões de codornas estivessem alojadas, permitindo um consumo de 30 ovos *per capita/ano*.

É notório que a coturnicultura brasileira vem se desenvolvendo nos últimos anos e passou de uma atividade familiar para produção comercial em grande escala, cada vez mais adepta ao uso de tecnologias. O aumento dos estudos científicos na área também é um dos responsáveis pelo crescimento dessa cadeia produtiva (BERTECHINI, 2010; BORDIN, 2016). Entre os principais avanços se destaca as

inovações nos programas alimentares, para atender as exigências nutricionais de acordo com cada fase produtiva, visando à qualidade do produto final, seja carne ou ovos (SILVA, 2014).

2.1.2 Codorna japonesa: características produtivas

Mundialmente a codorna japonesa é a principal espécie utilizada para a postura (LUCOTTE, 1982). No Brasil, é criada exclusivamente para a produção de ovos, devido as suas características positivas de produtividade (OLIVEIRA, 2016).

A codorna japonesa destaca-se pela precocidade reprodutiva, iniciando a postura a partir dos 35 dias de vida. São aves que apresentam alta taxa de postura, chegando a produzir aproximadamente 300 ovos por ano em condições normais de alimentação e ambiência (BAUNGARTNER, 1994; MANDAL; SINEA; MISHRA, 1994; MILLS et al., 1994; BELO; COTTA; OLIVEIRA, 2000; SANTOS, 2003), sendo que o pico de produtividade ocorre por volta de 10 a 12 semanas após o início da postura (PIAO et al., 2004).

São aves de pequeno porte e, quando adultas, podem pesar entre 120 e 160 g e medir em torno de 16 cm de altura (ALBINO; BARRETO, 2003). A diferenciação sexual só pode ser percebida a partir da segunda semana de vida, com o desenvolvimento das penas do peito, de modo que as fêmeas apresentam pintas pretas, as quais são inexistentes nos machos (SCHOFFEN-ENKE; DUTRA; FREITAS, 2005). As fêmeas são maiores e mais pesadas que os machos, sendo que somente estes cantam (ALBINO; NEME, 1998; BELO; COTTA; OLIVEIRA, 2000).

A codorna japonesa é menor e apresenta maior produção de ovos quando comparada com a codorna europeia. O consumo alimentar também é menor e gira em torno de 23 a 26 g/ave/dia contra 30 a 36 g/ave/dia das codornas europeias (SILVA, 2014). Além disso, apresenta melhor conversão alimentar por dúzia de ovos quando comparada com outras poedeiras. É capaz de produzir 1 kg de ovo com menos de 2 kg de ração, enquanto que as galinhas precisam de até 2,5 kg de alimento para produzir a mesma quantidade de ovo (MINVIELLE, 2004). Também oferece maior quantidade de ovos produzidos/ciclo produtivo, pois o período de

formação do ovo de codorna é em média 20 horas, enquanto que das galinhas é em torno de 25 horas (ALBINO; BARRETO, 2003).

A vida útil de uma codorna com boa postura é de um ano e, a partir de então, a produção é reduzida. Apesar de possuírem capacidade de postura até 18 meses (MURAKAMI; ARIKI, 1998), mantê-las no plantel até esse período não é uma alternativa rentável e o ideal é realizar a substituição por novas matrizes.

2.1.3 Criação e instalações

Por serem aves de pequeno porte, apresentam vantagens em relação aos demais sistemas de produção, pois necessitam pequenos espaços e baixo investimento inicial (ALBINO; BARRETO, 2003; MATOS, 2007; SILVA et al., 2012). Dessa forma, a criação de codornas japonesas se torna um meio econômico e rentável (HEMID et al., 2010), responsável pelo aumento significativo no número de produtores interessados pela atividade, seja como renda extra, ou mesmo como atividade principal (SILVA et al., 2018).

Albino e Barreto (2003) recomendam entre os sistemas de criação para as codornas japonesas em fase de postura, o uso de gaiolas em baterias, pela maior praticidade na realização dos manejos. Existem diferentes modelos de baterias no mercado, mas de maneira em geral, cada gaiola é equipada com comedouro, bebedouro, bandeja para coleta das excretas e apresenta piso inclinado com aparadores de ovos, evitando sujidades e perdas por perfurações.

2.1.4 Ambiência

As codornas são animais resistentes e podem ser criadas em regiões frias a quentes (5°C a 30°C), logo, se adaptam com facilidade ao sistema de criação. Entretanto a faixa de conforto térmico para codornas na fase de postura é de temperaturas entre 18°C a 22°C e umidade entre 65 e 70% (ALBINO; BARRETO,

2003). Quando em condições ideais a produção de ovos além de ser maior, se mantém constante (SILVA, 2014).

Albino e Barreto (2003) relatam que os galpões mais simples podem ser de madeira com cortinas e tela anti-pássaros nas laterais (mais indicado para regiões quentes) ou com estrutura de alvenaria, completamente fechados e com controle de temperatura e umidade (para as regiões mais frias), mas também existem aviários totalmente automatizados. É importante que as aberturas laterais evitem a entrada de chuva e ventos fortes sobre as aves, mas permitam a renovação do ar, a fim de oferecer um ambiente de qualidade e bem-estar às aves.

2.2 Produção de ovos

A partir dos 35 dias de idade, as codornas japonesas iniciam a postura, com uma produção que aumenta de forma linear até o pico de produção, considerando o período compreendido entre a 10^a e 12^a semana após surgirem os primeiros ovos (PIAO et al., 2004).

Os ovos das codornas japonesas atingem um peso médio de 10 g (9 a 12 g), o que corresponde a 8% do seu peso corporal, e apresentam casca com coloração característica da espécie, exibindo manchas pigmentadas em tons de castanho por toda a superfície (ALBINO; BARRETO, 2003).

Na produção de ovos para consumo, as codornas são criadas sem os machos, pois não se tem interesse em ovos férteis. A comercialização pode ser feita *in natura* ou processados, sendo os ovos em conserva os responsáveis pela maior parte do consumo (SANTOS, 2014).

Nutricionalmente, o ovo é um alimento considerado completo, rico em proteína, com baixo teor de gordura, representada pela maior concentração de ácidos graxos insaturados (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). O ovo é também uma excelente fonte de carotenoides, como luteína, zeaxantina (BRULC et al., 2013), β -caroteno e cantaxantina (RUTH et al., 2011), além de ser uma das principais fontes de vitamina A (MÍNGUEZ-MOSQUERA; HORNERO-MÉNDEZ; PÉREZ-GÁLVEZ, 2002).

A pressão contínua da população sobre as mudanças nos hábitos alimentares exige cada vez mais estudos sobre a qualidade do produto ofertado, o que também influencia diretamente na aceitabilidade dos consumidores (FREITAS et al., 2011).

Para uma maior qualidade dos ovos, são levadas em consideração as características desejadas pela população consumidora, produtores e processadores. Propriedades nutricionais e sanitárias, questões sobre a criação orgânica, bem-estar e preservação do meio ambiente, bem como as particularidades sensoriais, com destaque para a coloração da gema, são os principais requisitos trabalhados para atender essas exigências (ALLEONI; ANTUNES, 2001).

2.2.1 Qualidade externa e interna do ovo

São vários os fatores que influenciam na composição do ovo. Embora a idade das aves afete o tamanho do ovo e a qualidade da casca, não é responsável por nenhuma alteração em sua composição. Por sua vez, a alimentação que as aves recebem possui capacidade de modificar tanto a composição protéica e lipídica, como os compostos presentes na gema (MELO et al., 2015).

Para a verificação da qualidade externa dos ovos, inicialmente são avaliados a aparência da casca, o peso do ovo inteiro (g) e a gravidade específica (g/cm^3), seguidos pela porcentagem de casca (%) e a sua espessura (mm). Para a qualidade interna, avalia-se a Unidade *Haugh* (UH), a coloração e porcentagem de gema e de albúmen.

Visualmente, a casca do ovo é a principal variável externa avaliada pelos consumidores. O padrão é inteira e sem sujidades, a fim de evitar a entrada de micro-organismos (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007; MAZZUCO, 2008). A qualidade da casca pode ser influenciada por inúmeros fatores, que vão desde a alimentação, características das aves (como idade, por exemplo), até mesmo falhas durante o manejo de coleta (NASCIMENTO; SALLE, 2003).

O peso do ovo inteiro serve como avaliação do padrão de postura das aves, ou seja, serve como comparação com os padrões estabelecidos da linhagem (9 a 12 g para codornas japonesas), além de servir como relação na comparação com

outras variáveis avaliadas, como a porcentagem de casca, gema e albúmen (ALBINO; BARRETO, 2003).

Para a qualidade da casca, o método mais comum é a análise da gravidade específica (HAMILTON, 1982). Sua realização é rápida e fácil, pois exige apenas soluções com diferentes concentrações salinas, onde os ovos são imersos e avaliados de acordo com a sua flutuação. Preconiza-se que a avaliação seja realizada em até 24 horas após a postura, e assim, ovos que flutuarem em soluções maiores apresentam melhor qualidade (ROBERTS, 2004).

A porcentagem de casca é avaliada através da sua relação com o peso total do ovo. Valores desejados compreendem entre 8 e 11% (ORDÓNEZ, 2005). Segundo Araújo e Albino (2011), ovos com defeitos ou quebrados apresentam correlação negativa para essa variável e, portanto, para maior qualidade, maior deve ser o percentual de casca em relação ao peso do ovo. Já para a espessura da casca recomenda-se medir pelo menos três pontos diferentes do ovo (apical, basal e medial), considerando que a espessura da casca não é uniforme (BAIÃO; LARA, 2005). Em média, a casca dos ovos de codorna apresenta espessura de 0,183 mm (ALBINO; NEME, 1998).

No momento da compra dos ovos, as características externas são levadas em consideração. No entanto, a qualidade interna também influencia, devido a uma maior padronização do produto, principalmente para consumidores que utilizam o ovo como matéria-prima para a fabricação de outros alimentos (OLIVEIRA, 2006; GARCIA et al., 2010).

De maneira geral, o albúmen representa a porção proteica e a gema a lipídica, onde se fazem presentes as vitaminas A, D, E, K e do complexo B (RAMOS, 2008; FAO, 2010).

Mais conhecido como clara, o albúmen são camadas líquidas que circundam a gema (STADELMAN; COTERILL, 1977). Compreende uma relação de 56 a 61% do peso do ovo inteiro (ORDÓNEZ, 2005) e a sua qualidade é avaliada pela transparência, consistência e altura.

O parâmetro mais utilizado para a avaliação do albúmen é a unidade *Haugh* (UH), que é uma expressão matemática que correlaciona o peso do ovo com a altura do albúmen espesso. Recebe este nome, pois foi Haugh (1937) quem desenvolveu um fator de correção para o peso do ovo e um logaritmo para altura do albúmen.

Para serem considerados de alta qualidade, após o cálculo, os ovos devem apresentar UH acima de 72, em valor absoluto (USDA, 2006).

Em relação a gema, a qualidade é avaliada principalmente pela sua coloração, mas também pode ser mensurada através do parâmetro de sua porcentagem em relação ao peso total do ovo (SANTOS, 2008). Geralmente são encontrados valores que correspondem a 30% do peso do ovo inteiro (ORDÓNEZ, 2005). A nutrição que a ave recebe influencia diretamente na cor da gema, ou seja, os pigmentos presentes nos ingredientes adicionados à ração alteram a sua coloração. Os carotenoides são os principais pigmentos encontrados na gema e são capazes de direcionar a pigmentação, para mais clara (amarela) ou mais intensa – laranja ao avermelhado (RAMOS, 2008).

O mercado consumidor brasileiro relaciona tons mais alaranjados da gema com um produto mais saudável nutricionalmente, logo, na grande maioria das vezes, esta coloração é a preferencial quando comparada aos tons mais claros. Como a preferência dos consumidores é uma característica que dificilmente mudará, a utilização de pigmentos (sintéticos e/ou naturais) é uma realidade na formulação das dietas para aves (ARAÚJO, 2016).

2.3 Nutrição animal

A nutrição influencia diretamente o desempenho zootécnico dos animais e as condições nutricionais ofertadas durante as fases iniciais podem refletir no desempenho das aves durante a fase produtiva (BRUXEL, 2016). O autor explica ainda que, devido à precocidade sexual das codornas, atender as exigências nutricionais é extremamente importante para que não ocorram problemas na fase de postura, como por exemplo, queda produtiva e/ou produção de ovos defeituosos.

As codornas japonesas devem receber dietas específicas para a produção de ovos, com destaque para os teores de cálcio e proteína (SILVA et al., 2012). Assim, a formulação das dietas deve atender todos os nutrientes essenciais e necessários para suprir tanto as exigências de desempenho quanto de produção. Para codornas japonesas, as referências nutricionais se baseiam basicamente no *National Research Council* (NRC, 1994), Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias

(SILVA; COSTA, 2009) e nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017).

Animais criados em sistemas intensivos, como é o caso das codornas, dependem exclusivamente das dietas ofertadas, ou seja, a ração é a fonte principal de nutrientes (UMIGI; BARRETO; DONZELE, 2007). No entanto, é também o fator responsável pelo maior custo da atividade. As fontes proteicas representam a maior parcela dos gastos com a alimentação e o farelo de soja é o principal ingrediente proteico nas dietas de não ruminantes, responsável por até 30% nos custos das rações (MANTOVANI et al., 2000).

Levando em consideração que as dietas das codornas contêm mais proteína do que as rações de frangos de corte e poedeiras, conseqüentemente, o custo de alimentação das codornas por unidade de ovos é maior (SILVA et al., 2012). Por isso, cabe aos nutricionistas optarem cada vez mais pela economicidade da cadeia produtiva e, através da formulação das dietas, adequar a necessidade de ingredientes de acordo com as exigências nutricionais de cada categoria e fase produtiva (MOURA et al., 2010).

Dada a crescente demanda por proteína na dieta e a produção geograficamente concentrada de soja, novas fontes de proteína vegetal são continuamente procuradas (BROUWER et al., 2019).

2.4 Macrófitas aquáticas como alternativa alimentar

Com a finalidade de encontrar novas opções alimentares, cada vez mais são pesquisados alimentos alternativos e as plantas aquáticas têm demonstrado interesse, pois se apresentam distribuídas em diversos ambientes aquíferos (FINLAYSON, 1984). No mundo e particularmente na Ásia, os agricultores produzem e colhem plantas aquáticas para diferentes fins, incluindo como fonte de alimento animal na nutrição de aves (ISLAM; NISHIBORI, 2017).

As macrófitas aquáticas (macro = grande; fita = planta), são formas macroscópicas de vegetação aquática (WETZEL, 1993). Dependendo da espécie, podem ser submersas em água ou flutuantes na superfície, fixas ou livres e se apresentarem de maneira sazonal (em apenas alguns meses do ano) ou perene,

dependendo da adaptabilidade ao meio aquático (COOK, 1974; ESTEVES, 1998). De maneira geral, apresentam grande capacidade de adaptação, facilitando a sua ampla distribuição geográfica pelo mundo. Somente alguns gêneros, e algumas famílias, têm distribuição mais restrita (MITCHELL, 1974).

As plantas aquáticas são alternativas interessantes às fontes convencionais de alimentos, principalmente devido ao seu crescimento acelerado e qualidade de nutrientes (LETERME et al., 2009). Dessa forma, vários estudos foram realizados para determinar o seu valor nutricional, para uso na nutrição animal e, assim, ser utilizada como uma nova fonte de proteína na alimentação (ALALADE; IYAYI, 2006; HENRY-SILVA; CAMARGO; PEZZATO, 2006; LETERME et al., 2010; RAJA et al., 2012; SHALTOUT; EL-KOMI; EID, 2012; KOLLAH; PATRA; MOHANTY, 2016; KUMARI et al., 2018).

No Brasil, as macrófitas aquáticas são bem distribuídas pelos ecossistemas aquáticos. Irgang e Gastal Jr. (1996) registraram cerca de 400 a 500 espécies no estado do Rio Grande do Sul, habitando diferentes corpos d'água. Vários autores descrevem a ocorrência de espécies dos gêneros *Azolla*, dentre eles a *Azolla filiculoides* Lam (CORDAZZO; SEELIGER 1995; ROLON; MALTCHIK; IRGANG, 2004; PEREIRA; TRINDADE; PALMA-SILVA, 2008).

2.4.1 *Azolla*

O gênero *Azolla* pertence a ordem das pteridófitas (*Pteridophyta*) e é o único da família *Azollaceae* (WAGNER, 1997). As suas plantas são mais comumente conhecidas como samambaias d'água e se classificam em sete espécies com distribuição global: *Azolla caroliniana*, *Azolla filiculoides*, *Azolla mexicana*, *Azolla microphylla*, *Azolla nilotica*, *Azolla pinnata* e *Azolla rubra*. Destas, até então, apenas três, *Azolla caroliniana*, *filiculoides* e *pinnata* foram encontradas no Brasil e estão presentes nos diferentes estados brasileiros, entre eles o Rio Grande do Sul (VAN HOVE; LEJEUNE, 2002).

