

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



Dissertação

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE CODORNAS DE
CORTE E QUALIDADE DE OVOS POR MEIO DE ANÁLISES MULTIVARIADAS**

Darilene Ursula Tyska

Pelotas, 2017

Darilene Ursula Tyska

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE CODORNAS DE
CORTE E QUALIDADE DE OVOS POR MEIO DA ANÁLISES MULTIVARIADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia da
Universidade Federal de Pelotas, como
requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Ciências, na área de
concentração: Produção de Aves

Orientador: Prof. Dr. Nelson José Laurino Dionello

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

T994a Tyska, Darilene Ursula

Avaliação das características produtivas de codornas de corte e qualidade de ovos por meio da análises multivariadas. / Darilene Ursula Tyska ; Nelson José Laurino Dionello, orientador. — Pelotas, 2017.

40 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Análise de componentes principais. 2. Correlação. 3. Coturnix. 4. Descarte de variáveis. I. Dionello, Nelson José Laurino, orient. II. Título.

CDD : 636.59

Banca examinadora

Prof. Dr. Nelson José Laurino Dionello (UFPeI - DZ/FAEM)

Prof. Dr. Héden Luiz Marques Moreira (UFPeI – IB)

Prof. Dr. Fernando Rutz (UFPeI – DZ/ FAEM)

Prof. Dr. Gilberto D'Ávila Vargas (UFPeI – DPV/FVET)

"É impossível avaliar a força que possuímos sem medir o tamanho do obstáculo que podemos vencer, nem o valor de uma ação sem sabermos o sacrifício que ela comporta."
(H. W. Beecher)

Agradecimentos

A Deus pela concretização deste momento na minha vida.

À minha família que torce e vibra pelo meu sucesso.

À família de Pelotas, amigos mais que especiais, obrigada pelos momentos de carinho, em especial à Marislene e João, Heleda, Diônvera, Marcel e Melory.

Ao meu orientador Prof. Dr. Nelson J. L. Dionello, que durante esses anos além de orientador se tornou um amigo, sempre disponível e presente com suas valiosas orientações e conhecimento.

As colegas do Programa de Pós-Graduação e amigas Ariane Gotuzzo e Caroline Bavaresco, pelos conhecimentos compartilhados, apoio e amizade.

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de minha formação profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de qualificação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Resumo

TYSKA, Darilene Ursula. **Avaliação das características produtivas de codornas de corte e qualidade de ovos por meio da análises multivariadas**. 2017. 40f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS

O trabalho teve o objetivo de, ao utilizar análises de componentes principais, avaliar as variáveis mensuradas, estabelecer critérios para eliminação de variáveis redundantes, conhecer a magnitude das relações dos dados, além de fornecer informações que auxiliem pesquisadores na utilização da técnica para analisar e interpretar dados de produção e qualidade de ovos. Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de 4 gerações sucessivas da linhagem de codornas de corte desenvolvida pelo Departamento de Zootecnia/ FAEM/ Universidade Federal de Pelotas (UFPel). As características produtivas foram mensuradas a partir do 42º dia de idade, quando se inicia o período de produção de ovos, até os 126 dias de produção, obtendo-se três períodos de 28 dias (ciclos) nas quatro gerações sucessivas, totalizando 545 fêmeas. Para as análises as variáveis foram divididas em dois grandes grupos, sendo as variáveis de produção: Consumo de ração (CRT); Peso da Ave (PAVE), Conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/DZ); Massa de ovos (MO); Conversão alimentar por massa de ovos (CA/MO); Produção de ovos (PROD); Peso do ovo (POVO). Variáveis de qualidade dos ovos são: Largura do ovo (LARG); Comprimento do ovo (COMP); Gravidade específica (GRAV); Peso da casca (PCAS); Altura do albúmen (AALB); Peso do Albúmen (PALB), Índice morfológico (IMOR), Unidade Haugh (U.H.). Para realizar a técnica de PCA, foram retiradas algumas variáveis permanecendo 13 variáveis originais dos dois grupos, onde apenas 7 são sugeridas para serem mantidas em experimentos futuros, representando um exclusão de 54%. As variáveis sugeridas para descarte nesse estudo são PAVE, LARG, COMP, ESPE e PALB. Para serem mantidas e avaliadas em experimentos futuros são sugeridas as variáveis POVO, PROD, CRT, PCAS, GRAV, AALB e PGEM. A análise de componentes principais é efetiva e permite o descarte de sete variáveis das 13 variáveis originais, possibilitando a compreensão da correlação entre estas variáveis, para serem utilizadas em experimentos futuros com redução de tempo e mão de obra.

Palavras Chave: análise de componentes principais, correlação, coturnix, descarte de variáveis

Abstract

TYSKA, Darilene Ursula. **Evaluation of the productive characteristics of meat-type quails and egg quality through multivariate analyzes.** 2017. 40f. Dissertation (Master degree) - Postgraduate Program in Animal Science Federal University of Pelotas, Pelotas-RS.

The objective of this work was to evaluate the variables measured, to establish criteria for the elimination of redundant variables, to know the magnitude of the data relations, and to provide information that helps researchers in the use of the technique to analyze and interpret Production data and egg quality. The data used in this work come from 4 successive generations of the quail lineage developed by the Department of Animal Science / FAEM / Federal University of Pelotas (UFPel). The productive characteristics were measured from the 42nd day of age, when the egg production period began, until the 126 days of production, obtaining three periods of 28 days (cycles) in the four successive generations, totaling 545 females. For the analyzes the variables were divided into two large groups, being the production variables: Feed consumption (CRT); Bird Weight (PAVE), Food conversion per dozen eggs (CA / DZ); Egg mass (MO); Food conversion by egg mass (CA / MO); Egg production (PROD); Weight of the egg (POVO). Egg quality variables are: Width of the egg (LARG); Length of the egg (COMP); Specific Gravity (GRAV); Peel weight (PCAS); Height of albumen (AALB); Albumin Weight (PALB), Morphological Index (IMOR), Hagth Unit (U.H.). To perform the PCA technique, some variables were removed, leaving 13 original variables of the two groups, where only 7 are suggested to be maintained in future experiments, representing a 54% exclusion. The variables suggested for discarding in this study are PAVE, LARG, COMP, ESPE, PALB. To be maintained and evaluated in future experiments are suggested the variables POVO, PROD, CRT, PCAS, GRAV, AALB e PGEM. The main components analysis is effective and allows the discarding of seven variables from the original 13 variables, allowing the understanding of the correlation between these variables, to be used in future experiments with reduction of time and labor.

Key words: Analysis of principal components, correlation, coturnix, discard of variables

Lista de Tabelas

Tabela 1. Teste de multicolinearidade para as variáveis de produção de ovos. ...	25
Tabela 2. Matriz S de covariância das variáveis originais de produção de ovos. ...	26
Tabela 3. Matriz de correlação R das variáveis de produção de ovos.....	26
Tabela 4. Análise de componentes principais das variáveis de produção de ovos.	27
Tabela 5. Teste de multicolinearidade para as variáveis de qualidade de ovos.	28
Tabela 6. Matriz S de covariância das variáveis originais de qualidade de ovos...	29
Tabela 7. Matriz de correlação R das variáveis de qualidade de ovos.	29
Tabela 8. Análise de componentes principais das variáveis de qualidade de ovos.	30

Lista de Figuras

Figura 1. Dispersão dos componentes principais de produção de ovos.	28
Figura 2. Dispersão dos componentes principais de qualidade de ovos.	31

Sumário

1. Introdução	12
2. <i>Coturnix coturnix coturnix</i> e o melhoramento genético	14
3. Análise de componentes principais.....	16
3.1. Modelo matemático dos Componentes Principais	18
4. Metodologia empregada.....	19
4.1. Hipóteses do trabalho	19
4.2. Metodologia.....	19
5. Resultados	25
6. Discussão.....	32
7. Conclusão	35
Referências	36

1. Introdução

A coturnicultura tem despertado grande interesse de produtores, empresas e pesquisadores, por apresentar grande potencial de expansão, além de exigir investimentos e mão-de-obra menores que outras criações. Segundo Corrêa (2011) as codornas são aves de fácil manejo, bastante resistentes a doenças e podem apresentar até cinco gerações em um ano, o que proporciona rápido retorno econômico.

