



**MORFOMETRIA DOS DÍGITOS E ENFERMIDADES
DIGITAIS EM FÊMEAS BOVINAS DESTINADAS À
PRODUÇÃO LEITEIRA**

ANNA CAROLINA GRAEFLING LUSA

2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**MORFOMETRIA DOS DÍGITOS E ENFERMIDADES
DIGITAIS EM FÊMEAS BOVINAS DESTINADAS À
PRODUÇÃO LEITEIRA**

Autora: Anna Carolina Graefling Lusa

Orientador: Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Julho de 2017

ANNA CAROLINA GRAEFLING LUSA

**MORFOMETRIA DOS DÍGITOS E ENFERMIDADES
DIGITAIS EM FÊMEAS BOVINAS DESTINADAS À
PRODUÇÃO LEITEIRA**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro

Co-orientadores: Prof.^a. Dr.^a. Lorena Andrade Nunes
Prof. Dr. Carlos Henrique Mendes Malhado

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Julho de 2017

636.2142 Lusa, Anna Carolina Graefling.

L989m Morfometria dos dígitos e enfermidades digitais em fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira. / Anna Carolina Graefling Lusa. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2017.

76fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, área de concentração em Produção de Ruminantes. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Paulo Luiz Souza Carneiro.

1. Bovinos de leite – Enfermidades digitais. 2. Morfometria linear e geométrica. 3. Análise univariada e multivariada. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Carneiro, Paulo Luiz Souza. III. Título.

CDD(21): 636.2142

Catálogo na fonte:

Cláudia Aparecida de Souza – CRB/5-1014
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Bovinos de corte – Nutrição em Pastejo
2. Bovinos - Suplementação a Pasto
3. Nutrição de bovinos – Desempenho
4. Enfermidades digitais - Parâmetros digitais

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “Morfometria dos dígitos e enfermidades digitais em fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira”.

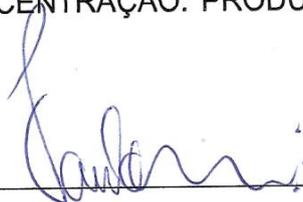
Autor (a): Anna Carolina Graefling Lusa

Orientador (a): Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro

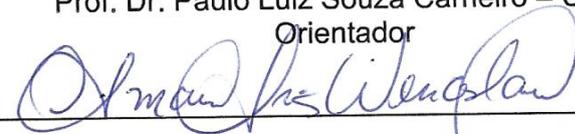
Co-orientador (a): Prof. Dr. Carlos Henrique Mendes Malhado

Prof^a. Dr^a. Lorena Andrade Nunes

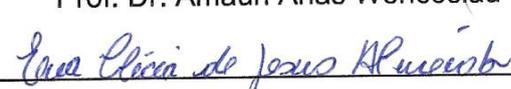
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro – UESB
Orientador



Prof. Dr. Amauri Arias Wenceslau - UESC



Dr^a. Eva Clicia de Jesus Almeida

Data de realização: 07 de julho de 2017.

“A vida não é um corredor reto e tranquilo que
nós percorremos livres e sem empecilhos,
mas um labirinto de passagens,
pelas quais nós devemos procurar nosso
caminho, perdidos e confusos, de vez em quando
presos em um beco sem saída.

Porém se tivermos fé,
uma porta sempre será aberta para nós,
não talvez aquela sobre a qual
nós mesmos nunca pensamos,
mas aquela que definitivamente
se revelará boa para nós. “

A. J. Cronin

DEDICO

Aos meus pais Dionei e Irotilde, ao
meu irmão André e à minha avó
Olívia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a São Francisco de Assis, por iluminarem meu caminho. Quando você tem fé, a vida deixa de ser uma luta; o que era difícil torna-se fácil.

Aos meus parentes e familiares, que na convivência do dia a dia sempre torcem por mim.

Minha gratidão aos preciosos amigos que me ajudaram no decorrer dos anos em que estive na Bahia. Obrigada a vocês por tantas coisas: por sua gentileza, sua amizade. Verdadeiros anjos da guarda. Amigos queridos de todas as horas! Quero que vocês saibam o quanto foram importantes na minha vida. Estão todos no meu coração. Vocês sabem quem são!!!

Gostaria de agradecer ao meu professor orientador, Paulo Luiz Souza Carneiro, cujo entusiasmo com meu projeto de pesquisa alimentou o meu próprio, doando tempo e conhecimento, por seus altos padrões de excelência e carinhosa atenção. Suas orientações foram de valor incalculável. Colaborou para que eu me mantivesse concentrada e perseverante enquanto escrevia esta dissertação. Que sorte a minha ter um orientador como você!

Lorena, obrigada pela paciência e tolerância, ao examinar minuciosamente e aprimorar minha coleta de dados. Obrigada por sua generosidade, sabedoria e conhecimento, por seus conselhos em todas as instâncias dessa pesquisa.

Obrigada ao meu professor e amigo Mário Norberto Slomp, que já fez tanto por mim, pela amizade que tem demonstrado ao longo dos anos. Você é um ser humano extraordinário. Obrigada por tudo!

E, claro, devo imensos agradecimentos à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, dos Campus das Unidades de Itapetinga e Jequié, seus professores e toda sua equipe.

Gratidão especial a minha Madrinha Kazumi Suzuki, por sempre torcer por mim!

Obrigada a todas as pessoas ótimas que fizeram parte da pesquisa descrita nestas páginas, principalmente na coleta de dados e contenção dos animais. Vocês foram receptivos, corajosos e incrivelmente animados, entre elas: professor doutor André Thaler Neto, as doutorandas Deise Aline Knob e Aline Orsolleta, e os estudantes de Veterinária Artur Martins Basbosa, Luísa Walmorbida de Araújo, Maxwilliam Souza, Dener Paulo Tres e ao funcionário Josiel Branco Moreira, da Universidade Estadual de Santa Catarina.

Quero também expressar minha profunda gratidão aos estudantes de Veterinária e Agronomia da UNIGUAÇU, Henrique Sachini, João Lucas de Oliveira, André Mateus de Oliveira Koloski, Felipe Mendes Leal, Fábio Augusto Ribas dos Santos, João Pedro Oltman Kubiaki e Ivonei Luís Tratch.

À Márcia Coelho, coordenadora do curso de Agronomia da Uniguaçu e à professora Jéssica Adami, pela sincera disposição e apoio prático para assuntos ligados à coleta de dados.