O nome do gênero é derivado das palavras gregas *Azo* (seco) e *ollya* (matar), logo, as plantas são mortas pela seca e, portanto, exigem ambientes úmidos e com presença de água para permanecerem vivas (YADAV et al., 2014).

A variação no crescimento, bem como na composição bromatológica, ocorre como nas demais plantas e se deve, principalmente, às condições ambientais como temperatura, intensidade de luz, nutrientes disponíveis, época do ano e local do cultivo (CAMARGO; MARIN; CAMARGO, 2003; BROUWER et al., 2018). Em condições favoráveis, o crescimento excessivo pode formar imensos tapetes verdes (PEREIRA; VASCONCELOS, 2014).

É uma planta de fácil adaptação e devido ao seu rápido desenvolvimento e reprodução, também é considerada uma invasora, pois em condições ideais, a capacidade de duplicação da sua biomassa ocorre em aproximadamente dois a quatro dias (PABBY; PRASANNA; SINGH, 2004; LEWANDOWSKI et al., 2016). E, por isso, o manejo de controle sobre o seu crescimento é fundamental, a fim de evitar a dominância sobre as demais espécies aquáticas existentes ou até mesmo a sua morte gerada pela falta de oxigenação (BROUWER et al., 2018).

Segundo Esteves e Camargo (1986) as macrófitas aquáticas do gênero *Azolla* apresentam uma variação sazonal em regiões temperadas, de acordo com a temperatura e fotoperíodo. Já Ferentinos, Smith e Hector (2002) relataram que temperaturas entre 18°C e 28°C são as mais recomendadas para o melhor desenvolvimento das plantas. Temperaturas menores ou maiores diminuem gradativamente a produtividade. Os mesmos autores afirmam que esta planta tem capacidade de sobreviver em uma escala de pH entre 3,5 a 10, mas apresenta melhor crescimento na faixa de 4,5 a 7.

Em relação à economia, pesquisas realizadas com essa planta demonstram a sua alta viabilidade, uma vez que não exigem tecnologias complicadas e, desta maneira, facilitam a sua utilização por pequenos produtores rurais (HENRY-SILVA, CAMARGO; PEZZATO, 2006; ALDÁS et al., 2016)

2.4.2 *Azolla filiculoides* Lam.

A *Azolla filiculoides*, em particular, teve a sua primeira descrição por Lamarck e, portanto, sua nomenclatura completa é *Azolla filiculoides* Lam. (LAMARCK, 1783). Apresenta flutuação livre e se desenvolve em reservatórios de água doce (WAGNER, 1997; FORNI et al., 2012). Cresce tanto flutuando, como fixa nas margens de canais e lagoas, principalmente em águas calmas. Comparada com outras espécies vegetais, se desenvolve muito bem em ambientes poluídos (KONDO; KOBAYASHI; TAKAHASHI, 1989).

2.4.2.1 Características da espécie

Seu formato é poligonal ou triangular, medem até 2,5 cm e são heterosporadas, ou seja, apresentam esporos femininos e masculinos (LUMPKIN; PLUCKNETT, 1980). As plantas flutuam individualmente ou em grupos, conforme a direção dos ventos e são compostas por folhas e raízes. As folhas são pequenas, sobrepostas e dispostas em camadas, muito parecidas com escamas e ficam emersas na água (Figura 1), enquanto as raízes são submersas e ficam penduradas (SVENSON, 1944; CARRAPIÇO; PEREIRA; RODRIGUES, 2007).



Figura 1 – Fotografia. Macrófita aquática *Azolla filiculoides* Lam.
Fonte: Acervo pessoal.

A coloração de suas folhas é geralmente verde-escura, porém, a exposição direta ao sol ou baixas temperaturas, pode ocasionar a alteração da cor, geralmente para vermelho ou marrom, devido ao estresse gerado na planta, resultado da produção de antocianinas, pigmento responsável pela mudança de tonalidade (MOORE, 1969; WATANABE; LIU, 1992; WAGNER, 1997; JANES 1998). Adalberto et al., (2004) relataram ainda que a deficiência de fósforo causa falência generalizada do metabolismo da planta, originando o avermelhamento das folhas.

Quando aglomeradas, podem formar imensos tapetes contínuos que cobrem toda a superfície d'água (MCCONNACHIE et al., 2003). Esta mesma particularidade a torna uma competidora com as demais plantas aquáticas, chegando a ser considerada uma planta invasora (CARRAPIÇO; TEIXEIRA; DINIZ, 2000), pois ao cobrir toda a área, acaba limitando a oxigenação das outras espécies.

Uma das suas principais características é ser o único gênero das pteridófitas que apresenta associação simbiótica com uma alga verde-azul (*Anabaena azollae*), presente no lobo dorsal das suas folhas (CARDOSO; TSAI; NEVES, 1992; VAN HOVE; LEJEUNE, 2002; ARORA; SINGH, 2003; PEREIRA et al., 2006), responsável pela fixação de nitrogênio atmosférico e, portanto, dispensam a necessidade de adubação nitrogenada inorgânica (ASHTON, 1992).

2.4.2.2 Crescimento e reprodução

Apresentam crescimento natural em açudes, lagoas, corpos d'água e rios de água doce (CHATTERJEE et al., 2013) e a propagação geralmente é feita por fragmentação de talo (SINGH; SINGH, 1995). O crescimento acelerado é característico da ação simbiótica, em que as algas são responsáveis pela transformação do nitrogênio fixado em nitrito (forma com que as plantas podem utilizá-lo a fim de garantir suas exigências). Em contrapartida, a planta oferece abrigo e carbono na forma de sacarose para as algas (VAN HOVE; LEJEUNE, 2002).

Esta simbiose faz com que a *Azolla filiculoides* possua capacidade de crescer em ambientes aquáticos com deficiência de nitrogênio na água (KITOH; SHIOMI; UHEDA, 1993; COSTA; SANTOS; CARRAPIÇO, 1999). Adicionalmente Maejima et al. (2001) relatam que a reprodução das plantas é reduzida na falta de nitrogênio disponível e Kathirvelan, Banupriya e Purushothaman (2015), afirmam que a utilização de adubação nitrogenada inorgânica no seu cultivo pode ser dispensada. No entanto, a oferta de adubo orgânico acelera o processo produtivo.

2.4.2.3 Principais utilizações

Devido ao crescimento acelerado e com elevadas taxas de fixação de nitrogênio, a *Azolla filiculoides* passou a substituir o uso de fertilizantes minerais em arrozais na Ásia (BISWAS et al., 2005). Portanto, por muito tempo a sua principal utilização se baseava apenas como adubação vegetal, principalmente nas plantações de arroz irrigado (SHIOMI; KITOH, 2001) e os estudos se mantinham nesta área, avaliando a sua utilização como biofertilizante (LUMPKIN; PLUCKNETT, 1980; WAGNER, 1997; MACALE; VLEK; SAN VALENTIN, 2002).

Posteriormente, devido ao seu alto valor nutritivo, a sua inclusão na nutrição animal despertou interesse e foi avaliado o potencial de utilização da sua biomassa na alimentação animal (*in natura* ou desidratada na forma de suplemento), tanto

para ruminantes como para não ruminantes (ALBERTONI; PALMA-SILVA; VEIGA, 2005; BHASKARAN; KANNAPAN, 2015).

Diferentes autores destacaram a utilização da *Azolla* como fonte proteica na dieta de coelhos (GUALTIERI; RAPACCINI; BALLONI, 1988; SADEK et al., 2010), suínos (DURAN, 1994; LETERME et al., 2010), peixes (SOUZA et al., 2008; ARNAULD et al., 2017; MÉNDEZ-MÁRTINEZ et al., 2018; MÉNDEZ-MÁRTINEZ et al., 2019) e bovinos (KHARE et al., 2014). Adicionalmente, Pott e Pott (2000) destacaram como características o fato de serem utilizadas também como plantas forrageiras para aves (RAI et al., 2012; SINHA; KUMAR; CHUDHARY, 2018).

Embora exista uma série de estudos realizados com galinhas poedeiras (SUBUDHI; SINGH, 1978; ALALADE; IYAYI; ALALADE, 2007; SUJATHA et al., 2013), patos (BACERRA; PRESTON; OGLE, 1995), frangos (BASAK et al., 2002; BALAJI et al., 2009; PRABINA; KUMAR, 2010; NAGHSHI; KHOJASTEH; JAFARI, 2014; ARA et al., 2015; KASHYAP et al., 2018; KUMAR et al., 2018) e codornas japonesas (PARASELLI, 2013; SHAMNA et al., 2013; RATHOD et al., 2013; PARVEZ et al., 2018; TUGIYANTI; HERIYANTO, 2018), os mesmos se referem a inclusão de outras espécies de *Azolla* na dieta, principalmente a *Azolla pinnata*.

É importante destacar que a maior utilização da *Azolla filiculoides*, em particular, ainda é na produção agrícola, como adubo vegetal (RAZAVIPOUR et al., 2018; SULANDJARI; YUNINDANOVA, 2018; OYANGE et al., 2019; SIVANESON; PONNEGIPPENTHIRARAJA, 2019).

2.4.2.4 Composição nutricional

A utilização de um ingrediente alternativo natural na alimentação animal exige conhecimento sobre a sua composição físico-química, bem como a sua digestibilidade (OLIVEIRA; SANTOS; CUNHA, 2014). Conforme descrito anteriormente, a preocupação a respeito da presença de fatores antinutricionais capazes de limitar a digestibilidade dos nutrientes ou mesmo causar efeitos tóxicos aos animais, também deve ser levada em consideração, pois caso necessário deve-se utilizar técnicas nutricionais que visam melhorar ou inativar este problema (SILVA et al., 2018).

Em ingredientes de origem vegetal, os principais fatores antinutricionais se referem aos compostos presentes na parede celular das plantas, visto a baixa capacidade dos monogástricos em digerir e absorver a fibra (ANDRADE et al., 2015). Os resultados sobre o desempenho animal e qualidade do produto final são decisivos para a escolha da inclusão ou não do ingrediente estudado (GOBESSO et al., 2017).

O conhecimento sobre o valor energético dos alimentos, a fim de estimar a quantidade de energia disponível na ração também é fundamental para a formulação das dietas (SILVA; COSTA, 2009; ROSTAGNO et al., 2017). Particularmente, quando se trabalha com um ingrediente alternativo de pouco uso na nutrição animal e cujo valor de energia metabolizável não é conhecido, torna-se necessário realizar um ensaio prévio de digestibilidade com os animais, para que se possa determinar quanto de energia o alimento tem a oferecer.

A energia, em forma de calor, é produzida após os processos de oxidação dos alimentos ingeridos. Os carboidratos, os lipídios, os aminoácidos e parte da fibra são responsáveis pelo fornecimento de energia para os processos metabólicos. No entanto, nem toda energia produzida é aproveitada pelo organismo (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

A energia bruta (EB) é o total de energia produzida pelo processo de oxidação. A energia absorvida após o processo de digestão é chamada de energia digestível (ED), que pode ser calculada através da diferença entre a energia bruta do alimento consumido pelo valor excretado nas fezes. Entretanto, para aves, essa forma de energia não é utilizada, por não excretarem fezes e urina separadas (SIBBALD, 1982).

Segundo Sakomura e Rostagno (2016), para a formulação das dietas de monogástricos, a energia utilizada como referência é o valor de energia metabolizável (EM), obtida através da diferença do valor de EB do alimento ingerido e a EB das excretas (fezes e urina). Existem diferentes formas de determinação da EM, sendo uma delas a energia metabolizável aparente (EMA), através do método tradicional de coleta total de excretas (SIBBALD; SLINGER, 1963), que se baseia em mensurar o total de alimento consumido e o total de excretas produzidas em determinado período.

O ensaio de digestibilidade visa quantificar o valor energético de um alimento e para isso são utilizadas duas dietas, uma como referência (com ingredientes

utilizados nas formulações comerciais) e outra teste (com a inclusão de uma porcentagem do ingrediente a ser estudado, em substituição a dieta referência). Quanto maior a proporção de inclusão do alimento, maior a precisão da determinação, porém, o nível de inclusão depende do tipo de alimento a ser testado. Normalmente são utilizados níveis de 20 a 40% para alimentos sólidos e de 7 a 10% para os líquidos (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Freitas, Sakomura e Neme (2004) analisaram ainda a importância de levar em consideração os níveis de fibra do alimento, justificando a redução da digestibilidade e o aumento da taxa de passagem, recomendando substituir no máximo 20% para alimentos fibrosos.

A composição bromatológica da *Azolla* é variável, sofrendo influência do ambiente onde são cultivadas. O percentual de proteínas e o perfil de aminoácidos essenciais recebe destaque em todos os trabalhos que avaliaram a sua utilização como ingrediente na dieta animal (ALALADE; IYAYI, 2006; ACCODJI; FIOGBE; GANGBAZO, 2009; LETERME et al., 2009; BHASKARAN; KANNAPAN, 2015).

Bhattacharyya et al. (2016) afirmam que podem ser encontrados valores entre 25 a 30% de proteína bruta na *Azolla*. Além disso, a planta apresenta baixo teor de lignina e diversos micronutrientes promotores de crescimento, tornando-se uma provável alternativa para a alimentação dos animais (PARASHURAMULU; SWAIN; NAGALAKSHMI, 2013).

Com o intuito de reduzir os custos e atender um mercado cada vez mais exigente, o uso das macrófitas aquáticas vem se tornando uma realidade cada vez mais frequente em estudos relacionados com a nutrição de aves. Fontes proteicas de baixo custo e alta qualidade, com o equilíbrio adequado de aminoácidos, despertam interesse e a sua inclusão nas dietas deve ser avaliada (GARCIA; BATAL; BAKERT, 2006; RAI et al., 2012; KASHYAP et al., 2018; JOYSOWAL et al., 2018; SINHA; KUMAR; CHUDHARY, 2018).

3 Material e métodos

3.1 Aprovação ética

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da Universidade Federal de Pelotas, sob o número 15107.

3.2 Cultivo da *Azolla filiculoides*

Mudas da *Azolla filiculoides* foram coletadas em uma propriedade rural do município de Morro Redondo/RS. Para o seu cultivo, foi construído um tanque escavado, medindo 30 m², com 0,5 m de profundidade, conforme a Figura 2, localizado no Setor de Avicultura do Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica Professor Renato Rodrigues Peixoto, do Departamento de Zootecnia (DZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão/RS.

Para maior multiplicação das mudas, semanalmente o tanque era adubado com matéria orgânica de origem animal (esterco bovino). A partir da estabilidade na produção, a adubação passava a ser conforme a necessidade, avaliada através da visualização na alteração de cor das folhas (de verde para avermelhada), seguindo as recomendações de Kathirvelan, Banupriya e Purushothaman (2015).



Figura 2 – Fotografia. Tanque para cultivo da macrófita aquática *Azolla filiculoides*.
Fonte: Acervo pessoal.

Devido à perda por infiltração e/ou evaporação, a água do tanque era repostada sempre que necessário e o pH da água era analisado a cada 15 dias, com pHmetro digital. Durante o período de verão, para maior proteção das plantas em relação aos raios solares, utilizou-se tela sombrite, sendo removida no inverno.

3.3 Produção da farinha de *Azolla filiculoides*

Conforme o desenvolvimento das novas mudas fazia-se colheita manual, com auxílio de uma peneira, a qual também servia para a retirada do excesso de água. Posteriormente, a biomassa passava por um processo de limpeza, com separação de qualquer material estranho. Então, era realizada a pré-secagem em estufa de ventilação de ar forçado, a 60°C por 72 horas.

Para a produção da farinha, o material seco era moído em moinho de facas com peneira de 1 mm. A quantidade produzida era pesada e armazenada sob refrigeração até o momento do seu uso na produção das dietas. Conforme pode ser observado na Figura 3, devido a grande quantidade de água presente no material colhido, o volume de farinha produzida era bem inferior ao da biomassa colhida.



Figura 3 – Fotografia. Volume da biomassa da *Azolla filiculoides* colhida, pré-seca e moída.
Fonte: Acervo pessoal.

3.4 Análise bromatológica da farinha de *Azolla filiculoides*

A partir da pré-secagem, foi realizada secagem definitiva em estufa por 24 horas a 105°C, para analisar os teores de umidade e matéria seca (MS) através de cálculo da perda de peso após a secagem. Para as análises de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) e extrato não nitrogenado (ENN) seguiram-se os métodos de Weende (AOAC 1975) e Van Soest (AOAC 1990). Para a matéria mineral (MM), foi realizada a queima da amostra em mufla a 550°C por 24 horas. Essas análises foram feitas no Laboratório de Nutrição Animal do DZ da FAEM – UFPel – Capão do Leão/RS.

A análise da composição mineral foi realizada no Laboratório de Análise de Plantas e Resíduos Orgânicos, do Departamento de Solos da FAEM – UFPel – Capão do Leão/RS.

3.5 Ensaio de digestibilidade

A fim de quantificar o valor energético da *Azolla filiculoides*, foram utilizadas duas dietas para as codornas japonesas em postura, uma referência (a base de

milho e farelo de soja) e a outra com substituição de 20% da dieta pela farinha de *Azolla filiculoides*, conforme Freitas, Sakomura e Neme (2004).