No Brasil, a produção de carnes de codornas tem crescido, entretanto, o consumo nacional se concentra quase que exclusivamente nos ovos de codornas (PASQUETTI, 2011). O ovo é considerado um alimento completo e equilibrado, onde as características são diferenciadas quanto à idade e linhagem das aves. Conforme Carvalho et al. (2007) as diferenças entre raças, linhagens, famílias e indivíduos determinam diferenças na cor, no tamanho, na forma e na textura da casca do ovo, e na qualidade do albúmen e da gema.

Entretanto, são poucas as informações sobre o potencial produtivo da linhagem europeia no período de postura, quanto ao consumo de ração, à produção de ovos e à qualidade dos ovos (MÓRI, 2005), demandando trabalhos científicos na área, para entender a relação destas variáveis coletadas.

As informações sobre a estrutura genética das populações de codornas disponíveis no Brasil ainda precisam ser estimadas. Contudo o conhecimento disponível possibilita o desenvolvimento de programas de melhoramento, que fortalecem o desenvolvimento da coturnicultura (MARTINS, 2002). Para se obter material genético de qualidade, são necessários programas de melhoramento bem fundamentados, embasados em parâmetros genéticos acurados e precisos (DIONELLO et al., 2008).

Na formação de materiais genéticos superiores os melhoristas necessitam avaliar vários caracteres simultaneamente para determinar a superioridade relativa dos mesmos (SILVA et al., 2008), dessa forma, o uso de análises multivariadas permite combinar múltiplas informações obtidas na unidade experimental

simultaneamente, facilitando a seleção e possibilitando a discriminação de populações superiores, principalmente no contexto genético (LEDO et al., 2003).

Na condução de experimentos, normalmente se tem um elevado número de características avaliadas, sendo elas mensuradas em diferentes unidades, relacionadas entre si. Estes problemas são minimizados pelo uso das análises multivariadas, que preservam a estrutura biológica dos dados (TEIXEIRA, 2008).

Dentre as técnicas de análise multivariadas destaca-se a análise de componentes principais, que possibilita a exclusão de características redundantes e de difícil mensuração, o que reduziria o tempo e o custo de experimentos futuros.

A análise dos componentes principais pode revelar relações não identificadas previamente e contribuir para melhor interpretação dos dados. Além de explicar a estrutura de covariância entre as várias características medidas em uma população (Baker et al., 1988).

O trabalho teve o objetivo de, ao utilizar análises de componentes principais, avaliar as variáveis mensuradas, estabelecer critérios para eliminação de variáveis redundantes, conhecer a magnitude das relações dos dados, além de fornecer informações que auxiliem pesquisadores na utilização da técnica para analisar e interpretar dados de produção e qualidade de ovos.

O presente trabalho está estruturado em 6 capítulos. Depois desta pequena introdução que corresponde ao primeiro capítulo, o segundo capítulo apresenta uma breve revisão sobre a espécie *Coturnix coturnix coturnix* e o melhoramento genético, o terceiro capítulo apresenta uma introdução da técnica de componentes principais e uma breve revisão da literatura da sua utilização em dados biológicos, no quarto capítulo são apresentados as hipóteses e principais objetivos do estudo e a metodologia seguida, no quinto capítulo são apresentados os principais resultados obtidos, no sexto capítulo apresenta-se a discussão dos mesmos, no sétimo as conclusões do estudo; por fim, encontram-se as referências bibliográficas.

2. *Coturnix coturnix coturnix* e o melhoramento genético

A codorna é uma ave originária do norte da África, da Europa e da Ásia. Pertence à ordem dos Galináceos, família dos Fasianídeos (Fasianidae), subfamília dos Pernicídios (Perdicionidae) e gênero *Coturnix* (PINTO et al., 2002).

No século XIX se deu o início da domesticação pelos japoneses, que criaram uma espécie domesticada oriunda do cruzamento de codornas advindas da Europa, com espécies silvestres, então chamada de *Coturnix coturnix japonica* (REIS, 1980 apud PASTORE et al., 2012).

A criação no Brasil, iniciou por volta da década de 70, baseado no consumo de ovos "in natura" da espécie *Coturnix coturnix japonica* que possui aptidão para a postura (MURAKAMI e ARIKI, 1998). Neste contexto a coturnicultura de corte era considerada uma atividade secundária, sendo que os machos das codornas de origem japônica eram descartados para abate, produzindo carcaças pequenas, e as fêmeas deste processo eram levadas até o final do ciclo reprodutivo, quando abatidas para consumo possuíam uma carcaça pequena e dura, características essas não apreciadas pelo mercado consumidor (MÁS et al., 2004).

No final da década de 90, uma grande empresa avícola fomentou a cadeia explorando o mercado de codornas da linhagem europeia especializadas para carne (*Coturnix coturnix coturnix*), sendo que a partir deste momento a atividade passou a ter maior importância econômica do país (SILVA et al., 2011).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias de produção, a coturnicultura de corte está se firmando como alternativa para o agronegócio e se inserindo na avicultura industrial com resultados promissores aos investidores (TEIXEIRA, 2011).

Todo esse desenvolvimento só é possível através de pesquisas que proporcionam grande evolução da avicultura de corte e postura nos sistemas de criação. Atualmente, o melhoramento genético é a principal ferramenta utilizada na cadeia produtiva de aves de corte, atuando em conjunto com o manejo, ambiência e biossegurança. Os programas de seleção são capazes de maximizar a expressão genética dos animais no ambiente real de produção (TEIXEIRA, 2011).

Para o bom funcionamento de um programa de melhoramento genético é indispensável que o objetivo e os critérios de seleção estejam bem definidos para a obtenção de parâmetros genéticos e fenotípicos confiáveis (VAYEGO et al., 2008). Entretanto, a eficiência de uma avaliação genética depende de inúmeros fatores, entre eles destacam-se o número de informações utilizadas, o modelo estatístico e a metodologia adotada (GONÇALVES et al., 2012).

Dentro do programa de melhoramento é importante a obtenção de variáveis de produção de ovos, além de características de qualidade interna e externa dos ovos; pois estas são determinantes para condição reprodutiva que a linhagem vai apresentar, garantindo as próximas gerações. Assim o desenvolvimento de linhagens superiores implica na estimação de parâmetros genéticos com a finalidade de tomada de decisão baseada nas avaliações de características produtivas realizadas.

Na condução de experimentos, normalmente se tem um elevado número de características avaliadas, sendo elas mensuradas em diferentes unidades, relacionadas entre si. Estes problemas são minimizados pelo uso das análises multivariadas, que preservam a estrutura biológica dos dados (TEIXEIRA, 2008), na tentativa de amenizar este problema abordaremos a técnica de componentes principais neste estudo.

3. Análise de componentes principais

A análise dos componentes principais – ACP ou PCA (do inglês *Principal Component Analysis*) tem origem na técnica estatística. Possivelmente tenha iniciado com Preisendorfer e Mobley (1988) ao observarem que Beltrami (1873) e Jordan (1874) derivaram independentemente a decomposição de valores singulares (SVD) numa forma subjacente à PCA. Fisher e Mackenzie (1923) usaram a SVD no contexto de uma análise bidirecional de um ensaio agrícola. No entanto, é geralmente aceito que as primeiras descrições da técnica agora conhecida como PCA foram dadas por Pearson (1901) e Hotelling (1933), citado por Jolliffe (2002), que o uso da técnica de componentes principais acentuou-se quando houve maior disponibilidade de recursos na área computacional.