Ao Dr. Clori Basso, pela ajuda e paciência.

À Ivie pelo companheirismo e por não me deixar sentir sozinha enquanto escrevia essa dissertação.

Ao Luiz Fernando Albuquerque Galvão, por ter sido meu amigo e irmão na Bahia, sempre disponível para tudo que eu precisasse.

Não há palavras que possam expressar minha gratidão às Veterinárias Ana Paula Zeizer, Ariane Scolari e Marcela Weber. Vocês foram maravilhosas comigo. Obrigada pela paciência e apoio.

Desejo também agradecer aos proprietários da Chácara Ouro Verde, em Arapoti-PR; Korstian Bronkorst, Nicolas Arie Bronkorst, Benhard Gosen Bonkhorst e seus funcionários José Márcio Mira e Clodoaldo dos Santos Mira e a Pedro Ivo Ilkiv proprietário da Chácara Três Gerações em União da Vitória-PR, por cederem os animais para que eu realizasse a coleta de dados da minha pesquisa. Agradeço também a colaboração de Irineu José Ilkiw, Silvino dos Santos Lima, William Tomazi, Silvino Santos Lima e Derlei dos Santos Lima. Vocês foram generosos e acolhedores.

Um agradecimento especial a Ricardo Oliveira, Diego André Santana de Moares e Marcos Rezende que, mesmo à distância, compartilharam comigo seus imprescindíveis conhecimentos de informática.

Quero expressar também minha gratidão a Eva Clicia de Jesus Almeida, Jackeline Santos Alves e Márcia Anjos, pela permanente disponibilidade, gentileza e apoio, sempre dispostas a compartilhar seus conhecimentos. Estenderam a mão toda vez que precisei.

Agradeço meu irmão André, por me mostrar que os desafios inevitáveis da vida vão se tornar oportunidades para eu me tornar uma pessoa mais forte e sentir que não estou sozinha quando experimento os reveses, os altos e baixos da vida, voltas, curvas, começos e fins. Você consegue sempre me levar de volta para a alegria, a confiança, o amor e a paz.

Gostaria de expressar meu amor e minha gratidão à Irotilde Graefling Lusa, minha mãe, pelo coração compreensivo e alma gentil, seu apoio entusiástico e sua confiança em mim tem sido fonte de força e energia durante toda minha vida.

Ao meu pai, Dionei Luiz Lusa, um dos homens mais íntegros que conheço, que sempre está comigo, por todo seu apoio e amor nessa minha jornada na direção do meu sucesso pessoal e profissional.

À minha amada avó Olívia, pelo apoio constante e orações.

Por fim, agradeço à CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro através de Bolsa de Estudos, possibilitando a realização do meu curso de mestrado, incentivando assim a pesquisa científica.

BIOGRAFIA

ANNA CAROLINA GRAEFLING LUSA, filha de Irotilde Graefling Lusa e Dionei Luiz Lusa, nasceu na cidade de Caçador, estado de Santa Catarina, em 27 de março de 1992. Em 2010, iniciou o curso de graduação em Medicina Veterinária na Unidade de Ensino Superior Vale do Iguaçu – UNIGUAÇU, na qual, em 2015, obteve o título de Médica Veterinária. Em março de 2015 iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção de Ruminantes na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, desenvolvendo pesquisa com Genética e Melhoramento Animal.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| LISTA DE FIGURAS..... | x |
| LISTA DE TABELAS..... | xii |
| LISTA DE ABREVIACÕES..... | xiv |
| RESUMO..... | xvi |
| ABSTRACT..... | xviii |
| I REFERENCIAL TEÓRICO..... | 20 |
| 1.1 Introdução Geral..... | 20 |
| 1.2 Revisão de literatura..... | 21 |
| <i>1.2.1 Doenças digitais.....</i> | <i>21</i> |
| <i>1.2.1.1 Lesões podais, incidência, prevalência e distribuição.....</i> | <i>22</i> |
| <i>1.2.1.2 Fatores predisponentes.....</i> | <i>22</i> |
| <i>1.2.1.3 Diagnóstico, prevenção e controle.....</i> | <i>24</i> |
| <i>1.2.2 Morfometria.....</i> | <i>25</i> |
| Referências Bibliográficas..... | 27 |
| II OBJETIVO GERAL..... | 32 |
| III CAPÍTULO I..... | 33 |
| RESUMO..... | 33 |
| ABSTRACT..... | 34 |
| INTRODUÇÃO..... | 35 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 36 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 39 |
| CONCLUSÕES..... | 48 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 49 |
| IV CAPÍTULO II..... | 53 |
| RESUMO..... | 53 |
| ABSTRACT..... | 54 |

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO..... | 55 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 56 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 58 |
| CONCLUSÕES..... | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 67 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 72 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Biometria de cascos e sua relação com enfermidades podais e produção de vacas leiteiras.

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1. Fotografia da vista plantar do dígito bovino do membro pélvico esquerdo com as linhas indicando os locais onde foram mensurados os comprimentos e larguras da sola e talão..... | 37 |
| Figura 2. <i>Heatmap</i> com base nos fatores e nas variáveis de longevidade produtiva, peso e total de doenças podais nos grupos genéticos Holandês, Jersey, Pardo Suíço e Jersolando..... | 45 |

CAPÍTULO II

Morfometria geométrica dos dígitos de vacas leiteiras e sua relação com enfermidades digitais.

| | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Vista plantar dos dígitos medial e lateral do membro pélvico direito da raça Holandesa com dois marcos e cinco semimarcos inseridos no dígito lateral..... | 57 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 2. | Ilustração gráfica das regiões anatômicas da vista plantar dos dígito de bovinos..... | 58 |
| Figura 3. | Gráfico de dispersão com base nas análises de Componentes Principais e grades de deformação para o dígito lateral do membro direito das três raças de vacas leiteiras..... | 62 |
| Figura 4. | Gráfico de dispersão com base nas análises de Componentes Principais e grades de deformação para o dígito medial do membro direito das três raças de vacas leiteiras | 63 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Biometria de cascos e sua relação com enfermidades podais e produção de vacas leiteiras.

| | Página |
|--|---------------|
| Tabela 1. Número de acometimento por enfermidade podal por grupo genético dos dígitos dos membros pélvicos direito e esquerdo..... | 39 |
| Tabela 2. Pesos fatoriais e comunalidades (C) das medidas dos cascos de fêmeas bovinas leiteiras..... | 41 |
| Tabela 3. ANOVA dos fatores das medidas dos cascos mensuradas nos grupos genéticos Holandês, Jersey, Pardo Suíço e Jersolando..... | 42 |