As dietas foram ofertadas à vontade durante dez dias e o ensaio de digestibilidade ficou dividido em cinco dias para adaptação e cinco dias para a coleta das excretas. A oferta e as sobras das dietas foram pesadas no início e ao final do período de coleta para calcular o consumo de ração por unidade experimental. Fez-se o uso de marcador indigestível (óxido férrico 2%) nas dietas, para definição do primeiro e do último dia de coleta total das excretas, segundo a metodologia de Sibbald e Slinger (1963).

Diariamente, as excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e congeladas, a fim de evitar fermentação. Ao final do período, foram descongeladas, homogeneizadas, secas em estufa de ventilação de ar forçado, a 60°C por 72 horas e moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm. Amostras das dietas experimentais também foram moídas para a realização da análise bromatológica (AOAC 1975; AOAC 1990) e de energia bruta.

Para a avaliação da energia bruta do alimento e das excretas foi utilizado um colorímetro de bomba isoperibólico, modelo C2000, no Laboratório de Nutrição Animal do DZ da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre/RS.

Com base nos valores de consumo de ração, produção de excretas, análise bromatológica e valor da energia bruta das dietas e excretas, a EMA do alimento pode ser estimada.

Para o cálculo, foram utilizadas as equações elaboradas por Matterson et al. (1965):

$$\text{EMA da ração referência} = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMA da ração teste} = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMA do alimento} = \text{EMA referência} + \frac{\text{EMA teste} - \text{EMA referência}}{\text{g de alimento} / \text{g de ração}}$$

3.6 Formulação das dietas

As dietas foram formuladas para atender às necessidades nutricionais de codornas japonesas em postura considerando os níveis recomendados por Silva e Costa (2009) e Rostagno et al. (2017) e foram divididas em cinco tratamentos (Tabela 1), um com a dieta controle à base de milho e farelo de soja e os demais compostos pela adição da farinha de *Azolla filiculoides* em níveis.

Tabela 1 – Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas com farinha de *Azolla filiculoides* para codornas japonesas em postura.

Ingredientes	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)				
	0	2	4	6	8
Milho moído (7% PB)	51,000	50,234	49,802	49,000	48,740
Farelo de soja (45% PB)	36,174	35,340	34,000	33,050	31,520
Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (31% PB)	0,000	2,000	4,000	6,000	8,000
Calcário calcítico (35%Ca)	7,229	7,229	7,220	7,220	7,180
Fosfato bicálcico (24%Ca; 19%P)	1,238	1,238	1,238	1,220	1,210
Óleo de soja	2,800	2,860	2,700	2,580	2,420
Cloreto de sódio	0,540	0,480	0,420	0,310	0,310
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
DL-metionina	0,380	0,120	0,120	0,120	0,120
L-lisina	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Nutrientes	Composição calculada (%)				
Energia metabolizável (kcal/kg)	2803	2803	2803	2803	2803
Proteína bruta	20,788	20,681	20,656	20,779	20,682
Cálcio	3,162	3,171	3,176	3,173	3,171
Fósforo digestível	0,305	0,302	0,298	0,292	0,287
Fósforo disponível	0,328	0,331	0,333	0,332	0,332
Fósforo total	0,550	0,558	0,564	0,568	0,572
Potássio	0,825	0,863	0,893	0,928	0,955
Sódio	0,227	0,233	0,240	0,234	0,256
Cloro	0,386	0,349	0,312	0,257	0,244
Metionina digestível	0,652	0,391	0,383	0,376	0,367
Metionina + cisteína digestível	0,929	0,663	0,646	0,633	0,615
Lisina digestível	1,124	0,993	0,958	0,993	0,893
Arginina digestível	1,298	1,270	1,227	1,195	1,146
Fenilalanina digestível	0,935	0,915	0,885	0,862	0,829
Fenilalanina + tirosina digestível	1,655	1,620	1,567	1,567	1,468
Glicina + serina digestível	1,669	1,633	1,579	1,539	1,479
Histidina digestível	0,387	0,378	0,364	0,354	0,337
Isoleucina digestível	0,806	0,789	0,762	0,742	0,713
Leucina digestível	1,596	1,563	1,517	1,480	1,430
Treonina digestível	0,701	0,686	0,665	0,648	0,624
Triptofano digestível	0,237	0,232	0,224	0,218	0,209
Valina digestível	0,864	0,845	0,817	0,796	0,766

¹Composição por quilo de produto: Vitamina A: 2000000 UI; Vitamina D₃: 600000 UI; Vitamina E: 5400 UI; Vitamina K₃: 300 mg; Vitamina B₁: 300 mg; Vitamina B₂: 1400 mg; Vitamina B₆: 600 mg; Vitamina B₁₂: 4000 µg; Niacina: 6400 mg; Pantotenato de Cálcio: 2600 mg; Ácido fólico: 400 mg; Biotina: 20 mg; Cloreto de colina: 66 g; Fitase: 100000 FTU; Xilanase: 56000 µg; Beta-glucanase: 25000 µg; Halquinol: 6000 µg; Lisina: 140 g; Metionina: 250 g; Ferro: 7200 mg; Cobre: 1800 mg; Manganês: 14 g; Zinco: 14 g; Iodo: 288 mg; Selênio: 65 mg. Produto utilizado: Poli-Tec codornas[®], fornecido pela empresa Polinutri Alimentos S.A.

As dietas foram formuladas com o auxílio do programa SuperCrac, versão 6.1 (SuperCrac Premium, 2019).

Os valores de aminoácidos presentes na farinha de *Azolla filiculoides* também foram levados em consideração para a formulação das dietas. Foi utilizado como referência o estudo realizado por Bhaskaran e Kannapan (2015) e os dados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição dos aminoácidos, em base seca, da farinha de *Azolla filiculoides*.

Nutriente (%)	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i>
Metionina	0,52
Lisina	12,82
Treonina	6,56
Valina	6,93
Leucina	9,24
Isoleucina	6,02
Fenilalanina	4,66
Tirosina	0,34
Serina	7,83
Prolina	1,43
Glicina	7,57
Alanina	6,81
Cisteína	0,00
Histidina	3,21
Arginina	2,32
Triptofano	2,00
Ácido aspártico	10,46
Ácido glutâmico	11,28
Aminoácidos essenciais	48,75
Aminoácidos não-essenciais	51,25

Fonte: Adaptado de Bhaskaran e Kannapan (2015).

3.7 Níveis de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*

A escolha dos níveis de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* limitou-se a 8%, a fim de oferecer um nível máximo seguro e sem riscos de efeito tóxico, pois verificou-se na literatura o uso de *Azolla pinnata* na dieta de codornas, em níveis de até 7,5%, sem efeitos negativos sobre o desempenho e a saúde das aves (PARASELLI, 2013; SHAMNA et al., 2013; RATHOD et al., 2013; PARVEZ et al., 2018; TUGIYANTI; HERIYANTO, 2018). Também é importante observar que os níveis escolhidos são crescentes e igualmente espaçados, levando-se em consideração o delineamento estatístico escolhido.

Assim, os tratamentos utilizados foram descritos da seguinte forma: T1 – dieta controle (sem *Azolla filiculoides*), T2 – 2%, T3 – 4%, T4 – 6% e T5 – 8% de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*.

3.8 Produção das dietas experimentais

Todos os ingredientes foram pesados individualmente em balança digital e as dietas foram preparadas na ordem do menor até o maior nível de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*.

Para o preparo, inicialmente foi realizada uma pré-mistura com os micro-ingredientes (fosfato bicálcico, cloreto de sódio, premix mineral e vitamínico, metionina e lisina) e o óleo de soja foi misturado com uma parte do farelo de soja. Cada dieta foi preparada com a inclusão dos ingredientes (milho moído, farelo de soja e calcário) em misturador automático tipo Y, adicionando-se as pré-misturas. O tempo de homogeneização para cada dieta foi de 12 minutos.

Foi realizada uma mistura para cada tratamento, totalizando 100 kg, volume necessário para alimentar as aves durante todo o período experimental. Após a mistura, cada dieta foi armazenada separadamente em baldes de polietileno, identificados e armazenados na sala experimental. Aos domingos eram pesadas as quantidades totais correspondentes à oferta da próxima semana para cada tratamento e repetição, sendo então armazenadas em baldes menores.

Cada ave recebia diariamente 30 g de ração (Figura 4) e as sobras eram retiradas e pesadas ao final de cada semana.



Figura 4 – Fotografia. Volume de ração ofertada diariamente para cada ave.
Fonte: Acervo pessoal.

3.9 Local e duração do experimento

A pesquisa foi executada no Setor de Avicultura do Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica Professor Renato Rodrigues Peixoto (31°48'30,8"S 52°24'40,7"O) do DZ – FAEM – UFPel, Capão do Leão/RS.

Foi utilizada uma sala experimental própria para a produção de codornas, composta com estrutura de alvenaria e utilização de gaiolas metálicas em baterias. A sala contou com ambiente climatizado e controle de iluminação. As instalações e os equipamentos passaram por limpeza e desinfecção e todos os aparelhos foram testados anteriormente à introdução das aves.

O período experimental compreendeu 28 dias, durante os meses de novembro e dezembro de 2019.

3.10 Animais experimentais

Foram utilizadas 100 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) entre a 12ª e 16ª semana de postura. As aves foram adquiridas de uma granja comercial.

3.11 Manejos

Os manejos foram realizados diariamente, sempre no mesmo horário, com o preenchimento de um *checklist* para o registro de qualquer irregularidade e conseqüentemente avaliação sobre o desempenho zootécnico dos animais. Todas as aves foram submetidas às mesmas condições ambientais e de manejo, de acordo com Rostagno et al. (2011).

3.11.1 Pesagem, identificação e alojamento das aves

No primeiro dia do experimento, cada codorna foi pesada e identificada com anilha numerada (Figura 5).

As aves foram divididas conforme faixa de peso e distribuídas inteiramente ao acaso entre os tratamentos. Foram alojadas em gaiolas metálicas medindo 0,15 m², dispostas em baterias com cinco andares (Figura 6).



Figura 5 – Fotografia. Identificação individual das aves com uso de anilha numérica.
Fonte: Acervo pessoal.



Figura 6 – Fotografia. Gaiolas metálicas dispostas em baterias para a criação de codornas.

Fonte: Acervo pessoal.

As aves foram colocadas duas a duas em cada gaiola, que continha comedouro manual do tipo calha na parte frontal e bebedouro automático do tipo *nipple* ao fundo.

3.11.2 Iluminação, temperatura e umidade

Durante todo o período experimental as aves receberam iluminação através de lâmpadas fluorescentes, com oferta de 17 horas diárias de luz entre as 5:00 e as 22:00 horas, controlada por relógio *timer*, conforme Gewehr (2003).

Para manter o ambiente climatizado, foi utilizado aparelho de ar condicionado e o sistema de ventilação natural era feito através de janelas reguláveis e portas teladas. A temperatura e a umidade relativa do ar do interior do aviário foram conferidas diariamente com o uso de três termohigrômetros digitais, localizados nas extremidades e no centro das gaiolas. Foram anotados os valores no momento do manejo, a máxima e mínima das últimas 24 h, sempre no mesmo horário e antes da

realização dos demais manejos. As médias registradas para a temperatura e umidade relativa do ar foram 22,8°C e 58,7%, respectivamente.

3.11.3 Oferta alimentar

As dietas e a água foram oferecidas à vontade durante todo o período experimental. As sobras de ração eram retiradas e pesadas semanalmente e os bebedouros eram limpos diariamente.

3.12 Variáveis analisadas

Foram avaliadas as variáveis de desempenho zootécnico (peso corporal, produção de ovos, consumo de ração, conversão alimentar), mortalidade, digestibilidade aparente, qualidade interna e externa dos ovos, análise sensorial dos ovos, biometria da carcaça e órgão, morfometria histológica intestinal das aves e análise econômica das dietas.

3.12.1 Peso das aves

As codornas foram pesadas individualmente no início do período experimental e repesadas semanalmente para o acompanhamento do peso corporal e da conversão alimentar por unidade experimental. Foi utilizada balança digital com precisão de 0,05 g.

3.12.2 Produção de ovos

A produção de ovos foi registrada diariamente por unidade experimental. Calculou-se o total de ovos viáveis produzidos no período através da taxa de postura (%), produção de ovos em dúzias (dz), peso do ovo inteiro (g) e massa de ovos (g/ave/dia).

Para o cálculo do total de ovos produzidos foi realizado o somatório apenas dos ovos íntegros coletados em cada gaiola durante todo o período. Foram descartados os ovos defeituosos (sem pigmentação, perfurados ou sem casca). A taxa de postura foi calculada em porcentagem, utilizando-se o número total de ovos produzidos e os dias de duração do experimento. Para a produção de ovos, em dúzias, foi dividido o total de ovos produzidos por 12. Os ovos foram pesados diariamente em balança analítica de precisão (0,01 g). A massa de ovos foi obtida pelo peso médio dos ovos e a taxa de postura, com o objetivo de avaliar quantas gramas de ovo cada ave produziu ao dia, conforme a seguir:

$$\text{Taxa de postura (\%)} = \frac{(\text{ovos produzidos no período} * 100)}{\text{número de dias do período}}$$

$$\text{Dúzias de ovos (dz)} = \frac{\text{ovos produzidos no período}}{12}$$

$$\text{Massa de ovos (MO)} = \frac{(\text{peso médio dos ovos} * \text{taxa de postura})}{100}$$

3.12.3 Consumo de ração e conversão alimentar

O consumo de ração (g) foi avaliado em cada unidade experimental, através de cálculo da diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras de ração no final de cada semana.

A conversão alimentar (CA) das aves, por sua vez, foi avaliada por dúzia de ovos (kg/dz), determinando-se quanto de ração foi consumida para produzir uma dúzia de ovos e também pela massa de ovos (g/MO), avaliando-se quantos gramas de ração foram necessárias para produzir um grama de ovo:

Consumo de ração no período (g) = ração ofertada – sobra da ração

CA em dúzia de ovos (kg/dz) = consumo de ração / número de dúzias

CA em massa de ovo (g/MO) = consumo de ração / peso do ovo

3.12.4 Mortalidade

As aves eram verificadas diariamente e no caso de alguma morte, a ave era retirada da gaiola e pesada. Era realizada a necropsia do animal, anotava-se o dia da morte e se ajustava a quantidade de ração ofertada por gaiola.

3.12.5 Coeficiente de digestibilidade

Realizada após a primeira semana de adaptação às dietas experimentais e avaliada durante um período de cinco dias. O método utilizado foi através da coleta total de excretas, uma vez ao dia. Foi determinada a quantidade de ração consumida e o total de excretas produzidas no período por unidade experimental. Foi realizada a análise bromatológica das dietas e excretas e, por fim, calcularam-se os coeficientes de digestibilidade aparente em base seca, para cada tratamento:

Digestibilidade (%) = $100 * \frac{(\text{consumo de ração} - \text{produção de excreta})}{\text{consumo de ração}}$

3.12.6 Qualidade de ovos

Semanalmente foram realizadas as análises de qualidade externa e interna dos ovos, totalizando 120 ovos avaliados.

Foram determinados o peso do ovo (g), a gravidade específica (g/cm^3), a porcentagem (%) e espessura da casca (mm) para a qualidade externa. Porcentagem de gema e de albúmen, unidade *Haugh* e coloração da gema para a qualidade interna.

Todos os ovos foram pesados em balança analítica com precisão de 0,01 g. Para a gravidade específica foram utilizados dez baldes plásticos com soluções de cloreto de sódio em concentrações de 1,050 a 1,086 g/cm^3 e com intervalos de 0,004 g/cm^3 entre os baldes. Os ovos eram identificados e imersos nas soluções (da menor para a maior concentração), sendo anotado o valor da densidade do balde em que os ovos flutuavam. Após a quebra dos ovos, as cascas foram lavadas e secas em temperatura ambiente por 72 h e pesadas para o cálculo de sua porcentagem. A espessura da casca foi mensurada com micrômetro digital com precisão de 0,01 mm, utilizando-se a média das regiões basal, medial e apical.

A porcentagem de gema foi determinada através de cálculo do peso da gema e do ovo inteiro e, para a porcentagem de albúmen, utilizou-se o cálculo de diferença entre o peso total do ovo e os pesos de casca e gema. A altura do albúmen espesso foi mensurada com o uso de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, para posteriormente calcular-se a unidade *Haugh*, considerada a principal variável para a qualidade interna de ovos.