A PCA é uma técnica da estatística multivariada, que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de dimensões equivalentes denominadas de componentes principais. Sendo que cada componente retém a porcentagem da variância original e de que as variâncias são decrescentes do primeiro ao último CP (MORRISON, 1976). Formando uma combinação linear de todas as variáveis originais, independentes entre si, não correlacionadas, com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total dos dados (JOHNSON; WICHERN, 1998; HONGYU, 2015).

O objetivo principal da análise de componentes principais é o de explicar a estrutura da variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, por meio de combinações lineares não correlacionadas entre si das variáveis originais, para a construção de um índice é desejável que este contenha o máximo de informação fornecida pelo conjunto de variáveis selecionadas. (SANDANIELO, 2008).

De acordo com Kubrusly (2001), para se estabelecer um índice que possibilite ordenar um conjunto de n objetos, segundo critério definido por um conjunto de m variáveis adequadas, é necessário escolher os pesos ou ponderações das variáveis de tal forma que traduzam a informação contida na variável.

Decisões acerca da seleção de animais em função de determinada característica podem ser tomadas de forma intuitiva, negligenciando seus componentes e as ligações existentes entre eles (ROSO E FRIES, 1995). Nesse contexto, a análise de componentes principais deve contribuir na interpretação das relações existentes entre as variáveis e, conseqüentemente, na tomada de decisões (BAKER et al., 1988; ROSO E FRIES, 1995).

Segundo Regazzi (2000), apesar das técnicas de análise multivariada terem sido desenvolvidas para resolver problemas específicos, as mesmas podem ser utilizadas para resolver outros tipos de problemas como redução da dimensionalidade das variáveis, agrupar os indivíduos (observações) pelas similaridades, em diversas áreas do conhecimento, por exemplo, agronomia, fitotecnia, zootecnia, ecologia, biologia, psicologia, medicina, engenharia florestal, etc.

Na pesquisa agrícola a técnica teve sua exploração mais acentuada a partir da década de 70, devido à maior disponibilidade de recursos computacionais. Dessa forma, autores como Maluf e Ferreira (1983), Oliveira (1989) utilizaram a técnica de componentes principais em estudos com feijão e Carvalho (1993) em algodão. Os componentes principais também estão sendo utilizados na área animal, com menor frequência quando comparado com outras áreas de conhecimento; contudo podem ser encontrados em estudos como:

Abeywardena (1972), que recomendou a técnica como um método de estimação de repetibilidade em animais ou árvores. Utilizado por Baker et al. (1988), examinando características de puberdade e de crescimento em touros e novilhas.

Analisando dados de aves com a técnica foram encontrados na literatura trabalhos como o de Fonseca (1991) que avaliou o crescimento das relações de alometria em linhagens especializadas na produção de frangos. Abreu et. al (1999), utilizaram a técnica para combinar características de produção de ovos de linhagens de matrizes de frango de corte. Leite et. al (2009) avaliaram características de desempenho e de carcaça de codornas de corte através da PCA. Paiva et al. (2010) avaliaram características de produção de aves de postura da linhagem Legorne através da técnica de PCA. Miranda et. al (2013) realizaram um estudo da qualidade do ovo e descarte de variáveis em grupos genéticos de codornas utilizando PCA.

Este estudo utilizou a análise de componentes principais, para avaliar as características produtivas e de qualidade de ovos de codornas de corte, conforme conceitos matemáticos a seguir.

3.1. Modelo matemático dos Componentes Principais

Os componentes principais podem ser encontrados usando argumentos puramente matemáticos; além de serem derivados de um ponto de vista estatístico, eles são dados por uma transformação linear ortogonal de um conjunto de variáveis que otimizam um certo critério algébrico.

Algebricamente, os componentes principais são combinações lineares de p variáveis aleatórias. Geometricamente, essas combinações lineares representam a seleção de um novo sistema de coordenadas obtido pela rotação do sistema original com p variáveis como eixos de coordenadas. Quando cada amostra é caracterizada com variáveis X_1, X_2, \dots, X_p , então o principal componente pode ser apresentado como $Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + a_{i3}X_3 + \dots + a_{ip}X_p$, onde α_j é um elemento do autovetor α_i correspondente ao autovalor λ_i de modo que

$$\alpha_i \alpha_j = 1, i = j \text{ e } \alpha_i \alpha_j = 0, i \neq j \text{ quando } i = 1, \dots, p \text{ e } j = 1, \dots, p.$$

A variância de Y_i é dada por

$$\text{Var}(Y_i) = \text{Var}(\alpha_i X) = \alpha_i \text{Var}(X) \alpha_i = \alpha_i S \alpha_i.$$

Os componentes principais são ortogonais e, portanto, independentes entre si (EVERITT e DUNN, 2001). Para maximizar uma função de diversas variáveis sujeitas a uma ou mais restrições, o método de *multiplicadores de Lagrange* é usado. Neste caso, isto leva à solução α_i sendo o autovetor S correspondente ao j maior autovalor. Se os autovalores de S são $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$, então desde que $\alpha_i \alpha_i = 1$, as variâncias do componente principal é dada por λ_i . A variância total do p componente principal será igual à variância total das variáveis originais de modo que $\sum_{i=1}^p \lambda_i = \text{trace}(S)$. Conseqüentemente, o componente principal representa uma proporção P_j da variação total dos dados originais, onde $P_j = \frac{\lambda_j}{\text{trace}(S)}$

O primeiro P^* componente principal, onde $p^* < p$ é o responsável P^* pela variação total dos dados originais, onde $P^* = \frac{\sum_{i=1}^{p^*} \lambda_i}{\text{trace}(S)}$.

Teste de esfericidade de Bartlett foi calculado a partir da fórmula:

$$X^2 = -\left((n-1) - \frac{2p+5}{6}\right) \ln|R| \text{ com } v = \frac{p(p-1)}{2} \text{ graus de liberdade.}$$

4. Metodologia empregada

4.1. Hipóteses do trabalho

Testar se a análise de componentes principais é eficiente para redução das variáveis de produção e qualidade de ovos de matrizes de codornas de corte.

Verificar se é possível identificar com a técnica a relação entre variáveis analisadas.

4.2. Metodologia

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de 4 gerações sucessivas da linhagem de codornas de corte desenvolvida pelo Departamento de Zootecnia/ FAEM/ Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica Prof. Dr. Renato Peixoto, aprovado pelo Conselho Coordenador do Ensino, da Pesquisa e da Extensão – COCEPE sob o número 7252, não envolvendo o uso de animais, já que neste trabalho foi utilizado o banco de dados proveniente de experimentos anteriores do departamento.

As aves foram submetidas à seleção para maior peso corporal aos 28 dias de idade. As características produtivas foram mensuradas a partir do 42º dia de idade, quando se inicia o período de produção de ovos, até os 126 dias de produção, obtendo-se três períodos de 28 dias (ciclos) nas quatro gerações sucessivas, totalizando 545 fêmeas.

Durante o período experimental, diariamente, os ovos foram coletados no período da manhã, anotando a quantidade de ovos produzidos no dia, individualmente de cada matriz, sendo alojada uma ave por gaiola. Além das anotações de produção realizadas diariamente, nos últimos três dias de cada ciclo experimental, todos os ovos produzidos foram coletados e identificados com o número da ave e encaminhados para o laboratório de ovos, onde foram realizadas as avaliações de qualidade externa e interna.

4.2.1. Obtenção das Variáveis

4.2.1.1. Consumo de ração

O consumo de ração foi calculado a partir da quantidade de ração fornecida diariamente e das sobras de ração coletadas ao final de cada subperíodo de 28 dias, as quais foram pesadas e o montante foi subtraído da quantidade total de ração fornecida a cada ave, através da fórmula: $CTR = TRF - S$, onde: CTR: consumo total de ração (g) TRF: total de ração fornecido, durante o ciclo experimental; S: sobras de ração (g) recolhidas de cada gaiola, no final do ciclo experimental.