CAPÍTULO II

Morfometria geométrica dos dígitos de vacas leiteiras e sua relação com enfermidades digitais.

| | Página |
|--|---------------|
| Tabela 1. Número de lesões digitais para os dígitos lateral e medial do membro pélvico direito para vacas lactantes e não lactantes..... | 60 |

| | |
|---|----|
| Tabela 2. Distância de Mahalanobis para o dígito lateral (diagonal inferior) e dígito medial (diagonal superior) do membro pélvico direito de todas as raças..... | 62 |
| Tabela 3. Validação cruzada entre as raças de vacas leiteiras comparadas par a par e porcentagem de classificação dentro de cada raça..... | 65 |

LISTA DE ABREVIACÕES

AC: Acometimento das enfermidades

ADIT: Análise discriminante independente do tamanho

ADLMD: Ângulo do dígito lateral do membro direito

ADMMD: Ângulo do dígito medial do membro direito

C: Comunalidade

CSDLMD: Comprimento da sola do dígito lateral do membro direito

CSDLME: Comprimento de sola do dígito lateral do membro esquerdo

CSDMMD: Comprimento da sola do dígito medial do membro direito

CSDMME: Comprimento de sola do dígito medial do membro esquerdo

CTDLMD: Comprimento do talão do dígito lateral do membro direito

CTDLME: Comprimento do talão do dígito lateral do membro esquerdo

CTDMMD: Comprimento do talão do dígito medial do membro direito

CTDMME: Comprimento do talão do dígito medial do membro esquerdo

DD: Dermatite digital

DL: Dígito lateral

DLB: Doença da linha branca

DM: Dígito medial

ET: Erosão de talão

HS: Hemorragia de sola

Kg: Quilogramas

LONGP: Longevidade produtiva

LSDLMD: Largura da sola do dígito lateral do membro direito

LSDLME: Largura de sola do dígito lateral do membro esquerdo

LSDMMD: Largura da sola do dígito medial do membro direito

LSDMME: Largura da sola do dígito medial do membro esquerdo

LTDLMD: Largura do talão do dígito lateral do membro direito

LTDLME: Largura do dígito lateral do membro esquerdo

LTDMMMD: Largura do talão do dígito medial do membro direito
LTDMMME: Largura do talão do dígito medial do membro esquerdo
MPD: Membro pélvico direito
MPE: Membro pélvico esquerdo
PDC: Podridão do casco
SD: Sola dupla
TDLMD: Tamanho dígito lateral membro direito
TDLME: Tamanho dígito lateral membro esquerdo
TDMMD: Tamanho dígito medial membro direito
TDMME: Tamanho dígito medial membro esquerdo
TDP: Total de doenças podais
UP: Úlcera de pinça
UPGMA: Unweighted Pair Group Method With Arithmetic Mean
US\$: Dólares
US: Úlcera de sola

RESUMO

LUSA, Anna Carolina Graefling. **Morfometria dos dígitos e enfermidades digitais em fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira**. Itapetinga, BA: UESB. 2017. 76p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes) *

Objetivou-se realizar a análise conformacional por meio de parâmetros morfométricos dos dígitos laterais e mediais dos membros pélvicos de fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira, e relacioná-los à ocorrência de doenças digitais associadas a índices zootécnicos por meio da morfometria linear e geométrica. Para ambas as técnicas, foram captadas imagens da vista plantar dos dígitos para posterior obtenção das medidas. A identificação das enfermidades podais foi feita por meio da anamnese, observação *in loco* e pelas imagens, sendo a úlcera de sola, doença da linha branca, erosão de talão e dermatite interdigital as afecções mais frequentes. Para análise da morfometria linear, foram utilizadas 169 vacas nas condições de lactantes e não lactantes, subdivididas em quatro grupos genéticos, sendo Holandês (51), Jersey (51), Jersolando (19) e Pardo Suíço (48). Realizou-se a mensuração do comprimento e largura da sola e talão dos dígitos laterais e mediais dos membros pélvicos direito e esquerdo. Posteriormente, efetuou-se o descarte de variáveis para a realização da análise de fatores, em que fatores foram gerados em função dos maiores coeficientes das medidas dos dígitos e utilizados para discriminar os grupos genéticos e associá-los aos índices de doenças podais e desempenho produtivo. Por meio da análise multivariada e posterior análise de agrupamento, verificou-se que o Jersey manteve-se isolado dos demais grupos com os menores valores para todas as variáveis; já o Jersolando apresentou valores intermediários. O Holandês e Pardo Suíço apresentaram as maiores medidas de dígitos, maior peso corporal, longevidade produtiva e índices de doenças podais, evidenciando que maiores tamanhos de dígitos e peso estão associados a maior predisposição de patologias podais. A técnica da morfometria geométrica permite avaliar características

morfológicas independentemente do tamanho. Deste modo, objetivou-se verificar a variação da forma e tamanho dos dígitos laterais e mediais do membro pélvico direito e associá-los ao acometimento de afecções digitais em 150 fêmeas bovinas lactantes e não lactantes das raças Holandesa, Jersey e Pardo Suíça. Nas imagens captadas, foram inseridos sete marcos anatômicos nas regiões de sola, talão, muralha axial e abaxial, pinça e espaço interdigital. O teste Qui quadrado evidenciou que a maior ocorrência de enfermidades podais ocorreu nos dígitos laterais e em vacas lactantes. Por meio da análise de componentes principais, as três raças ficaram alocadas separadamente. Mediante a análise da forma, verificou-se que a raça Jersey apresentou dígitos mais longos e estreitos, enquanto a Holandesa e Pardo Suíça apresentaram dígitos mais largos e curtos, sendo que a maior variação ocorreu nas regiões da junção sola/talão e interdígito, e foram as raças mais acometidas. Através da análise da validação cruzada, verificou-se que os animais foram alocados corretamente nas suas respectivas raças, demonstrando a eficiência da morfometria geométrica em associar o animal a sua raça em função da forma dos dígitos. Para análise de tamanho, diferenças significativas ($p < 0,01$) foram observadas apenas para o dígito medial; entretanto, existe variação da forma do dígito em função do acometimento de determinada doença podal, e a morfometria geométrica permitiu evidenciar as regiões anatômicas onde ocorreram tais alterações.