As determinações foram realizadas através das seguintes fórmulas:

$$\text{Porcentagem de casca (\%)} = 100 * (\text{peso da casca} / \text{peso do ovo})$$

$$\text{Porcentagem de gema (\%)} = 100 * (\text{peso da gema} / \text{peso do ovo})$$

$$\text{Porcentagem de albúmen (\%)} = 100 * (\text{peso do albúmen} / \text{peso do ovo})$$

$$\text{Peso do albúmen (g)} = (\text{peso do ovo} - \text{peso da gema} - \text{peso da casa})$$

Unidade Haugh = $100\log (H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$, em que:

H= altura do albúmen espesso (mm)

W= peso do ovo (g)

A avaliação da cor da gema (Figura 7) foi realizada através dos métodos subjetivo e objetivo:

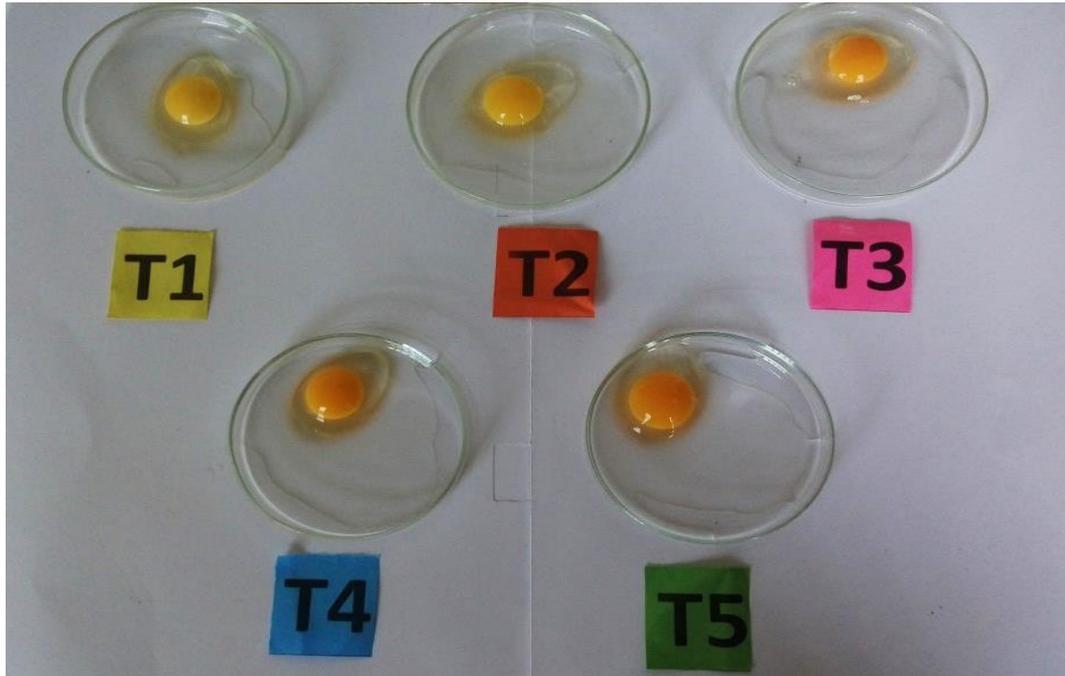


Figura 7 – Fotografia. Coloração das gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com farinha de *Azolla filiculoides*.

Fonte: Acervo pessoal.

Para o método subjetivo utilizou-se leque colorimétrico (DSM[®]) com a presença de escores de 1 a 15 entre tons do amarelo até o laranja. Pelo colorímetro digital (Konica Minolta[®]), fez-se a avaliação objetiva. O equipamento foi previamente calibrado de acordo com padrões pré-estabelecidos para coloração de ovos (BIBLE; SINGHA, 1993) e avaliados três parâmetros de cor de acordo com o sistema CIE (*Commission International de L'Éclairage*): L*, a* e b* (Figura 8).

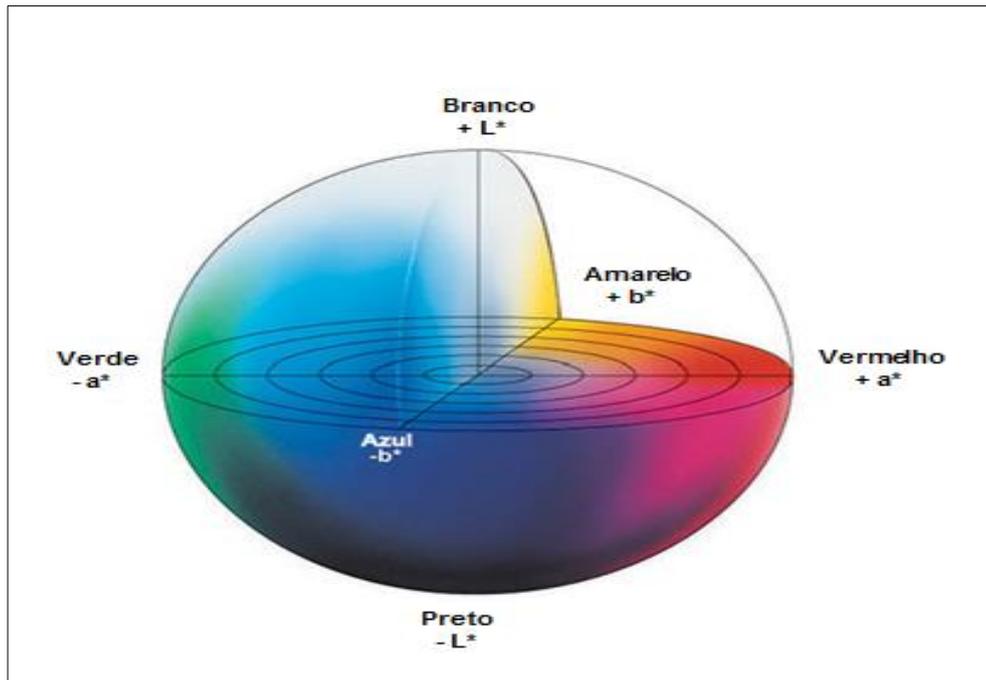


Figura 8 - Sistema de coordenadas de cor – CIE.
 Fonte: Adaptado de Harder (2005).

Segundo Harder (2005), o valor L^* (luminosidade) varia do branco ($L=100$) ao preto ($L=0$), o valor de a^* envolve a coloração na região do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$) e o valor b^* varia da coloração do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$).

3.12.7 Análise sensorial

Foram separados os ovos produzidos nos três dias finais do experimento para a análise sensorial descritiva para cor, textura e sabor, com a finalidade de verificar a aceitação dos consumidores. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (DCTA) – UFPEL.

Do total de 294 ovos produzidos, foram selecionados aleatoriamente 30 por tratamento para a análise sensorial. Os ovos foram cozidos durante 8 minutos (contados a partir do início da fervura da água), descascados e armazenados em potes de vidro com água filtrada. Permaneceram em refrigeração por 12 h, até o início da avaliação.

No teste sensorial, foi fornecida uma amostra de cada tratamento (ovos provenientes de codornas alimentadas com dietas contendo inclusão de 0, 2, 4, 6 e 8% de farinha de *Azolla filiculoides*), apresentado inteiro e solicitado que o próprio avaliador os cortasse ao meio (Figura 9), conforme descrito por Moraes (1985).



Figura 9 – Fotografia. Análise sensorial de ovos de codornas japonesas alimentadas com farinha de *Azolla filiculoides*.
Fonte: Acervo pessoal.

A preferência das amostras foi avaliada por 30 avaliadores, entre docentes e discentes da UFPel, não treinados e recrutados voluntariamente, para avaliação dos atributos: cor da gema, sabor e textura. A avaliação ocorreu de modo que a amostra padrão (P – sem inclusão da *Azolla filiculoides*) serviu de comparação para os demais tratamentos, através de uma escala hedônica (estruturada com sete pontos), em que 1= muito melhor que a padrão e 7= muito pior que a padrão (BRASIL, 2005).

Os provadores foram acomodados em cabines individuais específicas para a avaliação, conforme recomendado por Ferreira, Almeida e Pettinelli (2000). Cada um deles recebeu a amostra padrão e as demais oriundas dos tratamentos devidamente codificadas com algarismos aleatórios de três dígitos acompanhados de uma ficha de avaliação, juntamente com um copo d'água mineral sem gás, o qual foi recomendado uma pequena ingestão no intervalo de cada degustação.

3.12.8 Biometria da carcaça e de órgãos

Ao final do período experimental, as aves passaram por jejum de 10 horas para serem abatidas. Foram selecionadas aleatoriamente seis codornas de cada tratamento para a análise da carcaça e coleta de órgãos. O processo de eutanásia foi realizado no Laboratório de Experimentação Zootécnica, com a utilização de câmara de concentração de gás, com anestésico inalatório Isoflurano. A eutanásia foi realizada pelo Médico Veterinário responsável técnico pelo Setor de Avicultura.

Foram pesados em balança analítica de precisão (0,01 g) a carcaça inteira e limpa (sem pés, cabeça e pescoço), a moela, o coração, o fígado e a gordura abdominal e medido o comprimento da moela e do coração com paquímetro digital (0,01 mm). Para a determinação do comprimento total do intestino, avaliou-se as suas duas porções (delgado e grosso), desde o duodeno até o final da cloaca. Para o comprimento do intestino delgado foi medido desde o duodeno até o final do íleo, sendo este limitado pelos ceca. Foi utilizada fita métrica (cm) sob o órgão distendido.

3.12.9 Morfometria intestinal

Foi coletada uma parte do íleo de aproximadamente 1 cm para análise histológica de avaliação da altura das vilosidades, profundidade das criptas e relação vilo:cripta, todas medidas em micrômetros (μm), com o uso de microscópio eletrônico.

As amostras foram preparadas e analisadas no Laboratório de Preparação de Biologia Celular, Histologia e Anatomia ao Desenvolvimento, no Departamento de Morfologia, do Instituto de Biologia (UFPel).

Após a coleta, os fragmentos foram armazenados em formol 10%, para manter a integridade do tecido até o início das análises. Passaram por processo de desidratação em série crescente de álcoois (70%, 80%, 90% e absoluto com 40 min em cada), tratados com Xilol (três banhos de 40 min para cada) e incluídos em parafina, conforme descrito por Ribeiro, Grötzner e Filho (2012). Os blocos foram

cortados em micrótomo na espessura de 5 µm e entre cada amostra eram descartados pelo menos dez cortes.

As lâminas foram coradas com Hematoxilina e Eosina, conforme descrito por Beçak e Paulete (1976) e visualizadas em um fotomicroscópio de luz acoplado em um computador com um sistema de análise de imagens. As medidas de altura e profundidade (Figura 10) seguiram as recomendações de Gava (2012) e foram aferidas 12 medidas em cada amostra, totalizando 720 vilos e criptas distintos.

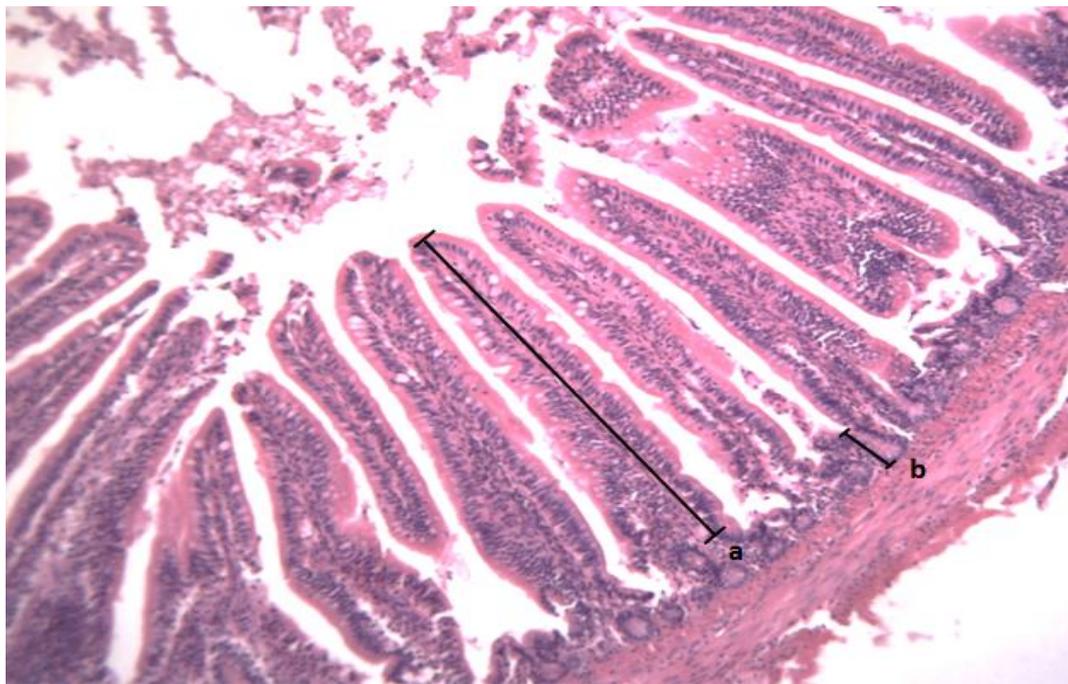


Figura 10 – Fotografia. Morfometria intestinal de codornas japonesas alimentadas com farinha de *Azolla filiculoides* em imagem microscópica (10x).

a= altura do vilos; b= profundidade da cripta.

Fonte: Acervo pessoal.

3.12.10 Análise econômica

Foi realizada análise econômica das diferentes dietas experimentais, a fim de avaliar a redução dos custos a partir da utilização da farinha de *Azolla filiculoides*.

Os valores do suplemento mineral e vitamínico e dos aminoácidos sintéticos foram disponibilizados pela empresa Polinutri Alimentos S.A. Para os demais ingredientes foram utilizados os valores médios obtidos no comércio da cidade de Pelotas/RS durante de mês de novembro de 2019.

3.13 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) e foram utilizados cinco tratamentos, cada um correspondendo a níveis crescentes e igualmente espaçados de inclusão de farinha de *Azolla filiculoides* nas dietas. Cada tratamento contou com 30 animais e 10 repetições.

As aves foram alojadas duas a duas em gaiolas metálicas e para as variáveis de desempenho, como peso das aves, consumo de ração, conversão alimentar, produção de ovos e digestibilidade aparente, cada gaiola (com duas aves) foi considerada uma unidade experimental. Para as outras variáveis, como as referentes à biometria de órgãos e morfometria intestinal, cada ave foi considerada uma unidade experimental. Para as análises de qualidade e análise sensorial dos ovos, cada ovo foi considerado uma unidade experimental.

Foi realizada análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas através do teste Tukey com um nível de significância de 5%. Também foi realizada a análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade para verificação do melhor nível de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* nas dietas, usando o programa R, versão 3.6.1 (R CoreTeam, 2019).

Para a análise sensorial dos ovos foi realizado o teste de comparação múltipla através do teste de Dunnet a 95% de confiabilidade.

4 Resultados e discussão

4.1 Produção e composição nutricional da farinha de *Azolla filiculoides*

O maior desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a maior produtividade da farinha de *Azolla filiculoides* foi percebido a partir do mês de novembro até o final do verão. No mês de dezembro verificou-se o maior volume de biomassa produzida e a partir do início do outono até a entrada da primavera a produção foi reduzida. Estes resultados corroboram com o estudo realizado por Esteves e Camargo (1986) para o cultivo de *Azolla* em clima subtropical da região sul do Brasil. O valor do pH da água onde as plantas foram cultivadas apresentou valor médio de 7,33 durante o período avaliado.

Os resultados da composição bromatológica da farinha de *Azolla filiculoides* são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição bromatológica, em base seca, da farinha de *Azolla filiculoides*.

Nutriente (%)	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i>
Matéria seca	91,250
Proteína bruta	30,880
Fibra bruta	18,290
Fibra detergente neutro	69,850
Fibra detergente ácido	67,490
Matéria mineral	23,850
Extrato etéreo	2,630
Extrato não nitrogenado	24,350
Nitrogênio	4,255
Fósforo	0,718
Potássio	2,778
Cálcio	0,630
Magnésio	0,291
Enxofre	0,663
Sódio	1,526
Cobre	0,000671
Zinco	0,006202
Ferro	0,092871
Manganês	0,075063

O valor energético da farinha de *Azolla filiculoides* foi calculado através dos dados da análise bromatológica e de energia bruta das dietas e excretas durante o ensaio de digestibilidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise bromatológica e de energia bruta, em base seca, das dietas (referência e com 20% de farinha de *Azolla filiculoides*) e das excretas de codornas japonesas em postura.

Nutriente	Dietas		Excretas	
	Controle	20%	Controle	20%
Matéria seca (%)	97,21	97,19	33,06	34,08
Umidade (%)	10,83	9,35	66,94	65,92
Proteína bruta (%)	21,38	20,66	39,73	41,24
Extrato etéreo (%)	6,64	6,31	1,68	1,50
Matéria mineral (%)	0,74	0,71	1,74	1,78
Fibra bruta (%)	6,76	7,16	9,44	11,61
Extrato não nitrogenado (%)	64,48	65,16	47,41	43,87
Energia bruta (kcal/kg)	4071	4019	2640	2805

A partir de então, os valores para a energia bruta e energia metabolizável do alimento foram ser estimados (Tabela 5).

Tabela 5 – Composição energética, em base seca, da farinha de *Azolla filiculoides*.