4.2.1.2. Conversão alimentar por dúzia de ovos

A conversão alimentar por dúzia de ovos foi obtida através da fórmula: $CA/DZ = CTR / (TOP/12)$, onde: CA/DZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; TOP: Produção total de ovos; 12: uma dúzia de ovos produzida.

4.2.1.3. Peso da ave

As aves foram pesadas individualmente no início do período e a cada ciclo experimental. Para a pesagem das aves foi utilizada uma balança digital com sensibilidade de 0,5g e capacidade máxima de 2 kg.

4.2.1.4. Massa de ovos

A massa de ovos foi calculada através da fórmula: $Massa\ de\ ovo\ (MO) = (peso\ do\ ovo)\ (g) \times produção\ de\ ovos\ (\%)$.

4.2.1.5. Conversão Alimentar por massa de ovos

A conversão alimentar por massa de ovo (CA/MO) foi obtida através da fórmula: $CA/MO = CTR/MO$.

4.2.1.6. Produção de ovos

A produção de ovos foi anotada diariamente por ave. Para a obtenção do total de ovos produzidos por unidade experimental, durante os 28 dias do ciclo, foi realizado o somatório do número de ovos coletados para cada ave.

4.2.1.7. Peso do ovo

No final de cada ciclo experimental, durante três dias, cada ovo produzido por ave foi identificado, coletado e pesado individualmente em uma balança digital com capacidade para 2kg e sensibilidade de 0,5g.

4.2.1.8. Largura e Comprimento do ovo

Antes da quebra dos ovos, largura e comprimento, foram aferidas através de um paquímetro digital.

4.2.1.9. Gravidade específica

A gravidade específica foi determinada pelo método de flutuação salina, conforme metodologia descrita por Hamiltom (1982). Os ovos, em número de três, foram acondicionados em cesto de fundo perfurado e imersos em recipientes contendo concentração salina crescente, que variaram de $1,054\text{g/cm}^3$ a $1,94\text{g/cm}^3$ com intervalo de $0,004\text{g/cm}^3$, totalizando 11 soluções.

4.2.1.10. Peso das cascas

As cascas foram lavadas para a remoção do albúmen aderido à sua membrana interna, logo após foram secas ao ar livre. A pesagem individual das cascas foi realizada em balança digital com capacidade para 2 kg e sensibilidade de 0,1g.

4.2.1.11. Espessura da Casca

Para determinar a espessura foi realizada a quebra no meio do ovo (região equatorial), as cascas foram secas em estufa a 65°C por um período de 48 horas, utilizou-se paquímetro para avaliação, medindo três pontos diferentes, após realizou-se uma média aritmética para obtenção da espessura da casca.

4.2.1.12. Altura do albúmen

O procedimento para a determinação da altura do albúmen consiste em medi-la com uma régua específica na região mediana entre a borda externa do albúmen espesso e a borda da gema do ovo, sendo esta régua posicionada perpendicularmente a chalaza segundo Board et al. (1994).

4.2.1.13. Peso do Albúmen

Com o conhecimento dos valores do peso do ovo, da gema e da casca, foi obtido por diferença o peso do albúmen, através da fórmula: $\text{Peso do albúmen (g)} = \text{peso do ovo (g)} - (\text{peso da gema (g)} + \text{peso da casca (g)})$.

4.2.1.14. Peso da gema

Após a separação do albúmen da gema do ovo, esta foi pesada em uma balança digital com capacidade para 2 kg e sensibilidade de 0,5g.

4.2.1.15. Unidade Haugh

A unidade Haugh é calculada a partir do peso do ovo quebrado em superfície plana e da altura do albúmen, utilizando a fórmula: $UH = 100 \log(H + 7,57 - 1,7w^{0,37})$, onde H é a altura do albúmen em milímetros e W é o peso do ovo em gramas.

4.2.1.16. Índice morfológico

Para obtenção do índice de forma do ovo, utilizou-se a formula. $IMOR = \text{largura do ovo (d)} / \text{altura do ovo (D)} \times 100$.

4.2.2.1. Padronização do banco de dados

O banco de dados das 4 gerações possuíam cada ave 3 ciclos, para fins de facilitar a análise foi realizado uma média dos três ciclos por ave de cada variável estudada.

4.2.2.2. Análise estatística

Todas as análises estatísticas descritas a seguir foram realizadas utilizando o pacote estatístico *vegan* e *psych* do programa estatístico R[®] versão 3.3.0.

4.2.2.3. Organização das variáveis em grupos

Para as análises as variáveis foram divididas em dois grandes grupos, sendo as variáveis de produção: Consumo de ração (CRT); Peso da Ave (PAVE), Conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/DZ); Massa de ovos (MO); Conversão alimentar por massa de ovos (CA/MO); Produção de ovos (PROD); Peso do ovo (POVO), e as variáveis de qualidade dos ovos: Largura do ovo (LARG); Comprimento do ovo (COMP); Gravidade específica (GRAV); Peso da casca (PCAS); Altura do albúmen (AALB); Peso do Albúmen (PALB), Índice morfológico (IMOR), Unidade Hagth (U.H.).

4.2.2.4. A análise da multicolinearidade

A análise da multicolinearidade busca avaliar a dependência linear entre as variáveis, evitando estimativas inconsistentes do coeficiente de regressão e a superestimativa dos efeitos diretos das variáveis explicativas sobre a variável resposta, o que pode levar a uma interpretação errônea (CRUZ & CARNEIRO, 2003). Descartar as variáveis que causam este viés na análise, quando a multicolinearidade for considerada forte e/ou moderada. Quando for fraca não constitui sério problema para a avaliação (TEIXEIRA, 2008).

4.2.2.5. Cálculo da matriz de covariância e correlação

Tendo em vista o grande número de variáveis medidas em unidades diferentes, tratando-se dos dados de qualidade dos ovos, será necessária a padronização das variáveis originais X_j ($j = 1, 2, \dots, p$) em X_j . Neste caso, a estrutura de dependência de X_j será dada pela matriz de correlação R através da matriz S .

4.2.2.6. Teste de esfericidade de Bartlett

De acordo com Mingoti (2007), para que a análise de componentes principais tenha algum sentido, é necessário que as variáveis sejam correlacionadas. Se as matrizes de covariância e de correlação foram diagonais, a aplicação desta técnica

simplesmente vai desenvolver, em alguma ordem, as próprias variáveis originais. Testando a hipóteses $H_0: R = I \times H_0: R \neq I$.

4.2.2.7. Análise de Componentes principais

A análise de componentes principais foi realizada partir da matriz de correlação, que consiste em transformar um conjunto de variáveis Z_1, Z_2, \dots, Z_p , em um novo conjunto de variáveis $Y_1 (CP1), Y_2 (PC2), \dots, Y_p (CP_p)$. Dessa forma, um novo conjunto de p variáveis não correlacionadas entre si e arranjadas numa ordem decrescente de variâncias é definido. A ideia principal com esse procedimento é de que poucos, entre os primeiros componentes principais, contenham a maior variabilidade dos dados originais; assim, os demais componentes podem ser descartados, reduzindo o número de variáveis (BARBOSA, 2003)

4.2.2.8. Descarte das variáveis

Neste trabalho será adotado o método clássico de descarte de variáveis B4 proposto por Jolliffe (1972), baseado na preservação da variação da maioria dos dados. O método B4 envolve o uso dos p primeiros componentes principais selecionados, onde a variável de maior valor absoluto correspondente ao primeiro CP , sendo selecionado, em seguida, a próxima variável a ser selecionada será a de maior valor absoluto correspondente ao segundo CP , e assim sucessivamente até p CP_p selecionado. Caso a mesma variável apresente maior valor absoluto em CPs diferentes, então a variável a ser selecionada será a de segundo maior valor absoluto da CP correspondente. As variáveis não selecionadas serão descartadas. Desta forma, o número de variáveis selecionadas é igual ao número p de CPs .