Palavras-chave: Morfometria linear, morfometria geométrica, análise univariada, análise multivariada, parâmetros digitais.

*Orientador: Paulo Luiz Souza Carneiro, DSc., UESB e Co-orientadores: Lorena Andrade Nunes, DSc., UESB e Carlos Henrique Mendes Malhado, DSc., UESB.

ABSTRACT

LUSA, Anna Carolina Graefling. **Digit morphometry and digital diseases in bovine females destined to milk production.** Itapetinga, BA: UESB. 2017. 76p. Dissertation. (Master in Animal Science, Concentration Area in Ruminant Production) *

The objective was to perform the conformational analysis using morphometric parameters of the lateral and medial digits of the pelvic limbs of bovine females destined to the milk production and to relate them to the occurrence of digital diseases associated with zootechnical indexes through linear and geometric morphometric. For both techniques, images of the plantar digits were taken for subsequent measurements. The identification of the podal diseases was made by anamnesis, in situ observation and by the images, being the ulcer of soles, disease of the white line, bead erosion and interdigital dermatitis the most frequent affections. For the analysis of linear morphometric, a total of 169 lactating and non-lactating cows were used, subdivided into four genetic groups: Holstein (51), Jersey (51), Jersolando (19) and Swiss Brown (48). Measurement of the length and width of the sole and bead of the lateral and medial digits of the right and left pelvic limbs were performed. Subsequently, variables were discarded for the analysis of factors, in which factors were generated as a function of the higher coefficients of the digit measures and used to discriminate the genetic groups and to associate them with the indexes of foot diseases and productive performance. Through the multivariate analysis and subsequent cluster analysis, it was verified that Jersey remained isolated from the other groups with the lowest values for all variables, whereas the Jersolando presented intermediate values. Holstein and Swiss Brown presented the highest digit measurements, body weight, productive longevity and indexes of foot diseases, evidencing that larger digits and weight, are associated with a greater predisposition to foot pathologies. The geometric morphometric technique allows to evaluate the morphological characteristics regardless of size. The objective of this study was to verify the variation of the shape and size of the lateral and medial digits of the right pelvic limb and to associate them with the occurrence of digital

affections in 150 lactating and non-lactating female bovines of the Holstein, Jersey and Swiss Brown breeds. In the captured images, seven anatomical landmarks were inserted in the regions of sole, bead, axial and abaxial walls, forceps and interdigital space. The Chi-square test showed that the highest occurrence of foot diseases occurred in the lateral digits and in lactating cows. Through analysis of major components, the three races were allocated separately. The analysis of the shape showed that the Jersey had longer and narrower digits, while the Holstein and the Brown Swiss had larger and shorter digits, with the greatest variation occurring in the regions of the sole / bead and interdigital junction and were the races more affected. Through the cross-validation analysis, it was verified that the animals were allocated correctly in their respective races, demonstrating the efficiency of the geometric morphometric in associating the animal with its race according to the shape of the digits. For size analysis, significant differences ($p < 0.01$) were observed only for the medial digit, however, there was variation of the digit shape due to the involvement of certain foot disease, and the geometric morphometric showed the anatomical regions where these alterations occurred.

Keywords: Linear morphometric, geometric morphometric, univariate analysis, multivariate analysis, digital parameters.

*Advisor: Paulo Luiz Souza Carneiro, DSc., UESB and Co-Advisors: Lorena Andrade Nunes, DSc., UESB and Carlos Henrique Mendes Malhado, DSc., UESB.

I- REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução Geral

A globalização do mercado da bovinocultura leiteira aumentou a concorrência e passou a exigir maior produtividade com melhor qualidade. Desta forma, produtores vêm implementando sistemas de criação mais modernos como o intensivo, cujo manejo deve ser feito de forma adequada, uma vez que pode influenciar diretamente nas condições epidemiológicas, favorecendo a ocorrência de várias enfermidades podais.

Melhoristas e criadores intensificaram os trabalhos de melhoramento de bovinos leiteiros a partir do século XX. Surgiram muitos progressos no que se refere a algumas características desses animais como, por exemplo, melhor desenvolvimento da glândula mamária, diminuição do teto, maior capacidade digestiva e respiratória, facilidade de parto e aumento da capacidade de produção de leite. No entanto, esses resultados não foram acompanhados na mesma velocidade pelo melhoramento de pernas e dígitos.

As enfermidades digitais dos bovinos apresentam impacto econômico negativo sobre a rentabilidade da pecuária mundial, pois aumentam os custos de produção com os tratamentos e reduz a produtividade. Além disso, muitos animais de alto valor zootécnico são descartados prematuramente. As altas taxas de prevalência e incidência das afecções digitais em bovinos leiteiros são a terceira maior causa de descarte em rebanhos leiteiros, ficando atrás apenas da mastite e problemas reprodutivos. Muitos fatores estão associados às causas das doenças podais dos bovinos, dentre eles podem ser citados a predisposição genética, o ambiente de criação, o manejo, as estações do ano, o clima, a nutrição e a sanidade.

Sabe-se que anatomicamente os dígitos e membros dos bovinos são adaptados às superfícies macias como terra e pastagens. Os bovinos possuem reduzida capacidade de absorção de impactos causados por pisos duros, além do peso excessivo e a pequena área de apoio do solo, que exercem grande pressão nos cascos. A maioria das desordens digitais é de origem infecciosa e ocorre principalmente em animais confinados. No confinamento há maior concentração de animais por área, resultando em maior volume

de dejetos, umidade, que são fatores importantes relacionados ao aumento de afecções do aparelho locomotor. Além disso, a predominância de raças europeias são as mais suscetíveis ao desenvolvimento de doenças podais.

Uma das formas de entender melhor a etiopatogenia das enfermidades digitais é através do estudo morfométrico dos dígitos bovinos. A morfometria subdivide-se em linear que permite identificar variações de tamanho e geométrica, que aponta de maneira mais precisa diferenças de tamanho e forma, através da visualização das áreas anatômicas, mostrando onde ocorrem as maiores variações. Essa técnica pode ser eficiente na identificação de doenças podais em bovinos, e foi utilizada pela primeira vez para essa finalidade.