Nutriente (kcal/kg)	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i>
Energia bruta	3934
Energia metabolizável aparente	2976

4.2 Desempenho zootécnico das aves

4.2.1 Peso corporal

Os resultados médios para o peso inicial e final e o ganho de peso das codornas japonesas em postura estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Peso inicial, peso final e ganho de peso de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Variáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)					Probabilidade (%)			
	0	2	4	6	8	EPM	P	Regressão	
								L	Q
PI (g)	188,13	187,98	188,12	188,07	186,42	4,59	0,89	0,75	0,69
PF (g)	191,10	190,00	191,54	190,09	189,29	4,21	0,99	0,77	0,95
Ganho (g)	2,97	2,02	3,42	2,02	2,87	3,02	0,44	0,39	0,37

PI= peso inicial; PF= peso final; EPM= erro padrão da média; P= probabilidade; L= regressão linear; Q= regressão quadrática.

A homogeneidade entre os pesos iniciais das aves no início do experimento é fundamental para isolar as variações entre as unidades experimentais e evitar tendências entre os tratamentos e as variáveis analisadas.

Não se observou diferença significativa ($P>0,05$) sobre o ganho de peso das aves durante o período avaliado para nenhum dos tratamentos utilizados. Logo, os níveis testados para a farinha de *Azolla filiculoides* se mostraram suficientes para atender a exigência diária das aves sem que houvesse perda de peso nas codornas.

Os resultados para peso corporal também evidenciam que até o nível máximo testado (8%) não houve efeito tóxico para as aves, confirmando com os trabalhos realizados por Paraselli (2013), Shamna et al. (2013), Rathod et al. (2013), Parvez et al. (2018) e Tugiyanti e Heriyanto (2018) que utilizaram até 7,5% de *Azolla pinnata* na dieta de codornas sem ocasionar qualquer problema na saúde das aves.

4.2.2 Produção de ovos, consumo de ração e conversão alimentar

Conforme os dados apresentados na Tabela 7, as codornas alimentadas com dietas com a inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* apresentaram produção de ovos igual às que receberam a dieta controle. O mesmo pode ser percebido para o consumo de ração e a conversão alimentar.

Tabela 7 – Produção de ovos, consumo de ração e conversão alimentar de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Variáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)					EPM	Probabilidade (%)		
	0	2	4	6	8		Valor P	Regressão	
								L	Q
TP (%)	98,8	99,1	97,1	97,0	97,9	0,74	0,16	0,10	0,15
DZ (unidade)	46,1	46,3	44,5	45,3	45,7	0,05	0,13	0,12	0,14
PO (g)	11,7	12,1	11,3	11,5	11,6	0,19	0,11	0,16	0,35
MO (g/ave/dia)	11,6	11,8	11,1	11,3	11,4	0,18	0,07	0,11	0,14
CR (g)	27,5	27,3	27,3	27,4	27,7	0,42	0,92	0,67	0,64
CA (g/dz)	167,0	165,5	171,5	169,5	170,0	6,56	0,70	0,31	0,57
CA (g/MO)	2,4	2,3	2,5	2,4	2,4	0,03	0,09	0,05	0,15

TP= taxa de postura; DZ= dúzias de ovos produzidas; PO= peso do ovo inteiro; MO= massa do ovo; CR= consumo de ração (g/ave/dia); CA= conversão alimentar (g/dúzia de ovos ou g/massa de ovo); EPM= erro padrão da média; P= probabilidade; L= regressão linear; Q= regressão quadrática.

Pode ser observado também que as aves apresentaram alta taxa de postura em todos os tratamentos, em torno de 98%. Da mesma forma, o peso dos ovos ficou dentro do padrão estabelecido para as codornas japonesas (ALBINO; BARRETO, 2003). O consumo de ração/dia foi inferior à quantidade ofertada/dia, confirmando que a quantidade estabelecida de 30 g de ração/ave/dia é suficiente para codornas japonesas em condições ambientais favoráveis (SILVA, 2014). Portanto, os níveis estudados de adição de farinha de *Azolla filiculoides* às dietas mantiveram o desempenho produtivo das aves.

4.3 Mortalidade

Das 100 codornas japonesas utilizadas no experimento apenas uma precisou ser descartada. Após 11 dias do início do experimento, uma codorna aparentemente estava machucada e não apresentava consumo alimentar. A ave sofreu eutanásia

para realização do exame de necropsia e foi diagnosticada com Osteomielite (infecção na medula óssea ocasionada pela inoculação de micro-organismos) na pata direita, que pode ter sido ocasionada por algum ferimento na gaiola ou durante o manejo de pesagem.

4.4 Digestibilidade aparente

Os valores da análise bromatológica de umidade, MS, PB, MM, EE, FB e ENN das dietas experimentais e das excretas das codornas japonesas estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise bromatológica, em base seca, das dietas com farinha de *Azolla filiculoides* e excretas de codornas japonesas em postura.

Nutriente (%)	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)									
	Dietas					Excretas				
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Matéria seca	85,92	86,62	86,14	86,12	86,36	27,58	26,70	25,24	24,62	28,13
Umidade	14,07	13,37	13,86	13,87	13,63	72,42	73,30	74,76	75,38	71,87
Proteína bruta	20,11	19,73	19,92	19,59	19,38	37,96	38,06	40,56	39,75	40,59
Matéria mineral	11,29	11,70	10,37	10,89	11,43	28,48	28,74	28,59	28,39	28,71
Extrato etéreo	5,08	4,92	5,08	4,76	4,52	1,68	1,83	1,54	1,85	1,83
Fibra bruta	4,75	6,83	6,88	7,36	7,60	9,31	10,94	10,12	10,65	10,55
ENN	58,77	56,82	57,75	57,40	57,07	22,57	20,43	19,19	19,36	18,32

ENN= extrato não nitrogenado.

Os valores de proteína bruta das dietas se apresentaram dentro do estimado na formulação das dietas (Tabela 1) e para as exigências de codornas japonesas em postura (SILVA; COSTA, 2009).

Para a fibra bruta foi observado um aumento proporcional ao incremento dos níveis de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* na dieta. Geralmente na composição das dietas para não ruminantes, esse nutriente não ultrapassa 4% de inclusão, visto que quantidades maiores podem ocasionar uma redução na digestibilidade de nutrientes (BERTECHINI, 2006; MATEOS et al., 2012).

Dessa forma, o coeficiente de digestibilidade das dietas (Tabela 9), apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) para a produção total de excretas e a porcentagem de digestibilidade.

Tabela 9 – Coeficiente de digestibilidade, em base seca, de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Variáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)					Probabilidade (%)			
	0	2	4	6	8	EPM	P	Regressão	
								L	Q
CR (g)	23,1	23,2	23,3	22,8	23,8	0,866	0,93	0,69	0,84
PTE (g)	6,4 ^b	6,8 ^{ab}	7,1 ^{ab}	7,3 ^{ab}	8,4 ^a	0,438	<0,01	0,07	0,07
DIG (%)	72,3 ^a	70,7 ^{ab}	69,5 ^{ab}	68,0 ^{ab}	64,5 ^b	1,510	<0,01	0,06	0,06

CR= consumo de ração (g/dia); PTE= produção total de excretas (g/ ave/dia); DIG = porcentagem de digestibilidade; EPM= erro padrão da média; P= probabilidade; L= regressão linear; Q= regressão quadrática.

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora não tenha havido diferença em relação ao consumo de ração pelas aves, a inclusão de 8% da farinha de *Azolla filiculoides* promoveu aumento na produção de excretas e, conseqüentemente, redução na digestibilidade da dieta, em comparação com os resultados obtidos pelas aves que consumiram a dieta controle. Essa redução pode ser explicada pelo aumento do teor de fibra nesta dieta (Tabela 8).

Ainda que o ingrediente em estudo seja considerado um alimento fibroso (média de 18,29% de FB) e apesar dos níveis de fibra bruta nas dietas ficarem acima de 4%, o valor obtido de 64,5% para o coeficiente de digestibilidade para as aves que consumiram 8% da farinha de *Azolla filiculoides* não pode ser negligenciado, uma vez que as aves mantiveram um desempenho satisfatório e não diferiram daquelas que consumiram as dietas com os níveis inferiores (2, 4, e 6% de farinha de *Azolla filiculoides*).

4.5 Qualidade de ovos

As médias obtidas para as variáveis peso do ovo inteiro, porcentagem de albúmen, gema e casca, espessura da casca, Unidade *Haugh* e gravidade específica podem ser visualizadas na Tabela 10. Os resultados não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre as dietas utilizadas.

Tabela 10 – Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Variáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)					Probabilidade (%)			
	0	2	4	6	8	EMP	P	Regressão	
								L	Q
PO (g)	11,70	12,10	11,30	11,50	11,60	0,193	0,11	0,16	0,35
PA (%)	61,12	61,41	62,33	60,51	61,46	0,159	0,13	0,15	0,29
PG (%)	30,85	30,74	29,64	31,40	30,52	0,120	0,28	0,52	0,70
PC (%)	8,03	7,85	8,23	8,09	8,02	0,026	0,97	0,58	0,86
EC (mm)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,007	0,90	0,43	0,62
UH	90,18	89,12	89,54	91,77	90,03	0,214	0,62	0,63	0,87
GE (g/cm ³)	1074	1075	1077	1078	1076	1,032	0,10	0,13	0,07

PO= peso do ovo inteiro; PA= porcentagem do albúmen; PG= porcentagem da gema; PC= porcentagem da casca; EC= espessura da casca; UH= Unidade *Haugh*; GE= gravidade específica; EPM= erro padrão da média; P= probabilidade; L= regressão linear; Q= regressão quadrática.

Todas as variáveis se encontram dentro do padrão esperado (ALBINO; BARRETO, 2003; ROBERTS, 2004; ORDÓNEZ, 2005; USDA, 2006) e a inclusão de até 8% da farinha de *Azolla filiculoides* na dieta das aves não afetou a qualidade interna e externa dos ovos produzidos.

Para a análise de coloração das gemas, verificou-se diferença ($P < 0,05$) através dos dois métodos avaliados (Tabela 11).

Tabela 11 – Colorimetria pelos métodos subjetivo (leque) e objetivo (com colorímetro digital) das gemas de ovos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Variáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)					Probabilidade (%)			
	0	2	4	6	8	EPM	P	Regressão	
								L	Q
Leque	4,71 ^c	6,04 ^b	9,67 ^a	10,08 ^a	10,25 ^a	0,19	<0,01	<0,01	<0,01
Colorímetro									
L*	65,80 ^a	65,20 ^a	62,00 ^b	62,30 ^b	62,10 ^b	0,69	<0,01	<0,01	<0,01
a*	-8,69 ^c	-6,20 ^b	0,30 ^a	0,80 ^a	1,18 ^a	0,22	<0,01	<0,01	<0,01
b*	51,00 ^b	53,70 ^{ab}	53,40 ^{ab}	54,80 ^{ab}	55,60 ^a	0,96	0,02	<0,01	<0,01

L*= luminosidade; a*= coordenada vermelho/verde; b*= coordenada amarelo/azul; EPM= erro padrão da média; P= probabilidade; L= regressão linear; Q= regressão quadrática.

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos pelo leque colorimétrico passaram por análise de regressão (Figura 11), podendo ser observada uma tendência quadrática para a coloração das gemas.

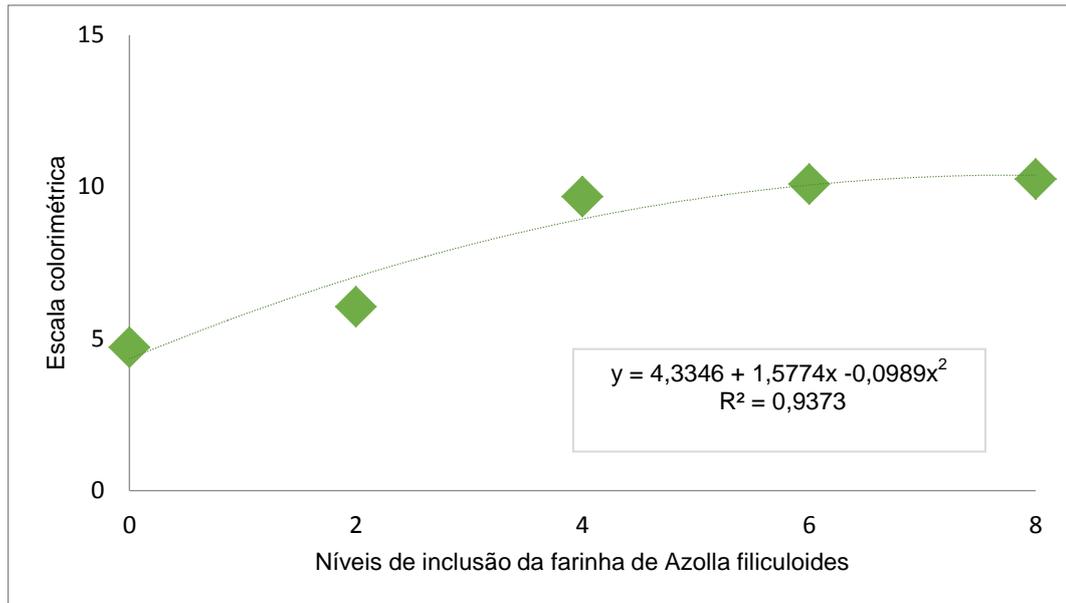


Figura 11 – Gráfico. Coloração das gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides* avaliadas com o uso de leque colorimétrico.
Fonte: Acervo pessoal.

A partir da inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* nas dietas a coloração das gemas sofreu alteração, de modo que, a medida que os níveis foram aumentando, as dietas tornaram-se mais escuras (Figura 4) e consequentemente, as gemas mais pigmentadas (Figura 7).

Estudos apontam que a presença de carotenóides naturais disponíveis na *Azolla filiculoides* são capazes de enriquecer a composição nutricional dos ovos produzidos (MATSUKAWA et al., 1997; RAYMUNDO; HORTA; FETT, 2004; MORAES; ARIKI, 2009).

Os resultados obtidos pelo colorímetro digital sustentam a avaliação subjetiva (Figura 12).

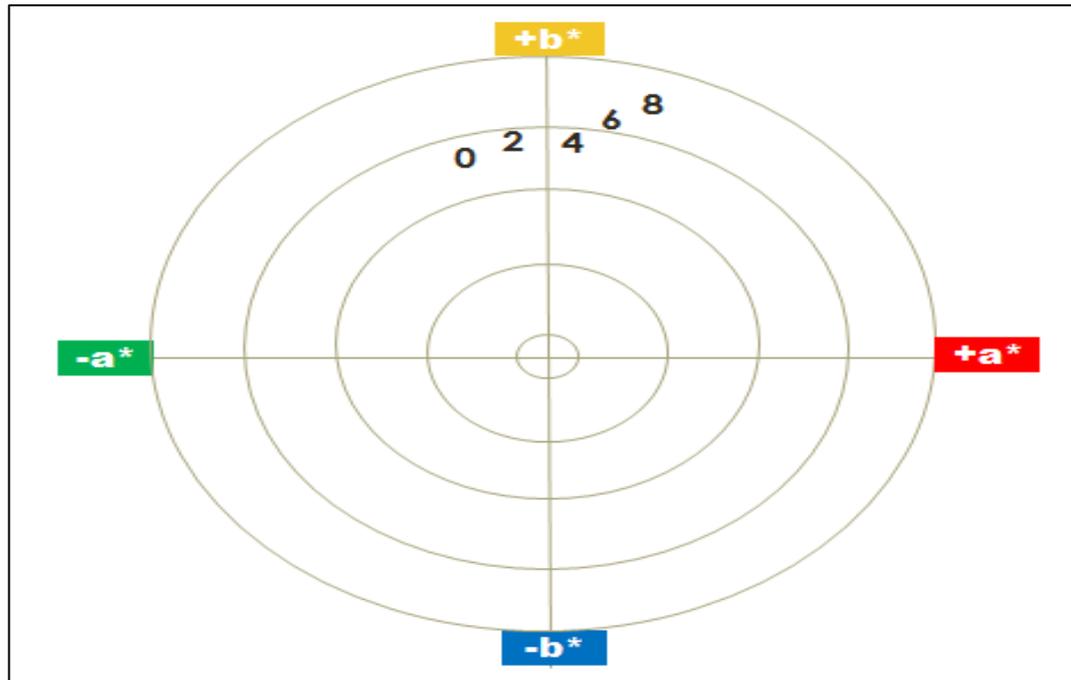


Figura 12 – Coloração das gemas de ovos de codornas alimentadas com farinha de *Azolla filiculoides* pelo sistema de coordenadas de cor – CIE.

a^* = coordenada vermelho/verde; b^* = coordenada amarelo/azul; 0= dieta controle; 2= 2% de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*; 4= 4% de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*; 6= 6% de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*; 8= 8% de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*.

Fonte: Adaptado de Harder (2005).

As gemas dos ovos produzidos pelas codornas alimentadas a partir da inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* se tornaram mais alaranjadas. Segundo Ramos (2008), os pigmentos disponíveis na dieta são capazes de direcionar a coloração da gema, para mais clara (amarela) ou mais intensa – laranja ao avermelhado. O aumento da pigmentação das gemas é característica desejada tanto para os produtores quanto consumidores, o que torna a inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* uma alternativa natural e econômica ao uso dos pigmentantes sintéticos.