Para JOLLIFFE (1972) o número p de componentes principais significativos, pode ser definido pelo número de CPs necessários para explicar uma porcentagem superior a 90% da variação total dos dados, ou, pelo número do autovalor (λ) associado maior que 0,7, sendo este considerado por ele como uma melhor decisão sobre as principais CPs , e, portanto o adotado neste estudo.

Os principais resultados deste estudo podem ser observados no capítulo seguinte.

5. Resultados

Os resultados serão apresentados separados para facilitar o entendimento, sendo o 5.1 resultados do grupo de variáveis de produção, 5.2 resultados do grupo de variáveis de qualidade de ovos.

5.1. Resultados do grupo de variáveis de produção

Antes de proceder com a análise de componentes principais, propriamente dita, satisfazemos alguns critérios de ajuste, retirando variáveis que apresentam alta colinearidade, pra evitar o viés da PCA. Foi montado um modelo linear, e após teste de multicolinearidade e os resultados estão descritos na tabela 1.

Quanto maior o fator de inflação da variância- VIF, mais severa será a multicolinearidade, para valores $VIF > 10$ a multicolinearidade pode causar efeitos nos coeficientes de regressão (JOHNSON & WICHERN, 1998; HAIR et. al, 2005).

Tabela 1. Teste de multicolinearidade para as variáveis de produção de OVOS.

Modelo Linear - 1						
PROD~CADZ + CAMO + MO + PAVE + POVO+ CRT						
Variáveis	CADZ	CAMO	MO	PAVE	POVO	CRT
VIF	124,738	115,146	7,093	1.4817	8.0119	1.3113

Modelo Linear - 2			
PROD ~ PAVE + POVO + CRT			
Variáveis	PAVE	POVO	CRT
VIF	1,4683	1,4636	1,0081

VIF= fator de inflação da variância, CADZ= consumo alimentar por dúzia de ovos, CAMO= consumo alimentar por massa de ovos, MO= massa de ovos, PAVE= peso da ave, POVO= peso do ovo, Prod= produção de ovos.

Como observado nos resultados do modelo linear – 1 da tabela 1, as variáveis CADZ e CAMO, apresentaram valores para $VIF > 10$. Optou-se em excluir estas variáveis, conforme Hair et. al. (2005) que sugere a exclusão de uma ou mais variáveis altamente correlacionadas. No modelo linear 2 da tabela 1, pode-se observar que sem a presença destas variáveis (CADZ e CAMO) o valor de $VIF < 10$, fica dentro do aceitável, possibilitando prosseguir com as outras análises.

Seguindo a metodologia proposta, foi realizado o teste de esfericidade de Bartlett, que apresentou valor-p $9.491215e^{-53}$. Rejeitando a hipótese H_0 que considera a matriz de correlação uma matriz identidade. Neste caso, confirmamos que existe correlação entre as variáveis estudadas.

Conforme sugere a literatura foram geradas duas matrizes para as variáveis de produção de ovos, a matriz S e matriz R. A matriz S é usada quando as covariâncias das variáveis analisadas não são influenciadas pela discrepância da variância (MINGOTI, 2007). Neste estudo utilizou-se a matriz de correlação R para que a variável com maior variância não "domine" a análise.

Tabela 2. Matriz S de covariância das variáveis originais de produção de ovos.

	PAVE	PROD	CRT	POVO
PAVE	1999.260	48.250	-342.100	33.750
PROD	48.250	29.070	116.050	1.590
CRT	-342.100	116.050	16039.970	3.590
POVO	33.750	1.590	3.590	1.820

PAVE= peso da ave, PROD= produção de ovos, CRT= consumo de ração total, POVO= peso do ovo.

Conforme observado nesta tabela, devido aos altos valores da variância, buscou-se minimizar o problema através da matriz R apresentada na tabela 3.

Tabela 3. Matriz de correlação R das variáveis de produção de ovos.

	PAVE	PROD	CRT	POVO
PAVE	1.000			
PROD	0.200	1.000		
CRT	-0.060	0.170	1.000	
POVO	0.560	0.220	0.020	1.000
Desvio Padrão	44.713126	5.392113	126.648995	1.347665

PAVE= peso da ave, PROD= produção de ovos, CRT= consumo de ração total, POVO= peso do ovo.

Os componentes principais do grupo de variáveis de produção de ovos foram obtidos através de dados padronizados da matriz de correlação R, e os resultados estão descritos na tabela 4.

Tabela 4. Análise de componentes principais das variáveis de produção de ovos.

Componente Principal	CP1	CP2	CP3	CP4
PAVE	-0.63939	0.25280	0.16481	-0.70718
PROD	-0.40655	-0.49390	-0.76853	0.01191
CRT	-0.06391	-0.81993	0.55912	-0.10500
POVO	-0.64947	0.14099	0.26380	0.69909
Variância (λ)	1.3001	1.0571	0.8709	0.6587
Percentual total da variação	0.423	0.279	0.190	0.109
Variância acumulada	0.425	0.702	0.892	1.000

CP= Componente principal, PAVE= peso da ave, PROD= produção de ovos, CRT= consumo de ração total, POVO= peso do ovo.

De acordo com Jolliffe (1972) os principais CPs, retêm a variância maior que 0,7 correspondem aos três primeiros CPs, os quais expressam 89,2% da variância acumulada preservada dos dados originais, ou seja, pode-se analisar os dados de produção de ovos a partir desses três componentes.

O CP1 que reteve 42% da variação está mais correlacionado ao peso do ovo, seguido pelo CP2 com 28% da variação explicada pelo consumo ração total, por fim CP3 com 19% da produção de ovos das aves. Sugerindo-se pra descarte a variável peso da ave, já esta explica somente 11% da variação dos dados de produção de ovos.

A dispersão destes escores em eixos cartesianos está demonstrada na figura 1, onde observa-se a dispersão das variáveis e os eixos dos componentes principais. No primeiro componente principal destaca-se o peso do ovo e da ave que possuem correlação alta e positiva (Tab.3), apresentando uma contribuição similar para PC1. No componente principal 2, fica evidente a distância que o consumo total de ração (CRT) e a variável produção de ovos possuem assim como a correlação fraca entre as duas variáveis.

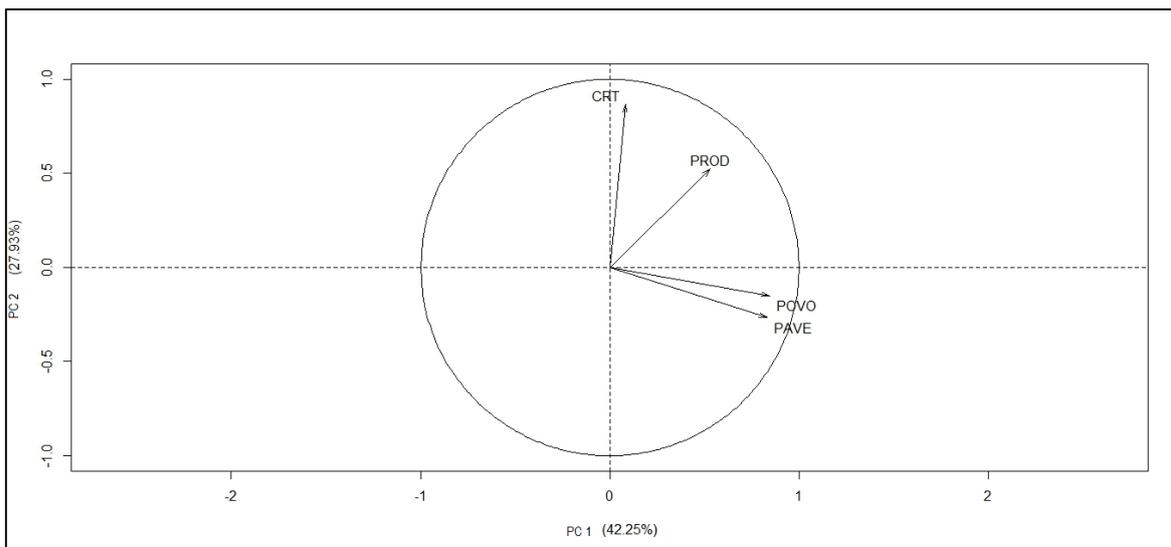


Figura 1. Dispersão dos componentes principais de produção de ovos.