1.2 Revisão de Literatura

1.2.1 Doenças digitais

Distúrbios locomotores e claudicações causadas por lesões nos cascos em bovinos leiteiros estão relacionados ao aumento da mortalidade, bem como o abate prematuro desses animais (Thomsen et al., 2004; Cramer et al., 2008). As enfermidades podais são consideradas a terceira doença mais importante, antecedida pela infertilidade e mastite em rebanhos de exploração leiteira (Radostis et al., 2007; Watson, 2007). O termo “doença digital bovina” refere-se a um conjunto de enfermidades que afetam a extremidade dos membros dos bovinos, englobando pele, subcutâneo, tecido córneo, ossos, articulações e ligamentos (Garcia & Borges, 2006). São responsáveis por 90% dos casos de claudicação (Nicoletti, 2003), sendo um dos principais problemas do aparelho locomotor, além de afetar a produção (Archer et al. 2010), levando à queda média de 20% da produção por lactação (Ferreira et al., 2005).

Amory et al. (2008) verificaram que vacas claudicantes obtiveram reduções médias na produção de 574 kg/leite/lactação, devido à presença de úlcera de sola, e de 369 kg/leite/lactação para as que apresentaram doença da linha branca. Cada caso de doença digital custa em média de US\$ 350, incluindo custos de tratamentos e serviços veterinários, diminuição da fertilidade e produtividade, aumento de intervalo entre os partos, maior predisposição a desenvolver mastite, descarte do leite e, em casos mais graves, a morte do animal (Greenough, 2007; Laven et al., 2008).

1.2.1.1 Lesões podais, incidência, prevalência e distribuição

Na literatura não há uma padronização de terminologias que caracterizam as diferentes doenças podais (Souza et al., 2015). De acordo com Greenough (1998), as patologias podais subdividem-se em não infecciosas (doença da linha branca, sola dupla, fissuras verticais e horizontais na parede do casco, hiperplasia interdigital, pododermatite asséptica circunscrita, pododermatite asséptica difusa (laminite) e erosão de talão e infecciosas (dermatite digital, dermatite interdigital, abscesso solar e pododermatite séptica circunscrita). Nicoletti (2004) julga aceitável em rebanhos brasileiros de 7 a 10% dos animais claudicando, porém em estudos realizados por Silveira et al. (2009) e Souza et al. (2015), foram verificados valores acima de 22%, uma vez que diferentes lesões podem se manifestar em um ou mais membros, podendo acometer todos os dígitos de um mesmo animal.

Quanto à distribuição das lesões digitais em relação ao membro afetado, Cramer et al. (2008) afirmam que os dígitos dos membros anteriores apresentam menor incidência de doenças quando comparados aos dos membros posteriores, corroborando com os resultados de Machado et al. (2008), que constataram 62,4% nos membros pélvicos e 37,5% nos membros torácicos. Entretanto, Tomasella et al. (2014) verificaram maiores valores, sendo 87,5% e 12,5% para os membros pélvicos e torácicos, respectivamente. Mulling et al. (2006) sugerem que isso ocorre pelo maior contato dos dígitos posteriores a contaminantes ambientais como urina e fezes. Em relação ao acometimento por dígito, Ferreira et al. (2005) citam que os dígitos laterais possuem maior prevalência (85%) em relação aos mediais (15%). Kehler & Gerwing (2004) e Van Der Tol et al. (2002) atribuem essa maior predisposição em função das diferenças de tamanho entre os dígitos, relacionando ao maior peso e sobrecarga crônica aos dígitos laterais nos animais em pé e andando (Meyer et al., 2007; Schmid et al., 2009).

1.2.1.2 Fatores predisponentes

De acordo com Demirkan et al. (2000), as enfermidades digitais possuem natureza multifatorial. As más condições de higiene, o acúmulo de fezes e urina,

umidade, tipo de piso, clima, sistema de produção são apontados como fatores ambientais predisponentes (Nicoletti, 2003; Dias, 2004), uma vez que animais em confinamento sob manejo intensivo chegam a permanecer 16 horas diárias em posição quadrupedal para se alimentarem ou serem ordenhados, contribuindo para o aumento da ocorrência de enfermidades digitais (Silva et al., 2004).

Os pisos de concreto são duros e quando úmidos se tornam cerca de 83% mais abrasivos, o que proporciona crescimento excessivo das unhas e desgaste da sola, levando ao desequilíbrio na distribuição do peso sobre os dígitos, favorecendo o aparecimento de úlceras de sola e doença da linha branca (Shearer & Van Amstel, 2007). Sabe-se que há uma correlação inversa entre dureza e resistência dos cascos e o teor de água, ou seja, quanto maior for a umidade do ambiente menor será sua resistência (Nicoletti, 2003). A higiene e limpeza das instalações de confinamento são problemas desafiantes, uma vez que áreas com chorume são escorregadias e propensas a causar quedas e traumatismos. Assim, vacas preferem superfícies secas ou com terra consistente (Hinterhofer et al., 2006).

A seleção para o aumento da produtividade leiteira não tem sido acompanhada com a seleção da qualidade dos membros e cascos, a fim de os animais suportarem melhor e maior peso (Nicoletti, 2004). A seleção para melhor conformação podal não tem sido feita devido à sua menor herdabilidade em relação à de outras características morfológicas (Acunã et al., 2004). A constituição racial também deve ser levada em conta, visto que raças europeias como as holandesas possuem maior predisposição (Borges & Garcia, 2002; Toussaint, 2003).

Fatores nutricionais podem desencadear doenças sistêmicas e também influenciam no acometimento das doenças digitais (Muralithas, 2009). Distúrbios nutricionais ou metabólicos causam uma diminuição do aporte de nutrientes ao casco, por alterações circulatórias ou alimentares, diminuindo a qualidade do estojo córneo, viabilizando o aparecimento de doenças (Túlio, 2006). A laminite está associada à toxemia por ingestão excessiva de concentrados e quantidades inadequadas de fibras, em que ocorre liberação de histamina e endotoxinas, que resultam em vasoconstrição e dilatação que ferem os vasos capilares do córion, gerando isquemia e reduzindo as concentrações de oxigênio e nutrientes nas extremidades. Isso causa degradações físicas nos cascos (Radostis, 2007), predispondo ao aparecimento de úlceras de sola e doença

da linha branca (Mulling & Greenough, 2006). A carência de cobre, zinco, selênio e vitamina E também contribuem para os riscos de doenças digitais (Sagués et al., 1995).