4.6 Análise sensorial dos ovos

Além de atender as exigências nutricionais para o máximo desempenho produtivo das aves, o presente estudo objetivou satisfazer o mercado consumidor. Para esta avaliação, se considerou os melhores ovos aqueles que receberam as menores notas (BRASIL, 2005).

Na Tabela 12 pode ser observado que os ovos oriundos das aves que receberam a dieta controle (0) não receberam nota individual, pois serviram apenas de comparação para os ovos das codornas que foram alimentadas com as dietas contendo a inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* (2, 4, 6 e 8).

Tabela 12 – Análise sensorial (textura, sabor e cor da gema) de ovos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Variáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)				Probabilidade (%)	
	2	4	6	8	DP	P
Textura	3,7	3,4	3,5	3,4	1,5	>0,05
Sabor	3,9 ^a	3,6 ^a	3,0 ^b	3,4 ^b	1,3	<0,05
Cor da gema	3,7 ^a	1,8 ^b	2,5 ^b	2,2 ^b	1,2	<0,05

DP= desvio padrão; P= probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Os valores apresentados na tabela se referem à escala hedônica de sete pontos, em que 1= muito melhor que a padrão e 7= muito pior que a padrão.

a= amostra avaliada igual a amostra padrão (ovos produzidos por codornas japonesas alimentadas com a dieta controle).

b= amostra avaliada melhor que a amostra padrão (ovos produzidos por codornas japonesas alimentadas com a dieta controle).

O atributo textura não apresentou diferença entre as dietas avaliadas ($P>0,05$). No entanto, a coloração da gema e o sabor dos ovos diferiram. Para o sabor, os ovos produzidos pelas aves que receberam as dietas com os maiores níveis de inclusão (6% e 8%) da farinha de *Azolla filiculoides* foram significativamente diferentes e obtiveram a menor pontuação, considerados então, melhores que a amostra padrão (dieta sem farinha de *Azolla filiculoides*).

Os ovos oriundos das aves que consumiram as dietas contendo 4%, 6% e 8% de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* foram melhores avaliados para a cor da gema quando comparados com os ovos das codornas que receberam a dieta padrão.

Estes resultados confirmam que o mercado consumidor brasileiro, na grande maioria das vezes, tem preferência pelos tons mais alaranjados da gema (ARAÚJO, 2016).

4.7 Biometria de carcaça e órgãos

As medidas realizadas com a carcaça e órgãos das aves estão apresentadas na Tabela 13. Apenas a característica comprimento da moela apresentou diferença estatística ($P < 0,05$).

Tabela 13 – Biometria da carcaça e de órgãos de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Variáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)					Probabilidade (%)			
	0	2	4	6	8	EPM	P	Regressão	
								L	Q
PV (g)	194,00	185,00	190,00	194,00	187,00	5,70	0,68	0,79	0,94
PCI (g)	186,00	180,00	179,00	179,00	183,00	7,62	0,96	0,77	0,75
PCL (g)	102,40	101,90	99,70	102,70	102,20	4,99	0,99	0,98	0,95
PM (g)	2,90	2,80	3,20	3,30	3,10	0,17	0,36	0,15	0,31
PC (g)	1,73	1,72	1,55	1,79	1,83	0,07	0,07	0,24	0,09
PF (g)	5,13	5,09	5,73	5,13	5,23	0,48	0,87	0,86	0,84
GA (g)	2,67	2,64	3,37	1,57	3,56	0,93	0,59	0,81	0,88
CTI (cm)	61,50	61,80	62,00	61,30	61,00	2,03	0,99	0,80	0,92
CID (cm)	54,00	55,20	55,30	54,50	55,00	1,82	0,98	0,80	0,91
CM (mm)	19,90 ^{ab}	19,20 ^b	20,10 ^{ab}	21,00 ^a	20,90 ^a	0,42	0,04	0,01	0,03
CC (mm)	19,90	19,90	18,40	18,80	19,40	0,52	0,17	0,23	0,15

PV= peso vivo; PCI= peso da carcaça inteira; PCL= peso da carcaça limpa; PM= peso da moela; PC= peso do coração; PF= peso do fígado; PGA= peso da gordura abdominal; CIT= comprimento total do intestino; CID= comprimento do intestino delgado; CM= comprimento da moela; CC= comprimento do coração; EPM= erro padrão da média; P= probabilidade; L= regressão linear; Q= regressão quadrática.

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora Starck e Rahmaan (2003) tenham mostrado que a ingestão de fibras afeta o peso relativo da moela e do intestino delgado em codornas, neste estudo, observou-se apenas que o comprimento da moela sofreu alteração. As moelas das codornas alimentadas com as dietas contendo 6% e 8% de inclusão farinha de *Azolla filiculoides* se apresentaram maiores.

O aumento da fibra nas dietas exige um maior funcionamento da moela para degradar o alimento, o que ocasiona a hipertrofia muscular do órgão. Apesar de ter sido encontrada diferença no comprimento da moela, os valores se encontram dentro da média e são semelhantes aos resultados encontrados por Omonona, Olukole e Fayemi (2014).

4.8 Morfometria intestinal

As medidas realizadas nas vilosidades e criptas intestinais estão descritas na Tabela 14.

Tabela 14 – Morfometria do íleo (comprimento do vilo, comprimento da cripta e relação comprimento do vilo:comprimento da cripta) de codornas japonesas em postura alimentadas com dietas contendo farinha de *Azolla filiculoides*.

Váriáveis	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)					Probabilidade (%)			
	0	2	4	6	8	EPM	P	Regressão	
								L	Q
Comprimento vilo (μm)	858	661	676	758	876	88,0	0,30	0,64	0,10
Comprimento cripta (μm)	134	135	127	130	140	10,5	0,91	0,77	0,71
Relação	6:1	5:1	6:1	6:1	6:1	0,75	0,63	0,74	0,48

EPM= erro padrão da média; P= probabilidade; L= regressão linear; Q= regressão quadrática.

A importância da análise da histologia intestinal do íleo está diretamente relacionada com a absorção de nutrientes. É esperado que aves que apresentam vilosidades intestinais maiores tenham uma melhor capacidade absorptiva (GONZALES, 2002). Em relação à profundidade das criptas, Ibrahim (2011), relata que quanto mais rasas, mais eficiente o processo de absorção dos nutrientes oferecidos na dieta.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para nenhuma das variáveis analisadas em relação a qualidade histológica do íleo de codornas japonesas alimentadas com os diferentes níveis de farinha de *Azolla filiculoides*. O que pode indicar que até o nível máximo utilizado (8%), não houve efeito tóxico que prejudicasse a saúde intestinal das aves.

4.9 Análise econômica

O valor dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais e a redução dos custos (por quilo e em porcentagem) a partir da inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15 – Custo (R\$/kg) das dietas com farinha de *Azolla filiculoides* para codornas japonesas em postura.

Ingredientes	Preço (R\$/kg)	Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (%)				
		0	2	4	6	8
Milho moído (7% PB)	0,95 ¹	48,45	47,72	47,31	46,55	46,30
Farelo de soja (45% PB)	1,85 ¹	66,92	65,38	62,90	61,14	58,31
Farinha de <i>Azolla filiculoides</i> (31% PB)	0,00 ¹	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calcário calcítico (35%Ca)	0,33 ¹	2,39	2,39	2,38	2,38	2,37
Fosfato bicálcico (24%Ca; 19%P)	10,40 ¹	12,88	12,88	12,88	12,69	12,58
Óleo de soja	4,00 ¹	11,20	11,44	10,80	10,32	9,68
Cloreto de sódio	1,60 ¹	0,86	0,77	0,67	0,50	0,50
Suplemento vitamínico e mineral	28,00 ²	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
DL-metionina	11,02 ²	4,19	1,32	1,32	1,32	1,32
L-lisina	8,48 ²	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo (R\$) de produção da dieta						
Por 100 kg		162,07	155,89	152,26	148,90	145,07
Redução de custo por quilo		0,00	-0,06	-0,10	-0,13	-0,17
Redução de custo porcentagem		0,00	-3,81	-6,05	-8,13	-10,49

¹Valor médio referente ao mês de novembro de 2019 para a cidade de Pelotas/RS.

²Valor disponibilizado pela empresa Polinutri Alimentos S.A.

Comparando as dietas experimentais (a partir da inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*) com a dieta controle houve redução total de custo, com diminuição na quantidade de todos os ingredientes, exceto o suplemento vitamínico e mineral, que se manteve fixo em todas.

Outro destaque se dá ao uso dos aminoácidos sintéticos. No momento da formulação, foram utilizados como referência os valores dos aminoácidos presentes na biomassa da *Azolla filiculoides* (Tabela 2) apresentados por Bhaskaran e Kannapan (2015) e, deste modo, somente na dieta controle a L-lisina foi adicionada, tendo custo zero nas demais dietas. A DL-metionina, por sua vez, teve seu custo três vezes menor nas dietas com a inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* quando comparada com a dieta controle.

Houve redução de cerca de 10% dos custos com a utilização do nível máximo de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*, representando uma redução de R\$ 17,00 para cada 100 kg de ração produzida (Figura 13).

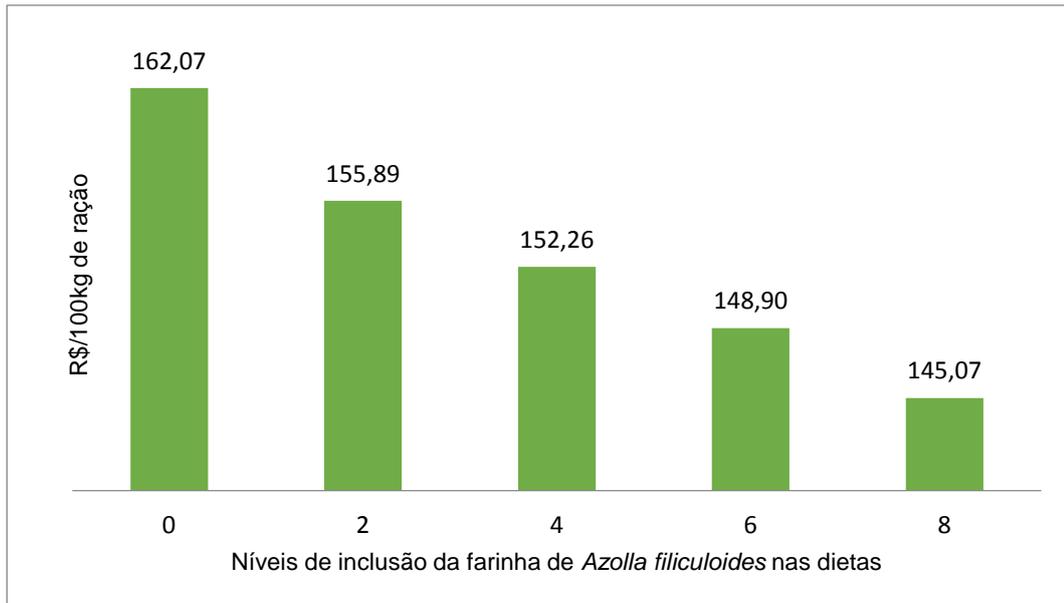


Figura 13 – Gráfico. Custo de produção (R\$/100kg) das dietas contendo níveis de inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*.
Fonte: Acervo pessoal.

5 Conclusões

Os resultados deste estudo comprovam que é possível incluir em até 8% a farinha de *Azolla filiculoides* na dieta de codornas japonesas em postura.

A inclusão da farinha de *Azolla filiculoides* na dieta de codornas japonesas intensificou positivamente a coloração das gemas, sem afetar a textura e o sabor dos ovos produzidos.

As dietas apresentaram redução dos custos produtivos a partir da inclusão da farinha de *Azolla filiculoides*.

Referências

- ABADI, S.; HUDA, M.; JASMI, K. A.; NOOR, S. S. M.; SAFAR, J.; MOHAMED, A. K.; EMBONG, W. H. W.; MOHAMAD, A. M.; HEHSAN, A.; BASIRON, B.; IHWANI, S. S.; MASELENO, A.; MUSLIHUDIN, M.; SATRIA, F.; IRAWAN, D.; HARTATI, S. Determination of the best quail eggs using simple additive weighting. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, p. 225-230, 2018.
- ACCODJI, J. M. M.; FIOGBE, E. D.; GANGBAZO, K. H. Essai de valorization d'*Azolla* (*Azolla microphylla*, Kaulf) dans la production porcine en zone humide. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v. 3, n. 5, p. 890-898, 2009.
- ADALBERTO, P. R.; MASSABNI, A. C.; GOULART, A. J.; MONTI, R.; LACAVAL, P. M. Efeito do fósforo na captação de minerais e pigmentação de *Azolla caroliniana* Willd. (*Azollaceae*). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 581-585, jul-set., 2004.
- ALALADE, O. A.; IYAYI, E. A. Chemical composition and the feeding value of *Azolla* (*Azolla pinnata*) meal for egg-type chicks. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 2, p. 137-141, 2006.
- ALALADE, O. A.; IYAYI, E. A.; ALALADE, T. O. The nutritive value de *Azolla* (*Azolla pinnata*) meal in diets for growing pullets and subsequnte effect on laying performance. **The Journal of Poultry Science**, v. 44, p. 273-277, 2007.
- ALBERTONI, E F.; PALMA-SILVA, C.; VEIGA, C. C. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associada as macrófitas aquáticas *Nymphoides indica* e *Azolla filliculoides* em dois lagos subtropicais (Rio Grande, RS, Brasil). **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 27, n. 3, p. 137-145, 2005.
- ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. **Codornas: criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 289 p.
- ALBINO, L. F. T.; NEME, R. **Codornas: manual prático de criação**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1998. 56 p.
- ALDÁS, J. J. C.; ZURITA, V. J. H.; CRUZ, T. S. E.; VILLACÍS, A. L. A., POMBOZA, T. P. P.; LEÓN, G. O. A. Efecto biofertilizante de *azolla - anabaena* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). **Journal of the Selva Andina Biosphere**, v. 4, n. 2, p. 109-105, 2016.
- ALLEONI, A. C. C.; ANTUNES, A. J. Unidade *Haugh* como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 681-685, 2001.

ALMEIDA, T. J. O.; DE ARAÚJO, V. V.; DA SILVA, A. V.; SILVA, R. F.; SANTOS, N. A.; SANTANA, M. D.; DE OLIVEIRA, V. P. Evolução da produção de codornas para abate e postura no Brasil. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. 2013. Recife, PE. **Anais da XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.

ANDRADE, T. V.; SANTOS, R. N. V.; ARAUJO, D. J.; BRAULINO, D. S.; MARCO DE MOURA, M. V. B. T. P.; BORGES, L. S. Efeito de fatores antinutricionais encontrados nos alimentos alternativos e seu impacto na alimentação de não ruminantes. **Revista Eletrônica Nutri Time**, v. 12, n. 6, P. 4393-4399, nov-dez., 2015.

ARA, S.; ADIL, S.; BANDAY, M. T.; KHAN, M. A. Feeding potential of aquatic fern-*Azolla* in broiler chicken tation. **Journal of Poultry Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 15-19, jan-mar., 2015.

ARAÚJO, W. A. G; ALBINO, L. F. T. Incubação comercial. **Transworld Research Network**. p. 105-138, 2011. Disponível em: <http://issuu.com/ResearchSignpost/docs/araujo_e-book/23>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ARAÚJO, L. S. **Própolis e ágar na manutenção da qualidade do ovo em diferentes ambientes**. 2016. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016.

ARNAULD, S. M. D.; AKITO, O.; SHUNSUKE, K.; EMILE, D. F. Effect of total replacement of fishmeal by earthworm and *Azolla filiculoides* meals in the diets of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) reared in concrete tanks. **Indian Journal of Fisheries**, v. 64, n. 1, p. 31-36, 2017.

ARORA, A.; SINGH, P. K. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* spp. **Biomass and Bioenergy**, v. 24, n. 3, p. 175-178, 2003.

ASHTON, P. J. ***Azolla* infestations in South Africa**: History of the introduction, scope of the problem and prospects for management. Water Qual. Information Sheet, 1992, 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório Anual, 2019**. 2019. Disponível em:< <http://cleandrodias.com.br/wp-content/uploads/2019/05/RELATO%C3%ACRIO-ANUAL-ABPA-2019.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis**. 12.ed. Washington, 1975. 1094 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington, 1990. 1298 p.

BACERRA, M.; PRESTON, T. R.; OGLE, B. Efeito da substituição de grãos de soja cozidos inteiros por *Azolla* nas dietas de patos em crescimento. **Livestock Research for Rural Development**, v. 7, n. 3, p. 1-11, dez., 1995.

BAIÃO, N. C; LARA, L. J. C. Oil and fat in broiler nutrition. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 7, n. 3, p. 129-141, 2005.

BALAJI, K.; JALALUDEEN, A.; CHURCHIL, R. R.; PEETHAMBARAN, P. A.; SENTHILKUMAR, S. Effect of dietary inclusion of *Azolla* (*Azolla pinnata*) on production performance of broiler chicken. **Indian Journal of Poultry Science**, v. 44, v. 2, 2009.