5.2. Resultados do grupo de variáveis de qualidade de ovos

Procedeu-se com as análises anteriores, agora para os dados de qualidade de ovos.

Observando os resultados do modelo linear 1 da tabela 5, as variáveis U.H e IMOR AALB, LARG, COMP apresentaram valores para $VIF > 10$. Optou-se em excluir as variáveis U.H e IMOR, conforme Hair et. al. (2005) que sugere a exclusão de uma ou mais variáveis altamente correlacionadas.

No modelo linear 2 da tabela 5, pode-se observar que sem a presença destas variáveis (U.H e IMOR) o valor de $VIF < 10$, fica dentro do aceitável, possibilitando prosseguir com as outras análises.

Tabela 5. Teste de multicolinearidade para as variáveis de qualidade de OVOS.

Modelo linear - 1	POVO~AALB+COMP+ESPE+GRAV+IMOR+LARG+PALB+PCAS+PGEM+U.H.									
Variáveis	AALB	COMP	ESPE	GRAV	IMOR	LARG	PALB	PCAS	PGEM	U.H.
VIF	115,81	280,1	1,951	1,855	182,4	172,2	2,625	2,627	2,515	112,738
Modelo linear - 2	POVO~PGEM+PCAS+PALB+LARG+GRAV+ESPE+COMP+AALB									
Variáveis	PGEM	PCAS	PALB	LARG	GRAV	ESPE	COMP	AALB		
VIF	1,803	2,965	1,944	2,278	1,888	2,050	2,050	1,666		

VIF= fator de inflação da variância, AALB= altura de albúmen, COMP= comprimento do ovo, ESPE= espessura da casca, GRAV= gravidade específica, IMOR= índice morfológico, LARG= largura do ovo, PALB= peso do albúmen, PCAS= peso da casca, PGEM= peso da gema, H.U.= unidade haugh.

O teste de esfericidade de Bartlett apresentou valor-p= 0. Rejeitando a hipótese H_0 que considera a matriz de correlação uma matriz identidade. Neste caso, confirmamos que existe correlação entre as variáveis estudadas.

Foram geradas as matrizes S de covariância (tabela 6) e a matriz R correlação (tabela 7). Como pode-se observar na matriz covariância S houve uma grande variância nos dados originais, então utilizou-se a matriz de correlação R para o cálculo dos componentes principais.

Tabela 6. Matriz S de covariância das variáveis originais de qualidade de ovos.

	AALB	COMP	ESPE	GRAV	LARG	PALB	PCAS	PGEM
AALB	1.072							
COMP	0.485	2.861						
ESPE	0.027	0.816	4.364					
GRAV	-0.477	1.077	7.509	33.205				
LARG	0.381	1.074	0.450	0.682	1.080			
PALB	0.114	0.810	0.569	0.855	0.546	0.773		
PCAS	0.062	0.139	0.196	0.429	0.070	0.070	0.027	
PGEM	0.015	0.442	0.142	0.061	0.241	0.157	0.035	0.248

AALB= altura de albúmen, COMP= comprimento do ovo, ESPE= espessura da casca, GRAV= gravidade específica, LARG= largura do ovo, PALB= peso do albúmen, PCAS= peso da casca, PGEM= peso da gema.

Tabela 7. Matriz de correlação R das variáveis de qualidade de ovos.

	AALB	COMP	ESPE	GRAV	LARG	PALB	PCAS	PGEM
AALB	1.000							
COMP	0.277	1.000						
ESPE	0.013	0.231	1.000					
GRAV	-0.080	0.110	0.624	1.000				
LARG	0.354	0.611	0.207	0.114	1.000			
PALB	0.126	0.544	0.310	0.169	0.598	1.000		
PCAS	0.367	0.503	0.575	0.457	0.415	0.491	1.000	
PGEM	0.029	0.525	0.137	0.021	0.466	0.358	0.434	1.000
Desvio Padrão	1.039	1.688	2.094	5.749	1.037	0.878	0.163	0.499

AALB= altura de albúmen, COMP= comprimento do ovo, ESPE= espessura da casca, GRAV= gravidade específica, LARG= largura do ovo, PALB= peso do albúmen, PCAS= peso da casca, PGEM= peso da gema.

Na tabela 8, observa-se que os principais CPs, retêm a variância maior que 0,7 correspondem aos quatro primeiros CPs, os quais expressam 83% da variância acumulada preservada dos dados originais, ou seja, pode-se analisar os dados de qualidade de ovos a partir destes quatro componentes.

O CP1 que reteve 43% da variação e está mais correlacionado com o peso da casca, seguido pelo, CP2 que reteve 20% correspondendo a gravidade específica, CP3 com 13% da variação explicada pela altura de albúmen e o CP4 com 8% corresponde ao peso da gema. Sugere-se pra descarte as demais variáveis pela sua insignificância na variação dos dados.

Tabela 8. Análise de componentes principais das variáveis de qualidade de ovos.

Componente Principal	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
Coeficientes								
AALB	-0.195	0.282	0.834	-0.142	0.004	-0.089	-0.017	-0.400
COMP	-0.421	0.244	-0.103	-0.022	0.199	0.841	0.067	-0.018
ESPE	-0.310	-0.542	0.046	-0.005	-0.166	-0.016	0.744	-0.164
GRAV	-0.227	-0.626	0.033	0.021	0.502	-0.012	-0.494	-0.242
LARG	-0.411	0.278	0.000	0.309	0.541	-0.417	0.227	0.374
PALB	-0.401	0.100	-0.185	0.627	-0.476	-0.110	-0.256	0.628
PCAS	-0.445	-0.180	0.199	-0.308	-0.401	-0.023	-0.283	-0.312
PGEM	-0.331	0.236	-0.466	-0.629	-0.001	-0.313	-0.027	-0.351
Variância (λ)	1.849	1.256	1.003	0.807	0.660	0.619	0.583	0.432
Percentual total da variação	0.428	0.197	0.126	0.081	0.054	0.048	0.043	0.023
Variância acumulada	0.428	0.625	0.751	0.832	0.886	0.934	0.977	1.000

AALB= altura de albúmen, COMP= comprimento do ovo, ESPE= espessura da casca, GRAV= gravidade específica, LARG= largura do ovo, PALB= peso do albúmen, PCAS= peso da casca, PGEM= peso da gema, POVO= peso do ovo.

Na figura 2, pode-se observar a dispersão e os eixos dos componentes principais, dentro do componente principal 1 o peso da casca e o comprimento apresentaram contribuições similares para a PC1, com uma correlação alta conforme tabela 7. No componente principal 2, as variáveis gravidade e espessura possuem uma correlação forte e contribuem com peso parecidos. Já as variáveis gravidade e altura de albúmen fica evidente o contraste entre elas pelo ângulo próximo de 90° evidenciando a baixa correlação entre elas. Essa distância permite que a variável AALB retenha variação dos dados no terceiro componente principal. O quarto componente principal peso da gema o qual forma um ângulo agudo com

as variáveis restantes, evidencia sua correlação de forte a moderada com as mesmas.