Dentre os fatores individuais, Bicalho et al. (2009) sugerem que a condição corporal seja um fator de risco, visto que vacas com condição corporal baixa têm maior probabilidade de desenvolver problemas podais do que vacas com condição corporal mais elevadas (Espejo et al., 2006; Hoedemaker et al., 2008). Nicoletti (2003) estima que para cada 100 kg de aumento no peso corporal, há aumento de 1,9 vezes a chance de problemas clínicos de claudicação, além de ocorrer a deposição de adipócitos no coxín digital, diminuindo a capacidade de amortecimento nos cascos (Radostitis et al., 2007; Watson, 2007). Nicoletti (2003) considera a idade como fator de risco, uma vez que quanto maior for a idade do animal maior será a probabilidade de desenvolver problemas de cascos. A ordem de parto também influencia, dado que vacas com episódios de enfermidades digitais possuem três vezes mais chances de reincidências nas lactações seguintes (Watson, 2007).

1.2.1.3 Diagnóstico, prevenção e controle

De acordo com Laven et al. (2011), as patologias digitais são subdiagnosticadas, mas existem alguns critérios que colaboram para o diagnóstico. Dentre eles, deve-se conhecer o histórico clínico do animal, verificar a inexistência de sinais sistêmicos (Greenough, 1997), observar as vacas em locomoção e verificar presença ou não de claudicação, analisar o aspecto geral, saber se houve perda de peso (Watson, 2007) e analisar com regularidade os indicadores de higiene, verificando a quantidade de fezes nos membros (Zurbrigg et al., 2005).

A prevenção das enfermidades digitais vai além do controle dos fatores de risco já reportados. Duas medidas são indispensáveis para redução dos casos de claudicações e lesões digitais nas propriedades leiteiras: a utilização de pedilúvios auxilia, o controle dos processos infecciosos das afecções digitais, bem como a melhoria dos tecidos córneos. Sugere-se que sejam feitas três a cinco vezes na semana. Os produtos indicados são formalina 3-5%, sulfato de cobre 3-5%, sulfato de zinco 10% e tetraciclina 0,1% (Ferreira et al., 2005). Além disso, o aparato funcional dos cascos também é importante na prevenção. Smith et al. (2007) afirmam que existe relação entre a frequência do

corte das úngulas e diminuição das claudicações. Em seu estudo, os animais que realizaram o corte três vezes ao ano apresentavam 50% a menos de claudicações.

1.2.2 Morfometria

A morfometria teve seu início no final do século XIX, com os trabalhos de Francis Galton, W.F.R Weldon e Karl Person, os quais estudaram a variação na forma dos organismos através de correlações entre as medidas de distâncias em estruturas biológicas. Georges Teissier e R.A Fischer também colaboraram para os avanços na morfometria. O primeiro criou a análise de componentes principais, enquanto o segundo desenvolveu a análise da variância uni e multivariada, bem como a análise discriminante. Proposto por R. Blackith, o termo *morfometria* foi criado no ano de 1965 (Marcus et al., 1996; Monteiro & Reis, 1999).

Processos genéticos podem atuar na formação de novos padrões no corpo de muitos organismos. No entanto, outros fatores relacionados à variação fenotípica podem estar envolvidos, devido às variáveis ambientais que podem provocar alterações tanto no tamanho quanto na simetria corpórea de muitos organismos (Santos, 2016). Recentemente surgiram diversas metodologias para caracterizar a forma do corpo dos animais, dentre elas destacam-se a morfometria linear e a morfometria geométrica (Viana et al., 2006).

A morfometria linear é definida como um conjunto de métodos do campo da estatística multivariada, que utiliza medidas lineares, tais como larguras, comprimentos, ângulos e proporções calculadas ou tomadas a partir de estruturas ou partes de organismos (Rohlf & Marcus, 1993). Estuda a variação e covariação de medidas de distância, sejam estas entre pares de pontos anatomicamente homólogos, ou entre pontos de tangência ou extremos de estruturas (Moares, 2003).

Rohlf & Marcus (1993) e Monteiro & Reis (1999) definem a morfometria geométrica como um conjunto de técnicas de aquisição, processamento, análise e visualização que preservam a geometria do objeto, baseada na utilização de marcos anatômicos (*landmarks*), coordenadas cartesianas e métodos de sobreposição, com o propósito de analisar as variações da forma entre as espécimes, por meio da análise discriminante independente do tamanho (ADIT), que é realizada em conjuntos de dados morfométricos, do qual é retirada parte da informação relacionada ao tamanho, tratando

apenas da forma (Reis et al., 1990). O espaço de forma de Kendall induzido pelas coordenadas permite verificar as noções de distância (semelhança) entre formas ou do comprimento e direção de trajetórias evolutivas e desenvolvimento, resultante das técnicas estatísticas como análise de componentes principais e regressão multivariada que permite a visualização das formas reais ou deformações de forma (Mitteroecker & Gunz, 2009).

Segundo Breno et al. (2011), essa técnica quando comparada com a linear é considerada mais eficaz, já que caracteres morfométricos obtidos pela medição tradicional não consideram a variação alométrica ou as diferentes idades, portanto esses dados tendem a provocar erros de análise, sendo difíceis de interpretar, além de não representarem a real forma dos organismos (Bemvenuti & Rodrigues, 2002). Já a morfometria geométrica possibilita a visualização gráfica de maneira clara as diferenças na forma de determinadas estruturas, indicando com maior exatidão as regiões onde se concentram a sua variação (Camargo et al., 2008).

Por meio das análises multivariadas, é possível verificar a variabilidade genética, uma vez que esta avalia simultaneamente diversas medidas em um mesmo indivíduo, agrupando indivíduos semelhantes de acordo com determinadas características. Deste modo, cada grupo de variáveis representa um único componente, responsável pelas correlações analisadas (Muniz et al., 2014). Entre as análises, merecem destaque os métodos de agrupamentos, componentes principais (Fornel & Cordeiro-Estrela, 2012) e variáveis canônicas (Almeida et al., 2013).

Estudos utilizando as técnicas de morfometria vêm sendo empregados em diversas áreas. Mourão et al. (2010) avaliaram através da morfometria linear as medidas morfométricas de novilhos castrados Nelore, e F1 Nelore x Limousin terminados em confinamento. Silva et al. (2015) também utilizaram essa técnica na avaliação das características morfométricas dos dígitos de bovinos das raças Curraleira, Pantaneira e Nelore e de bubalinos da raça Murrah, para estabelecer possível relação entre tais medidas e a ocorrência de enfermidades digitais. A morfometria geométrica foi utilizada por Palma & Gurgel-Gonçalves (2007) no estudo com pegadas de pequenos mamíferos; por Camargo et al. (2008) na análise da variação morfológica em pegadas de roedores; e também por Parés-Casanova (2014) no estudo da avaliação morfométrica do crânio de diferentes raças de bovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUNÃ, R.; ALZA, D.H.; JUNQUEIRA, J.B.; NORDLUND, K.; RAMOS, J.M. **Cojeras del Bovino**. Editorial Inter-médica, Buenos Aires, 2004.