BARRETO, S. C. S.; ZAPATA, J. F. F.; FREITAS, E. R.; FUENTES, M. F. F.; NASCIMENTO, R. F.; ARAUJO, R. S. R. M; AMORIM, A. G. N. Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p.1767-1773, 2006.

BASAK, B.; PRAMANIK, M. A. H.; RAHMAN, M. H.; TARAFDAR, S. U.; ROY, B. C. *Azolla* (*Azolla pinnata*) como ingrediente alimentar na ração de frangos de corte. **International Journal of Poultry Science**, v. 1 , n. 1, p. 29-34, 2002.

BAUNGARTNER, J. Japanese quail production breeding and genetics. **World's Poultry Science**, v. 50, n. 3, p. 228-235,1994.

BEÇAK, W.; PAULETE, J. Técnicas de citologia e histologia. **Livros Técnicos e Científicos**. Editora SA, Rio de Janeiro, 1976. 230 p.

BELO, M. T. S.; COTTA, J. T. B.; OLIVEIRA, A. I. G. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. **Ciência Agrotécnica**, v. 24, n. 3, p. 782-793, 2000.

BERTECHINI A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.

BERTECHINI, A. G. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 2010. Lavras, MG. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Coturnicultura**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010.

BERTECHINI, A. G. Situação atual e perspectivas da coturnicultura industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 2013. Lavras, MG. **Anais do V Congresso Brasileiro de Coturnicultura**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013.

BHASKARAN, S. K.; KANNAPAN, P. Nutritional composition of four different species of *Azolla*. **European Journal of Experimental Biology**, v. 5, n. 3, p. 6-12, 2015.

- BHATTACHARYYA, A.; SHUKLA, P. K.; ROY, D.; SHUKLA, M. Effect of *Azolla* supplementation on growth, immunocompetence and carcass characteristics of commercial broilers. **Journal of Animal Research**, v.6 n. 5, p. 941-945, out., 2016.
- BIBLE, B.B.; SINGHA, S. Canopy position influences CIELab coordinates of peach color. **Hortscience**, v. 28, p. 992-993, 1993.
- BISWAS, M.; PARVEEN, S.; SHIMOZAWA, H.; NAKAGOSHI, N. Effects of *Azolla* species on weed emergence in a rice paddy ecosystem. **Weed Biology and Management**, v. 5, n. 4, p. 176-183, 2005.
- BORDIN, R. **Coturnicultura brasileira: Evolução e fatos**. Avesui, América Latina, 2016. Disponível em:
<<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/coturnicultura-brasileiraevolucao-e-fatos-roberto-bordin/20111207-082209-e851>>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. Brasília, DF, 2005. 1018 p.
- BROUWER, P.; SCHLUEPMANN, H.; NIEROP, K. G. J.; ELDERSON, J.; BIJL, P. K.; MEER, I. V. D.; DE VISSER, W.; REICHART, G.; SMEEKENS, S.; WERF, A. V. D. Growing *Azolla* to produce sustainable protein feed: The effect of differing species and CO₂ concentrations on biomass productivity and chemical composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 12, p. 4759-4768, 2018.
- BROUWER, P.; KLASS, N. G. J.; WOUTER, H. J. J.; SCHLUEPMANN, H. Aquatic weeds as novel protein sources: alkaline extraction of tannin-rich *Azolla*. **Biotechnology Reports**, v. 24, dez., 2019.
- BRULC, L.; SIMONOVSKA, B.; VOVK, I; GLAVNIK, V. Determination of egg yolk xanthophylls by isocratic high performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 1318, p. 137-141, 2013.
- BRUXEL, T. M. M. O. **Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)**. 2016, 99 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2016.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 19 p.
- CARDOSO E. J. B. N.; TSAI S. M.; NEVES M. C. P. Sociedade brasileira de ciência do solo, microbiologia do solo. In: **Associações de cianobactérias e plantas verdes**. Campinas, 1992, p. 205-207.

CARRAPIÇO, F.; TEIXEIRA, G.; DINIZ, M. A. *Azolla* as biofertiliser in Africa – A challenge for the future. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 23, n. 3, p. 120-138, 2000.

CARRAPIÇO, F.; PEREIRA, L.; RODRIGUES, T. Contribution to a symbiogenic approach in astrobiology. **Aquaphyte**, v. 16, n. 2, p. 11, 2007.

CHATTERJEE, A.; SHARMA, P.; GHOSH, M. K.; MANDAL, M.; ROY, P. K. Utilization of *Azolla microphylla* as feed supplement for crossbred cattle. **International Journal Of Agriculture And Food Science Technology**, v. 4, n. 3, p. 207- 214, 2013.

COOK, C. D. K. 1974. **Water plants on the world**. The Hague: Dr. Junk Publisher. 1974. 561 p.

CORDAZZO, C. A.; SEELIGER, U. **Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Extremo Sul do Brasil**. Editora da Universidade Federal de Rio Grande - FURG, 1995, Rio Grande. 275 p.

COSTA, M. L.; SANTOS, M. C.; CARRAPIÇO, F. Biomass characterization of *Azolla filiculoides* grown in natura ecosystems and wastewater. **Hydrobiologia**, v. 415, p. 323-327, 1999.

COSTA, F. G; FIGUEIREDO, J; LIMA, D. Chlorine requirement for Japanese laying quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, n. 41, p. 2289-2293, 2012.

DURAN, A. O. Raw palm oil as the energy source in pig fattening diets and *Azolla filiculoides* as a substitute for soya bean meal. **Livestock Research for Rural Development**, v. 6, n.1, mar., 1994.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro. 1998. 602p.

ESTEVEES, F. A., CAMARGO, A. F. M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnológica Brasilensia**, v.1, p. 273-298, 1986.

EUCLYDES, R. F.; TEIXEIRA, R. B.; SILVA, L.P.; TORRES, R. A.; SILVA, F. G.; LEHNERI, H. G.; CAETANO, G. C. Herdabilidade de características de produção e postura em matrizes de codornas de corte. **Ciência Rural**, v.43, p.361-365, 2013.

FERENTINOS, L.; SMITH, J.; HECTOR, V. *Azolla*. **Cooperative Extension Service**, p. 1-3, ago., 2002.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C. Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. **Manual: série qualidade**. Campinas: SBCTA, 2000. 127p.

FINLAYSON, C. M. Growth Rates of *Salvinia molesta* in lake Moondarra, Mount Isa, Austrália. **Aquatic Botany**, v, 18, p. 257-262, 1984.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Agribusiness Handbook** - Poultry Meat & eggs, 2010 [online]. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/al175e/al175e.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2018.

FORNI, C.; BRAGLIA, R.; HARREN, F. J. M., CRISTESCU, S. M. Stress responses of duckweed (*Lemna minor* L.) and water velvet (*Azolla filiculoides* Lam.) to anionic surfactant sodium-dodecyl-sulphate (SDS), **Aquatic Toxicology**, v. 110, p. 107-113, 2012.

FREITAS, E. R; SAKOMURA, N. V.; NEME, R. Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável da semente e do farelo de girassol para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 2004. Campo Grande – MS. **Anais da 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Campo Grande, p. 1-4, 2004.

FREITAS, L. W. D.; PAZ, I. C. D. L. A.; GARCIA, R. G.; CALDARA, F. R.; SENO, L. D. O.; FELIX, G. A.; LIMA, N. D. S.; FERREIRA, V. M. O. S.; CAVICHIOLO, F. Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Agrarian**, v. 4, n. 11, p. 66-72, 2011.

FUJIKURA, W.S. A posição de São Paulo no mercado nacional de ovos de codorna e o perfil do consumidor paulistano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA. 2004. Lavras – MG. **Anais do 1º Congresso Brasileiro de Coturnicultura**. Lavras, p. 11-12, 2004.

GARCIA, A. R.; BATAL, A. B.; BAKERT, D. H. Variations in the digestible lysine requirement of broiler chickens due to sex. performance parameters. rearing environment. and processing yield characteristics. **Poultry Science**, v. 85, p. 498-504, 2006.

GARCIA, E. R. D. M.; ORLANDI, C. C. O.; OLIVEIRA, C. A. L.; CRUZ, F. K.; SANTOS, T. M. B.; OTUTUMI, L. K. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n. 2, 2010.

GAVA, M. S. **Metodologia de morfometria intestinal em frango de corte**. 2012. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GEWEHR, C. E. **Avaliação de programas de iluminação em codornas** (*Coturnix coturnix*). Lavras, 2003. 81 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4014>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

GOBESSO, A. A. O.; RENNÓ, F. P.; BALIEIRO, J. C. C.; BRUNETTO, M. A. **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal**. Pirassununga – SP. Editora 5D, 2017. 304 p.

GONZALES, E. Ingestão de alimentos: Mecanismos regulatórios. In: **Fisiologia Aviária**: Aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 187-200.

GUALTIERI, M.; RAPACCINI, S.; BALLONI, W. Effects of the inclusion of *Azolla filiculoides* meal in feeds for growing rabbits. **Rivista di Coniglicoltura**, v. 25, p. 55-58, 1988.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, 1982.

HARDER, M. N. C. **Efeito do urucum (*Bixa orellana* L.) na alteração de característica de ovos de galinha poedeiras**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HAUGH, R. R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, v. 43, p. 552-555, 1937.

HEMID, A. E. A.; EL-GAWAD, A. A.; EL-WARDANY, I.; EL-DALY, E. F.; EL-AZEEM, N. A. Alleviating effect of some environmental stress factors on productive performance of laying quail. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.6, 517-524, 2010.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, L. E. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 642-647, 2006.

IBRAHIM, Z. A. Modulation of immunity and some biological functions of japanese quail by mannan oligosaccharide and B-glucan administration. **Egypt Poultry Science**, v. 31, p. 867-882, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. 2016. Disponível em:<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf> . Acesso em: 13 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agro**. 2017. Disponível em:<https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=0&tema=76578>. Acesso em: 13 fev. 2019.

IRGANG, B. E.; GASTAL JR. C. V. S. **Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. 1996. 290 p.

ISLAM, M. A.; NISHIBORI, M. Use of multivitamin, acidifier and *Azolla* in the diet of broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 5, p. 683-689, mai., 2017.

JÁCOME, I. M. T. D.; BORILLE, R.; ROSSI, L. A.; RIZZOTTO, D. W.; BECKER, J. A.; SAMPAIO, C. F. R. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 450, 2012.

JANES, R. Growth and survival of *Azolla filiculoides* in Britain. **New Phytologist**, v. 138, n. 2, p. 367-375, 1998.

JOYSOWAL, M.; AZIZ, A.; MONDAL, A.; SINGH, S. M.; BODA, S. S.; CHIRWATKAR, B.; CHHABA, B. Effect of *Azolla* (*Azolla pinnata*) feed on the growth of broiler chicken. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 3, p. 391-393, 2018.

KASHYAP, S. S.; SHUKLA, P. K.; BHATTACHARYYA, A.; SIROHI, R. Effect of dietary inclusion of *Azolla* (*Azolla pinnata*) in raw and meal forms on the production performance, immunocompetence, development of digestive organs and carcass quality traits of coloured chicken. **Journal of Animal Research**, v. 8, n. 1, p. 73-78, fev., 2018.

KATHIRVELAN, C.; BANUPRIYA, S.; PURUSHOTHAMAN, M. R. *Azolla*- an alternate and sustainable feed for livestock. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v. 4, n. 4, p. 1153-1157, 2015.

KITOH, S.; SHIOMI, N.; UHEDA, E. The growth and nitrogen fixation of *Azolla filiculoides* Lam. in polluted water. **Aquatic Botany**, v. 46, n. 2, p. 129-139, 1993.

KHARE, A.; BAGHEL, R. P. S.; GUPTA, R. S.; NAYAK, S.; KHARE, V.; PATIL, A.; SHARMA, R.; TOMAR, R.; SINGH V. P. Milk production of indigenous cattle fed supplements of mustard oil cake or *Azolla* meal (*Azolla filiculoides*). **Livestock Research for Rural Development**, v. 26, n. 4, 2014.

KOLLAH, B.; PATRA, A. K.; MOHANTY, S. R. Aquatic *microphylla Azolla*: a perspective paradigm for sustainable agriculture, environment and global climate change. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 5, p. 4358-4369, 2016.

KONDO, M.; KOBAYASHI, M.; TAKAHASHI, E. Effect of phosphorous in *Azolla* and its utilization in rice culture in Niger. **Plant and Soil**, v. 120, p. 165-170, 1989.

KUMAR, M.; DHURIA, R. K.; JAIN, D.; NEHRA, R.; SHARMA, T.; PRAJAPAT, U. K.; KUMAR, S.; SIYAG, S. S. Effect of inclusion of sun dried *Azolla* (*Azolla pinnata*) at different levels on the growth and performance of broiler chicks. **Journal of Animal Research**, v. 8 n. 4, p. 629-632, ago., 2018.

KUMARI, R.; DHURIA, R. K.; PATIL, N. V.; SAWAL, R. K.; SINGH, S. Chemical composition and pellet quality of *Azolla pinnata* grown in semi-arid zone of India. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 3, p. 2031-2033, 2018.

LAMARCK, J. P. A. **Encyclopédie Méthodique, Botanique**. 1.ed. Paris: Panckoucke, 1783. 344 p.

LETERME, P.; LONDOÑO, A. M.; MUÑOZ, J. E.; SÚAREZ, J.; BEDOYA, C. A.; SOUFFRANT, B. W.; BULDGEN, A. Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.149, p. 135-148, 2009.

LETERME, P.; LONDOÑO, A. M.; ORDOÑEZA, D. C.; ROSALES, A.; ESTRADA, F.; BINDELLE, J.; BULDGEN, A. Nutritional value and intake of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell.) in sows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 155, p. 55-64, 2010.

LEWANDOWSKI, I.; CLIFTON-BROWN, J.; TRINDADE, L. M.; VAN DER LINDEN, G. C.; SCHWARZ, K.; MÜLLER SÄMANN, K.; ... KALININA, O. Progress on optimizing miscanthus biomass production for the European bioeconomy: Results of the EU FP7 project OPTIMISC. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-23, nov., 2016.

LUCOTTE, G. **A codorniz: criação e exploração**. 2.ed. Lisboa: Litexa, 1982. 102 p.

LUMPKIN, T. A.; PLUCKNETT, D. L. *Azolla*: Botany, physiology and use as green manure. **Economic Botany**, v. 34, p. 111-153, 1980.

MACALE, M. A. R., VLEK, P. L. G., SAN VALENTIN, G. O. The role of *Azolla* cover in improving the nitrogen use efficiency of lowland rice. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SUSTAINING FOOD SECURITY AND MANAGING NATURAL RESOURCES IN SOUTHEAST ASIA - **Challenges for the 21st Century** - Chiang Mai, Thailand, p. 8-11, jan., 2002.

MAEJIMA, K.; KITO, S.; UHEDA, E.; SHIOMI, N. Response of 19 *Azolla* strains to a high concentration of ammonium ions. **Plant and Soil**, v. 234, p. 247-252, 2001.

MANDAL, K. G.; SINEA, R.; MISHRA, S. K. Estimates of genetic parameters for some egg production traits in Japanese quail (*Coturnix japonica*). **Indian Journal of Animal Health**, v. 33, p. 49-54, 1994.

MANTOVANI, C; FURLAN, A. C.; MURAKAMI, A. E.; MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.; SANTOLIN, M. L. R. Composição química e valor energético do farelo e da semente de girassol para frangos de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 22, n.3, p. 745-749, 2000.

MARTINS, E. N. Perspectiva do melhoramento genético de codornas no Brasil. In:

SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2002, Maringá, PR. **Anais do IV Simpósio Nacional de Melhoramento Animal**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002.

MATEOS, G.G.; JIMENEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.P.; LAZARO, R. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 1, p.156-174, 2012.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P.; The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experiment Station**, n. 7, p. 3-15, 1965.

MATOS, E. H. S. **Dossiê técnico**: criação de codornas. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília. Brasília: CDT/UnB, 2007. 22 p.

MATSUKAWA, R.; DUBINSKY, Z.; KISHIMOTO, E.; MASAKI, K.; MASUDA, Y.; TAKEUCHI, T.; CHIHARA, M.; YAMAMOTO, Y.; NIKI, E.; KARUBE, I. A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. **Journal of Applied Phycology**, v. 9, n. 1, p. 29-35, 1997.

MAZZUCO, H. Ovo: alimento funcional, perfeito à saúde. **Revista Avicultura Industrial**, n. 2, p. 12-16, 2008.

MCCONNACHIE, A.; WIT, M.; HILL, M.; BYRNE, M. Economic evaluation of the successful biological control of *Azolla filiculoides* in South Africa. **Biological Control**, v. 28. n. 1, p. 25-32, 2003.

MELO, R. D.; CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F.; FEIJO, J. C.; DIAS, E. C. S.; BRANDÃO, A. B. T. Digestibility of diets containing cara flour (*Dioscorea trifida* L.) for laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 14, n. 3, p.156-160, 2015.

MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y.; PÉREZ, Y.; PÉREZ, J. J. R.; JIMENEZ, V. D. P. *Azolla* sp., un alimento de alto valor nutricional para la acuicultura. **Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud**, v. 1, p. 32-40, 2018.

MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y.; PÉREZ, Y.; VERDECIA, D. M.; CORTÉS-JACINTO, E.; EVALLOS-FALQUEZ, O. F.; ROMERO, O. Effect of the inclusion of *Azolla filiculoides* meal on the growth and survival of red tilapia small fish (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 53, n. 2, p. 289-298, 2019.

MILLS, A. D.; HERRON, K. M.; BAIN, M. M.; SOLOMON, S. E.; FAURE, J. M. Eggshell quality in Japanese quail (*Coturnix japonica*) genetically selected for high or low levels of fearfulness. In: EUROPEAN POULTRY CONFERENCE, 1994. Glasgow-UK. **Anais do 9th European Poultry Conference**. Glasgow: World's Poultry Science Association, 1994. p. 292-293.

MILLS, A. D.; CRAWFORD, L. L.; DOMJAN, M.; FAURE, J. M. The Behavior of the Japanese or domestic quail *Coturnix japonica*. **Neuroscience and Biobehavioral Review**, v. 21, n. 3, p. 261-281, 1997.

MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I.; HORNERO-MÉNDEZ, D.; PÉREZ-GÁLVEZ, A. Carotenoids and provitamin A in functional foods. In: **Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals**. Washington: CRC Press, v. 1, p. 101-158, 2002.

MINVIELLE, F. O futuro da codorna japonesa para pesquisa e produção. Pipa do mundo. **Indian Journal of Poultry Science**, v. 60, p. 500-507, 2004.

MITCHELL, D.S. **Aquatic Vegetation and its Use and Control**. UNESCO, Paris. 1974. 135 p.

MOORE, A. W. *Azolla*: biology and agronomic significance. **Botanical Review**, v. 35, 17-34, 1969.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 5.ed. Campinas: Experimental, 1985. 85p.

MORAES, V. M. B.; ARIKI, J. **Importância da nutrição na criação de codornas e qualidade nutricionais do ovo e carne de codornas**. Universidade Estadual Paulista, Departamento de Nutrição Animal, São Paulo, p.97-103, 2009. Disponível em: < <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/rifib/IIIRifib/97-103.pdf> >. Acesso em: 15 fev. 2019.

MOTA, L. F. M.; COIMBRA, D. A.; ABREU, L. R. A.; COSTA, L.S.; PIRES, A.V.; SILVA, M. A.; BONAFÉ, C. M.; CASTRO, M. R.; LIMA, H. J. D.; PINHEIRO, S. R. F. Características de desempenho e de carcaça em diferentes genótipos de codornas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 613-621, 2015.

MOURA, A. M. A.; FONSECA, J. B.; RABELLO, C. B.; TAKATA, F. N., DE OLIVEIRA, N. T. E. Desempenho e qualidade do ovo de codornas japonesas alimentadas com rações contendo sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2697-2702, 2010.

MURAKAMI, A. E.; ARIKI, J. **Produção de codornas japonesas**. Jaboticabal: Funep/UNESP, 1998. 79 p.

NAGHSHI, H.; KHOJASTEH, S.; JAFARI, M. Investigação do efeito de diferentes níveis de *Azolla* (*Azolla pinnata*) no desempenho e nas características de pintos de corte *Cobb*. **International Journal of Farming and Allied Sciences**, v. 3, n. 1, p. 45-49, 2014.

NASCIMENTO, V. P.; SALLE, C. T. P. O ovo. In: **Manejo da incubação**. 2 ed. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 34-50. 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of poultry. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. p. 44-45.

OLIVEIRA, G. E. **Influência da temperatura de armazenamento nas características físico-químicas e nos teores de aminos bioativas em ovos**. 2006. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, H. F.; SANTOS, J. S.; CUNHA, F. S. A. Utilização de alimentos alternativos na alimentação de codornas. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 5, p. 3683-3690, set-out., 2014.

OLIVEIRA, A. **Espécies de codornas: europeia, americana, japonesa, chinesa e africana**, CTP, 2016. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/cursosavicultura/artigos/especies-de-codornas-europeia-americana-japonesa-chinesa-eafricana>>. Acesso em: 26 mar. 2019.
OMONONA, A. O.; OLUKOLE, S. G.; FAYEMI, O. Assessment of the developmental anatomy of the Japanese quail (*Coturnix coturnix* japônica) using the gizzard as a growth inficator. **Production Agriculture and Technology**, v. 10, v. 2, p. 12-21, 2014.

ORDÓNEZ, J. A. Ovos e produtos derivados. In: **Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed. p. 269-279, 2005.

OYANGE, W. A.; CHEMINING'WA, G. N.; KANYA, J. I.; NJIRUH, P. N. Effects of *Azolla* biomass growth on flood water temperature and pH, tillering and yield of paddy rice. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 22, n. 3, p. 785-794, 2019.

PABBY, A.; PRASANNA, R.; SINGH, P. K. Biological significance of *Azolla* and its utilization in agriculture. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 3, p. 299-333, 2004.

PARASHURAMULU, S.; SWAIN, P. S.; NAGALAKSHMI, D. Protein fractionation and *in vitro* digestibility of *Azolla* in ruminants. **Journal Animal Feed Research**, v. 3, n. 3, p. 129-132, 2013.

PARASELLI, A. **Effect of dietary inclusion of sun dried *Azolla* (*Azolla pinnata*) with or without enzyme supplementation on production performance of Japanese quail**. 2013. 124 f. Thesis (Animal Nutrition) – Faculty of Veterinary Science, 2013.

PARVEZ, R.; ISLAM, R.; AZIZ, F. B.; HASAN, M.; PARVEZ, M. M. Effects of *Azolla* on growth, carcass and hematological characteristics in Japanese quail. **International Journal of Science and Business**, v. 2, n. 3, p. 318-332, 2018.

- PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P.; MUNIZ, J. C. L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista eletrônica Nutritime**, v. 9, n. 6, p. 2041-2049, 2012.
- PEREIRA, I.; RITA, O.; PAZ, A. C.; CARRAPIÇO, F. 2006. DISCOVERING AZOLLA. In: **Symbiosis Teaching Workshop - 5TH INTERNATIONAL SYMBIOSIS SOCIETY CONGRESS**, Vienna, p. 4-10 ago., 2006.
- PEREIRA, S. A., TRINDADE, C. R. T.; PALMA-SILVA, C. Levantamento e caracterização da assembléia de macrófitas aquáticas de diferentes lagos rasos subtropicais. In: **Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical** - CD, Rio Grande-RS, 2008.
- PEREIRA, A. L.; VASCONCELOS, V. Classification and phylogeny of the cyanobiont *Anabaena azollae* Strasburger: an answered question? **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 64, n. 6, p. 1830-1840, 2014.
- PIAO, J. O. S.; KOBAYASHI, S.; WADA, Y.; MAEDA, Y. Purebred and crossbred performance from a Japanese quail body size. **Animal Research**, v. 53, n. 2, p. 145-153, 2004.
- PINTO, R; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; DE VARGAS JÚNIOR, J. G. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1761-1770, 2002.
- PIZZOLANTE, C. C.; SALDANHA, E. S. P. B.; MORAIS, J. E.; KAKIMOTO, S. K. A trajetória tecnológica na avicultura de postura. **APTA Regional Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2011.
- POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.
- PRABINA, B. J.; KUMAR, K. Dried *Azolla* as a nutritionally rich cost effective and immune-modulatory feed supplement for broilers. **The Asian Journal of Animal Science**, v. 5, n. 1, p. 20-22, jun., 2010.
- RAI, R. B.; DHAMA, K.; DAMODARAN, T.; ALI, H.; RAI, SINGH, B.; BHATT, P. Evaluation of *Azolla* (*Azolla Pinnata*) as a poultry feed and its role in poverty alleviation among landless people in northern plains of India. **Veterinary Practitioner**, v. 13, n. 2, p. 250-254, dez. 2012.
- RAJA, W.; PREETI, R.; SUCHIT, A. J.; PRAMOOD, W. R. *Azolla*: an aquatic pteridophyte with great potential waseem. **International Journal of Research in Biological Sciences**, v. 2, n. 2, p. 68-72, 2012.
- RAMOS, B. F. S. **Gema de ovo composição em aminos biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro**. 2008.111f. Dissertação (Mestrado em Controle de qualidade) – Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Porto.

RATHOD, G. R.; TYAGI, PRAMOD K.; TYAGI, PRAVEEN K.; MANDAL, A. B.; SHINDE, A. S. Feeding value of *Azolla* (*Azolla pinnata*) meal in growing Japanese quail. **Indian Journal of Poultry Science**, v. 48, n. 2. p. 154-158, 2013.

RAYMUNDO, M. S.; HORTA, P.; FETT, R. Atividade antioxidante *in vitro* de extratos de algumas algas verdes (*Chlorophyta*) do litoral catarinense (Brasil). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 4, 2004.

RAZAVIPOUR, T.; MOGHADDAM, S. S.; DOAEI, S.; NOORHOSSEINI, S. A.; DAMALAS, C. A. *Azolla* (*Azolla filiculoides*) compost improves grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) under different irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, v. 209, p. 1-10, 2018.

R CORE TEAM. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019.

REIS, L. F. S. D. Codornizes, criação e exploração. **Agros**, 222 p, 1980.

RIBEIRO, C. A. O.; GRÖTZNER, S. R.; FILHO, H. S. R. **Técnicas e Métodos para Utilização Prática em Microscopia**. Editora Santos, 2012. 420 p.

ROBERTS, J. R. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. **Journal of Poultry Science**, v. 41, n. 3, p. 161-177, 2004.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; BARBOZA, W. A.; SANTANA, R. T. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1767-1778, 2013.

ROLON, A. S.; MALTCHIK, L.; IRGANG, B. E. Levantamento de macrófitas aquáticas em áreas úmidas do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, n. 1, p. 17-35, 2004.

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

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**; composição de alimentos e exigências nutricionais. 4.ed. Viçosa, Editora UFV, 2017. 488 p.

RUTH, S. V.; ALEWIJN, M.; ROGERS, K.; NEWTON-SMITH, E.; TENA, N.; BOLLEN, M.; KOOT, A. Authentication of organic and conventional eggs by carotenoid profiling. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 1299-1305, 2011.

SADEK, M. F.; FATMA.; AHMED, G.; HANAN, A. M.; HASSANEIN.; MARVAT, M.; ELHAM, M. Using of *Azolla* silage in growing rabbits feeding. **Egyptian Journal of Rabbit Science**, v. 20, p. 67-82, 2010.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. 678 p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016, 262 p.

SANTOS, A. Panorama atual e perspectivas da coturnicultura no Brasil. **Relatório Técnico**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

SANTOS, A. L. **Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características reprodutivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais**. 2008. 165f. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

SANTOS, T. A. **Métodos de debicagem em poedeiras comerciais**. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Características dos ovos. **Boletim Técnico**, Espírito Santo: UFES, 2007. 7 p.

SCHOFFEN-ENKE, D. B.; DUTRA, D. G.; FREITAS, L. C. Criação de codornas. In: **Aves e ovos**, Pelotas: Ed. da Universidade Federal de Pelotas, 2005. p. 35-43.

SHALTOUT, K. H.; EL-KOMI, T. M.; EID, E. M. Seasonal variation in the phytomass, chemical composition and nutritional value of *Azolla filiculoides* Lam. along the water courses in the Nile Delta, Egypt. **Feddes Repertorium**, v. 123, n. 1, p. 37-49, 2012.

SHAMNA, T. P.; PEETHAMBARAN, P. A.; JALALUDEEN, A.; JOSEPH, L.; ASLAM, M. K. M. Broiler characteristics of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) at different levels of diet substitution with *Azolla pinnata*. **Animal Science Reporter**, v. 7, n. 2, p. 75-80, abr., 2013.

SHIOMI, N.; KITO, S. Culture of *Azolla* in a pond, nutrient composition, and use as fish feed. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 47, p. 27-34, 2001.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. A biological, assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, v. 59, p. 1275-1279, 1963.

SIBBALD, I. R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 62, p. 983-1048, 1982.

- SILVA, J. H. V., COSTA, F. G. P. **Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias**. Jaboticabal: Funep, 2009. 107 p.
- SILVA, I. J. O.; MIRANDA, K. O. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**, v. 11, p. 89-115, 2009.
- SILVA, E. P.; RABELLO, C. B.; LIMA, M. B.; LOUREIRO, R. R. S.; GUIMARÃES, A. A. S.; DUTRA JÚNIOR, W. M. Valores energéticos de ingredientes convencionais para aves de postura comercial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 91-100, 2009.
- SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F. G. P.; DE LACERDA, P. B.; VARGAS, D. G. V.; LIMA, M. R. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira em Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 775-790, 2012.
- SILVA, F. L. **Desempenho e qualidade de ovos de codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*) alimentadas com dietas contendo óleo de soja ou girassol e suplementadas com vitamina E**. 2014, 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2014.
- SILVA, A. F.; SGAVIOLI, S.; DOMINGUES, C. H. F.; GARCIA, R. G. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 913-920, 2018.
- SINGH, D. P.; SINGH, P. K. Response of *Azolla caroliniana* and rice to phosphorus enrichment of *Azolla* inoculum and phosphorus fertilization during intercropping. **Experimental Agriculture**, v. 31, p. 21-26, 1995.
- SINHA, B. S.; KUMAR, S.; CHUDHARY, G. K. Use of fresh *Azolla* as dietary supplementation in backyard poultry. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, p. 1358-1361, 2018.
- SIVANESON, S.; PONNEGIPPENTHIRARAJA, A. Effect of *Azolla filiculoides* application on weed population in paddy fields. **Journal of Dry Zone Agriculture**, v. 5, n. 2, p. 26-32, 2019.
- SOUZA, S. M. G.; OLIVEIRA, D.; SANTOS, C. V.; GOMES, M. E., ESTEVES, K. D. C. Growth and feed utilization by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) feed with *Azolla filiculoides* with low lipid diet. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 459-464, abr/jun., 2008.
- STADELMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. **Egg Science and Technology**. New York: Food Products Press. 1977. 79 p.
- STARCK, J. M.; RAHMAAN, G. H. Phenotypic exibility of structure and function of the digestive system of Japanese quail. **Journal of Experimental Biology**, v. 6, n. 11, p. 1887-1897, 2003.

SUBUDHI, B. P. R.; SINGH, P. K. Nutritive value of the water fern *Azolla pinnata* for chicks. **Poultry Science**, v. 57, p. 378-380, 1978.

SUJATHA, T.; UDHAYAKUMARI, D.; KUNDU, A.; JEYAKUMAR, S.; SUNDAR, J.; KUNDU, M. S. Utilization of raw *Azolla* as a natural feed additive for sustainable production in Nicobari fowl. **Animal Science Reporter**, v. 7, n. 4, p. 146-152, out., 2013.

SULANDJARI; YUNINDANOVAM, M. B. Application of *Azolla* and intermittent irrigation to improve the productivity and nutrient contents of local black rice variety. **Earth and Environmental Science**, v. 142, p. 1-6, 2018.

SUPERCAC PREMIUM. Td Software, Viçosa, Minas Gerais, 2019.

SVENSON, H. K. The new world species of *Azolla*. **American Fern Journal**, v. 34, n. 3, p. 69-84, jul/set., 1944.

TANUJA, S.; KUMAR, A.; NAYAK, S. K.; BEHERA, S. K.; SARKAR, A. Effect of dietary supplementation of acid ensiled fish waste on production performance, egg quality and serum biochemistry in layer Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Indian Journal Of Animal Research**, v. 52, n. 5, p. 740-743, 2018.

TUGIYANTI, E.; HERIYANTO, S. Carcass production and meat tenderness characteristics of culled quail fed with *Azolla microphylla* flour supplemented basal feed. **Buletin Peternakan**, v. 42, n. 4, p. 315-321, 2018.

UMIGI, R. T.; BARRETO, S. L. T.; DONZELE, J. L. Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1868-1874, 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Egg grading manual**. 2006. Disponível

em: <<https://www.ams.usda.gov/about-ams/programs-offices/livestock-poultry-seed-program>>. Acesso em: 06 dez. 2019.

VAN HOVE, C.; LEJEUNE, A. Cyanobacteria in symbiosis. **Biology and Environment**, v. 102, n. 1, p. 23-26, 2002.

VERCESE, F. **Efeito da temperatura sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas**. 2010, 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Botucatu - SP, 2010.

WAGNER, G. M. *Azolla*: A Review of Its Biology and Utilization. **The Botanical Review**, v. 63, p. 1-26, 1997.

WATANABE, I.; LIU, C. C. Improving nitrogen-fixing systems and intergrading then

into sustainable rice farming. **Plant and Soil**, v. 141, p. 57-67, 1992.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1993. 1129 p.

YADAV, R. K.; ABRAHAM, G.; SINGH, Y. V.; SINGH, P. K. Advancements in the utilization of *Azolla- anabaena* system in relation to sustainable agricultural practices. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 80, n. 2, p. 301- 316, 2014.