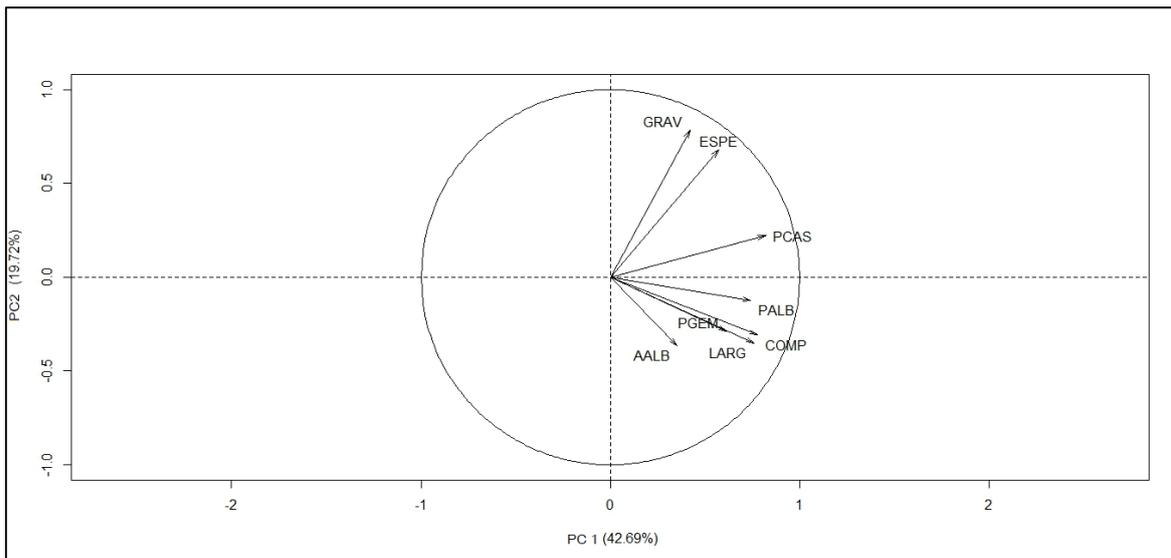


Figura 2. Dispersão dos componentes principais de qualidade de ovos.

6. Discussão

Na nova base formada pela PCA um menor número de coordenadas é suficiente para conter grande parte da informação explicada pela distribuição dos dados, ou seja, as primeiras CPs apresentam grande variância dos dados, enquanto outras têm variância próxima de zero (STATISTICS TOOLBOX, 1999).

A correlação das variáveis de produção de ovos apresentada na tabela 3, mostra forte correlação da variável peso da ave com as demais, tendo uma correlação moderada com o peso do ovo de 0,5, e correlações fracas com as variáveis produção e consumo ração total. Podendo ser observada essa correlação na disposição das variáveis na figura 1.

A variável PAVE sugerida para descarte, apresenta correlação linear simples significativa com as variáveis não descartadas, ou seja, torna-se redundante. Como observado na análise de componentes principais, onde esta variável contribui apenas com 11% da variação dos dados. Para experimentos futuros onde muitas vezes torna-se difícil de explicar alterações nesta variável quando analisada em conjunto com as demais, a sua exclusão devido sua significância, ou alta correlação com peso do ovo, torna-se uma alternativa interessante para a interpretação em futuras análises de produção de ovos.

Dentro do grupo de características de qualidade de ovos, destacam-se as variáveis peso da casca, gravidade específica, altura de albúmen e peso da gema, estas na ordem de maior retenção da variação dos dados.

A casca é sem dúvida uma das variáveis mais importantes dentro das análises realizadas de qualidade de ovos, fundamental pra incubação, sanidade e comercialização do ovos, sua correlação moderada com a variável espessura permite interpretarmos somente uma destas se necessário, sendo que a análise de componentes principais traz um respaldo sugerindo o descarte da variável espessura, o que possibilita economia de tempo e mão de obra em trabalhos futuros, além da redução de variáveis difíceis de ser interpretadas nos experimentos.

A gravidade específica dos ovos pode ser utilizada para determinar a qualidade da casca, já que possui uma relação com o percentual de casca (Freitas et al., 2004). A medida da gravidade específica do ovo é uma técnica muito utilizada

para determinar a qualidade da casca do ovo, devido a sua rapidez, praticidade e baixo custo nos experimentos. Neste trabalho a gravidade específica está correlacionada com a espessura e as duas contribuem significativamente para o PC2, mais uma vez tornando redundante a variável espessura.

Altura do albúmen muito utilizada para avaliar a degradação dos ovos, e de suma importância para ovos férteis, contribui para o PC3 de maneira quase que isolada, demonstrando sua baixa correlação com as demais variáveis.

Peso da gema corresponde em média de 30 a 35% do peso do ovo, em ovos férteis está correlacionado ao peso do pinto na eclosão. Esta variável está correlacionada com comprimento, largura, peso do albúmen e peso da casca. Sendo que no PC4 contribui similar ao peso do albúmen para a variação dos dados, sendo o peso do albúmen sugerido para descarte pela análise.

Das 13 variáveis originais do grupo de produção e qualidade de ovos, apenas 7 são sugeridas para serem mantidas em experimentos futuros, representando um exclusão de 54%, reduzindo variáveis pouco expressivas, diminuindo tempo de coleta de dados em experimentos futuros, além de facilitar a interpretação dos resultados através da redução das variáveis analisadas.

Outros pesquisadores encontraram resultados semelhantes em seus estudos:

Menezes et al. (2007), ao trabalharem com características de ovos de codornas de postura, através da PCA, concluíram que a análise foi efetiva para o descarte de características redundantes e de difícil mensuração, permitiu um descarte de 70% das variáveis analisadas.

Abreu et. al. (1999), avaliando a capacidade de combinação de linhagens de matrizes de frango de corte, usando a técnica de PCA para 11 características produtivas, observaram que foram necessários somente os 6 primeiros componentes para explicar 81% da variação total dos dados.

Paiva et. al. (2010) utilizaram a técnica de componentes principais para avaliar variáveis de postura, concluíram que das 11 variáveis somente 3 são sugeridas para seguirem em experimentos futuros, sendo elas, taxa de postura da 26ª à 58ª semana de idade, peso médio individual na 34ª e peso médio do ovo na 58ª.

Miranda et. al. (2013) utilizando sete grupos genéticos de codornas de corte, avaliaram variáveis de qualidade de ovos, através da PCA, concluíram que a

gravidade específica e peso de albume são as características selecionadas por apresentarem menor redundância entre as demais analisadas, sendo as variáveis mais relevantes e que devem ser consideradas em trabalhos futuros.

Os resultados, apesar de se referirem à espécie diferente, assemelham-se aos encontrados por Barbosa (2003), que avaliaram 13 características de desempenho em suínos e concluíram que oito delas (61,5%) foram redundantes, portanto podiam ser descartadas.

Abreu et al. (1999b), ao trabalharem com produção de ovos de matrizes de frango de corte, obtiveram melhores resultados com os dois primeiros componentes principais que explicaram 98% da variação total dos dados. Quanto menor o número de variáveis que expliquem maior fração da variação total, maior a economia de tempo, o que é altamente desejável.

Yamaki et. al. (2009) avaliando três linhagens de aves de corte, concluíram que a análise de PCA foi efetiva para redução do número de variáveis, sendo apenas sete variáveis mantidas das 12 variáveis originais.

As variáveis sugeridas para descarte nesse estudo são PAVE, PALB, COMP, LARG, PCAS, ESPE. Para serem mantidas e avaliadas em experimentos futuros são sugeridas as variáveis POVO, PROD, CRT, PGEM, GRAV, AALB.

Adicionalmente neste estudo, foi possível observar que as características sugeridas para descarte apresentaram correlação linear simples significativas com as não descartadas, ou seja, são redundantes. Por outro lado, as variáveis selecionadas apresentam menor correlação entre si. Deste modo, cada característica selecionada deve ser responsável por um tipo de informação biológica exclusiva, e a ação conjunta destas será complementar para descrição geral dos indivíduos ou população estudada.

7. Conclusão

A análise de componentes principais é efetiva e permite o descarte de sete variáveis das 13 variáveis originais, possibilitando a compreensão da correlação entre estas variáveis, para serem utilizadas em experimentos futuros com redução de tempo e mão de obra.

Referências

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of genetics**, v. 61, n. 1, p. 27-51, 1972.

ABREU, V.M.N.; SILVA, M.A; CRUZ, C.D.; et. al. Capacidade de combinação de características produtivas de linhagens de matrizes de frangos de corte usado a técnica de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.250-257, 1999.