ALMEIDA, E.C.J.; CARNEIRO, P.L.S.; WENCESLAU, A.A.; FARIAS FILHO, R.V.; MALHADO, C.H.M. Características de carcaça de galinha naturalizada Peloco comparada a linhagens de frango caipira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1517-1523, 2013.

AMORY, J.R.; BARKER, Z.E.; WRIGHT, J.L. MASON, S.A.; BLOWAY, R.W.; GREEN, L.E. Associations between sole, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003- November 2004. **Preventive Veterinary Medicine**, v.83, p.381-391, 2008.

ARCHER, S.; BELL, N.; HUXLEY, J. Lameness in UK dairy cows: a review of the status. **In Practice**, v.32, p.492-504, 2010.

BEMVENUTI, M.A.; RODRIGUES, F.L. Análise comparativa entre técnicas morfométricas aplicadas a *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes) e *Odontesthes humensis* De Buen (Osteichthyes, Atherinopsidade). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.3, p.789-796, 2002.

BICALHO, R.C.; MACHADO, V.S. CAIXETA, L.S. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.3175-3184, 2009.

BRENO, M.; LEIRS, H.; VAN DONGEN, S. Traditional and geometric morphometrics for studying skull morphology during growth in *Mastomys natalensis* (Rodentia: Muridae). **Journal of Mammalogy**, vol. 92, no. 6, p. 1395-1406, 2011.

CAMARGO, N.F., GONÇALVES, R.G., PALMA, A.R.T. Variação morfológica de roedores arborícolas e cursoriais do Cerrado. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.25, n.4, p.696-704, 2008.

CRAMER, G.; LISSEMORE, K.D.; GUARD, C.L.; LESLIE, K.E.; KELTON, D.F. Herd- and cow- level prevalence of foot lesions in Ontario dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p.3888-3895, 2008.

DEMIRKAN, I.; MURRAY, R.D.; CARTER, S.D. Skin diseases of the bovine digit associated with lameness. **Veterinary Bulletin**, Fanhan Royal, v.70, n.2, p.149-171, 2000.

Gb

DIAS, S. Efeito das afecções de cascos sobre o comportamento no estro e desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. *In: Dias, s. et al. In:Tese de Doutorado da Universidade de São Paulo*, p. 21-45, 2004.

ESPEJO, L.A.; ENDRES, M.I.; SALFER, J.A. Prevalence of lameness in high producing Holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3052-3058, 2006.

FERREIRA, P. M.; CARVALHO, A. U.; FACURY FILHO, E. J.; FERREIRA, M. G.; FERREIRA, R. G. Afecções do sistema locomotor dos bovinos. **II Simpósio Mineiro de Buiatria**, 6 a 8 de outubro, Belo Horizonte, MG. Escola de Veterinária da UFMG, 2005.

FORNEL, R.; CORDEIRO-ESTRELA, P. Morfometria geométrica e a quantificação da forma dos organismos. *In: Jorge R. Marinho; Luiz U. Hepp; Rodrigo Fornel. (Org.). Temas em Biologia: Edição Comemorativa aos 20 anos do Curso de Ciências biológicas e aos 5 anos do PPG-Ecologia da URI Campus Erechim. 1 ed. Erechim, p. 101-120, 2012.*

GREENOUGH, P.R. **Bovine Laminitis and Lameness**. 1. Ed., Saunders Elsevier, 2007.

GREENOUGH, P.R. **Lameness in Cattle**, 3.Ed., W.B. Saunders, p. 119-129, 200-228, 1997.

GREENOUGH, P.R. **The Merck Veterinary Manual**, 8.Ed. Merk, p.781-801, 1998.

HINTERHOFER, C.; FERGUSON, J.C.; APPRICH, V.; HAIDER, H.; STANEK, C. Slatted floors and solid floors: stress and strain on the bovine hoof capsule analyzed in finite element analysis. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.1, p.155-162, 2006.

HOEDEMAKER, M.; PRANGE, D.; GUNDELACH, Y. Body condition change ante and postpartum, health and reproductive performance in German Holstein cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v.44, n.3, p. 167-173, 2009.

KEHLER, W.; GERWING, T. **Effects of functional claw trimming on pressure distribution under hind claws of German Holstein cows**. *In: Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia, 2004.*

LAVEN, R. The use of survival analysis to evaluate farmer recognition of lameness. *In: 16th Symposium and 8th Conference, Lameness in Ruminants, Lameness- A Global Perspective, Rotorua, New Zealand, 43, 2011.*

LAVEN, R.; LAWRENCE, K.E.; WESTON, J.F.; DOWSON, K.R.; STAFFORD, K.J. Assessment of the duration of the pain response associated with lameness in dairy cows, and the influence of treatment. **New Zealand Veterinary Journal**, v.56, n.5, p.210-217, 2008.

MACHADO, P.P.; PEREIRA, H.M.; SANTOS, H.P.; OLIVEIRA, R.A.; GUERRA, P.C.; TEIXEIRA, W.C. Prevalência e classificação de afecções podais em fêmeas bovinas destinadas a produção leiteira do município de Itapecuru Mirim- MA. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, N. 4, p. 777- 786, 2008.

MARCUS, L.F.; CORTI, M.; LOY, A.; NAYLOR, G.J.P.; SLICE, D.E. **Advances in Morphometrics**. NATO ASI series A: Life Sciences v. 284, Plenum Press, New York, 1996.

MEYER, S.; WEISHAUP, M.A.; NUSS, K. Gait patterns of heifers before and after claw trimming: a high-speed cinematographic study on a treadmill. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.670-676, 2007.

MITTEROECKER, P.; GUNZ, P. Advances in Geometric Morphometrics. **Evolutionary Biology**, v. 36, n.2, p.235-247, 2009.

MONTEIRO, L.R.; REIS, S.F. **Princípios de Morfometria Geométrica**. Holos, Ribeirão Preto. 1999.