BAKER J.F.; STEWART T.S.; LONG C.R. et. al. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. **J. Animal Sci.**, v.66, p.2147-2158,1988.

BAKER, J.F., STEWART, T.S., LONG, C.R. et al. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 9, p. 2147-2158, 1988.

BARBOSA, L. Avaliação de características de desempenho de suínos por meio de componentes principais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2003.

BELTRAMI, E. Sulle funzioni bilineari. **Giornale di Matematiche ad Uso degli Studenti Delle Universita**, v. 11, n. 2, p. 98-106, 1873.

CARVALHO, F. B.; STRINGHINI, J. H.; JARDIM FILHO. et. al. Qualidade interna e de casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 25-29, 2007.

CARVALHO, L.P. **Divergência genética e análise dialéctica em *Gossypium hirsutum* var. *latifolium* hutch.** Viçosa, MG: UFV, 1993. 203f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.

CORRÊA, A.B.; SILVA, M.A.; CORRÊA, G.S.S. et. al. Efeito da interação idade da matriz x peso do ovo sobre o desempenho de codornas de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.2, p.433-440, 2011.

DIONELLO, N.J.L.; CORREA, G.S.S.; SILVA, M.A. et al. Estimativas da trajetória genética do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.60, p.454-460, 2008.

FREITAS, E. R., SAKOMURA, N. K., GONZALEZ, M. M., et. al. Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 509-512, 2004.

- FERRÉ, L. Selection of components in principal component analysis: a comparison of methods. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 19, n. 6, p. 669-682, 1995.
- FISHER, R. A.; MACKENZIE, W. A. Studies in crop variation. II. The manurial response of different potato varieties. **J. Agric. Sci.**, v.13, p.311-320, 1923.
- GONÇALVES, F. M.; DRUMOND, E. S. C.; BALLOTIN, L. M. V. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para peso corporal de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória. IN: IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, João Pessoa, **Anais...**, 2012. João Pessoa, 2012.
- HAIR, JR., J. H.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; et. al. **Análise multivariada de dados**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.
- HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., JUNIOR, G. J. O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.
- HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **Journal of Educational Psychology**, 24:417–441, 498–520, 1933.
- JOHNSON, R.; WICHERN, D. W. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey: **Prentice Hall International**, Inc. 1988. 642p.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. Madison: **Prentice Hall International**, 1998. 816p.
- JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. **Applied statistics**, p. 160-173, 1972.
- JOLLIFFE, I.T. **Principal component analysis**. John Wiley & Sons, Ltd, 2002.
- JORDAN, M.C. Mémoire sur les Formes Bilinéaires. **J. Math. Pures. Appl.**, 19, 35–54, 1874.
- KOPUZLU, S., ONENC, A., BILGIN, O. C., & ESENBUGA, N. Determination of meat quality through principal components analysis. **J Anim Plant Sci**, v. 21, n. 2, p. 151-156, 2011.
- KOPUZLU, S., ONENC, A., BILGIN, O. C., & ESENBUGA, N. (2011). Determination of meat quality through principal components analysis. **The Journal of Animal and Plant Sciences**, 21(2), 151-156.
- KUBRUSLY, L.S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. **Pesquisa Operacional**, v. 21, n. 1, p. 107-117, 2001.
- LEDO, C.A.S.; FERREIRA, D.F.; RAMALHO, M.A.P. Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1214-1221, 2003.

LEITE, C. D. S., CORRÊA, G. S. S., BARBOSA, L., et al. Avaliação de características de desempenho e de carcaça de codornas de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 498-503, 2009.

MALUF, W.R., FERREIRA, P.E. ALUF, W. R.; FERREIRA, P. E. Análise multivariada da divergência genética em feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). **Horticultura Brasileira**, 1983.

MARTINS, E.N. Perspectivas do melhoramento genético de codornas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 01. 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p.109-112.

MÁS, H.A.R.; FASSANI, E.J.J.; BRITO, J.A.G. et al. Rendimento de carcaça de codornas de corte submetidas a diferentes níveis protéicos e idades de abate. In: SIMPÓSIO DE COTURNICULTURA, 2, 2004, Lavras. **Anais...**Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004.

MENEZES, G.R.O. et. al. Análise de componentes principais de características de ovos de codornas de postura. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, II CONGRESSO BRASILEIRA DE COTURNICULTURA, 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007. P. 218.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Editora UFMG, 2005.

MIRANDA, J. A., FERREIRA, T. A., ABREU, L. R. et. al. Estudo da qualidade do ovo e descarte de variáveis em grupos genéticos de codornas utilizando análise multivariada. In: X Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. 2013. **Anais...** Uberaba. Sociedade Brasileira de melhoramento animal. 2013.

MÓRI, C., GARCIA, E. A., PAVAN, A. C. et. al. Desempenho e qualidade dos ovos de codornas de quatro grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 864-869, 2005.

MORRISON, D. F. Profile Analysis. **Multivariate Statistical Methods**. Tokyo 205-216; 1976.

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

OLIVEIRA, E.J. **Análise multivariada no estudo da divergência genética entre cultivares de feijão**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 91p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético) - Universidade Federal de Viçosa, 1989.

PAIVA, A.L.C.; TEIXEIRA, R.B.; YAMAKI, M. et. al. Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.2, p.285-288, 2010.

PASQUETTI, T. J.; FURLAN, A. C.; MARCATO, S. M.; et. al. Desempenho de codornas de corte alimentadas com rações contendo glicerina bruta, oriunda de

gordura animal e óleo vegetal, na fase de 1 a 14 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, 2011, Belém. **Anais...** 2011.

PASTORE, S.M.; OLIVEIRA, W.P. de; MUNIZ, J.C.L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista eletrônica nutritime**. vol.9, n.6, p.2041–2049, Nov./Dez.2012.
PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to system of point in space, **Philosophical Magazine**, 2;pp 550-572, 1901.

PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. **Philosophical Magazine**, 2:559–572, 1901.

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T. et al. Níveis de Proteína e Energia para Codornas Japonesas em Postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1761-1770, 2002.

PREISENDORFER, R. W., & Mobley, C. D. **Principal component analysis in meteorology and oceanography**. Elsevier Science Ltd, 1988.

REGAZZI, A.J. Análise multivariada, notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2000.

ROSO, V.M.; FRIES, L.A. Componentes principais em bovinos da raça Polled Hereford à desmama e sobreano. **Rev. Soc. Bras. Zootec.**, v.24, p.728-735, 1995.

SANDANIELO, V. L. M. **Emprego de técnicas estatísticas na construção de índices de desenvolvimento sustentável aplicados a assentamentos rurais**. 2008. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q. et. al. Capacidade de combinação multivariada para caracteres de tubérculo em gerações iniciais de seleção em batata. **Ciência Rural**, v.38, p.321-325, 2008.

SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F.G.P.; et al. Exigências nutricionais de codornas. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia- ZOOTEC, 21, 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: UFAL, 2011.

STATISTICS TOOLBOX. User's Guide. Version 2. 1999. 420 p. Disponível em: < www.maths.lth.se/matstat/staff/krys/Program/stats_tb.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2010.

TEIXEIRA, B.B. **Estudo genético da produção de ovos em codornas de corte por meio de análises multicaracterísticas e regressão aleatória**. 2011. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2011.

TEIXEIRA, R.B. **Avaliação e estimação de componentes genéticos de características produtivas e da qualidade de ovos de linhagens de codorna de corte..** 2008. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008.

VAYEGO, S. A., DIONELLO, N. J. L., & FIGUEIREDO, E. A. P. D. (2008). Estimativas de parâmetros e tendências genéticas para algumas características de importância econômica em linhagem paterna de frangos de corte sob seleção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1230-1235, 2008.

YAMAKI, M., MENEZES, G. R., PAIVA, A. L., et al. Estudo de características de produção de matrizes de corte por meio da análise de componentes principais. **Arq. bras. med. vet. zootec**, p. 227-231, 2009.