MORAES, D.A. A morfometria geométrica e a “revolução na morfometria” localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. **Bioletim**, Ano III, n. 3. 2003.

MOURÃO, R.C.; RODRIGUES, V.C.; MOUSTACAS, V.S.; COSTA, D.P.B.; PINHEIRO, R.S.B.; FIGUEIREDO, M. Medidas morfométricas de novilhos castrados Nelore e F1 Nelore x Limousin. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.6, n.1, p. 27-32, 2010.

MULLING, C.K.W.; GREEN, L.; BARKER, Z.; SCAIFE, J.; AMORY, J.; SPEIJERS, M. Risk factors associated with foot lameness in dairy cattle and suggested approach for lameness reduction. **World Buiatrics Congress**. Nice, França, 2006.

MULLING, C.K.W.; GREENOUGH, P.R. Applied physiopathology of the foot. **World Buiatrics Congress**. Nice, França, 2006.

MUNIZ, N.F.M.; FERRAZ FILHO, P.B.; SILVA, L.O.C.; BELLO, A.B.S.; SOUZA, C.S. Divergência genética entre touros da raça Gir. **Ciência Animal Brasileira**, v.15, n.2, p.145-151, 2014.

MURALITHAS, M. Herd based diagnosis of SARA and disease investigation of the lameness at a New Zealand dairy farm in Sri Lanka in 16th Symposium and 8th Conference, **Lameness in Ruminants, Lameness - A Global Perspective**, Rotorua, New Zealand, 85, 2009.

NICOLETTI, J.L.M. Manual de podologia bovina. Brasil: Editora Manole, p.130, 2003.

NICOLETTI, J.L.M. **Manual de Podologia Bovina**. Ed. Manole, Brasil, 2004.

PALMA, A.R.T.; GURGEL-GONÇALVES. Morphometric identification of small mammal footprints from ink tracking tunnels in Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n.2, p.33-343, 2007.

PARES-CASANOVA, P.M. Avaliação morfométrica do crânio de diversas raças bovinas atuais: análise geométrica segundo seus perfis. **Ces. Medicina Veterinária y Zootecnia**, v.9, n.1, p.58-67, 2014.

RADOSTITIS, O.M.; GAY, C.G.; HINCHCLIFF, K.H.; CONSTABLE, P.D. **Veterinary Medicine**, 10 Ed. Saunders, p. 621-625, 1618-1699,2034-2035, 2037, 2007.

REIS, S.F., PESSOA, L.M., STRAUSS, R.E. Application of size-free canonical discriminant analysis to studies of geographical differentiation. **Revista Brasileira de Genética**. v.13, n.3, p.509-520, 1990.

ROHLF, F.J.; MARCUS, LF. A revolution in morphometrics. **Trends in Ecology and Evolution**, v.8, n.4, p. 129-132, 1993.

SAGUÉS, A.G. Control de Cojeras en el Ganado Vacuno de Leche. In: **Revista Bovis**. Ed. Luzan, Madrid, p.7-31, 1995.

SANTOS, E.B. Estrutura da Comunidade Culicidae (Insecta: Díptera) em área de Mata Atlântica do Paraná. 2016. 94 f. **Dissertação**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2016.

SCHMID, T.; WEISHAUPT, M.A.; MEYER, S.W. WALDERN, N.; PEINEN, K.V.; NUSS, K. High-speed cinematographic evaluation of claw- ground contact pattern of lactating cows. **The Veterinary Journal**, v.181, p.151-157, 2009.

SHEARER, J.K.; VAN AMSTEL, S.R. Effect of flooring and/or flooring surfaces on lameness disorders in dairy cattle. In: **WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE**, Reno, USA, Proceedings. NAHNS, 12 p. 2007.

SILVA, L.A.F.; FIORAVANTI, M.C.S.; TRINDADE, B.R.; SILVA, O.C.; EURIDES, D.; CUNHA, P.H.J.; SILVA, L.M.; MOURA, M.I. Enfermidades digitais em vacas de aptidão leiteira: associação com mastite clínica, metrites e aspectos epidemiológicos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.24, n.4, p.217-222, 2004.

SILVA. L.A.F.; CAMPOS, S.B.S.; RABELO, R.E.; VULCANI, V.A.S.; NORONHA FILHO.A.D.F.; FREITAS. S.L.R Análise comparativa da morfometria do casco de bovinos das raças Nelore, Curraleira e Pantaneira e de bubalinos e sua relação com a etiopatogenia das enfermidades digitais. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n.4, p. 377-384, 2015.

SILVEIRA, J.A.S.; ALBERNAZ, T.T.; OLIVEIRA, C.M.C; DUARTE, A.D.D.; BARBOSA, J.D. Afecções podais em vacas da bacia leiteiras de Rondon do Pará. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.29, n.11, p.905-909, 2009.

SMITH, B.I.; KRISTULA, M.A.; MARTIN, D. Effects of frequent functional foot trimming on the incidence of lameness in lactating dairy cattle. **The Bovine Practitioner**, v.41, p.137-145, 2007.

SOUZA, A.M.; TULIO, L.M.; GAI, V.F. Incidência de lesões podais em bovinos de aptidão leiteira na região oeste do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p.194-202, 2015.

THOMSEN, P.T.; KJELDTSEN, A.M.; SORENSEN, J.T.; HOUE, H. Mortality (including euthanasia) among Danish dairy cows (1990-2001). **Preventive Veterinary Medicine**, v.62, p. 19-33, 2004.

TOMASSELA, T.E.; FILHO, L.C.N.; AFFONSO, M.Z.; JUNIOR, F.B.; SILVA, L.C, OKANO, W. Prevalência e classificação de lesões podais em bovinos leiteiros na região de Belo Horizonte MG. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.8, n.1, p.115-128, 2014.

TOUSSAINT RAVEN, E. Cattle Footcare and Claw Trimming. **Farming Press**, Ipswich, UK, 1989.

TULIO, L.M. Estudo biométrico do casco bovino e bubalino. Avaliação de características anátomo-fisiológicas do casco sadio. **Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 97p, 2006.

VAN DER TOL, P.P.J.; METZ, J.H.; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; BACK, W.; BRAAM, C.R.; WEIJS, W.A. The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate, **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1476-1481, 2002.

VIANA, A. P., FRÉDOU, T., LUCENA, F. Aplicações de técnicas morfométricas no estudo da morfometria de pescada branca, *Plagioscion squamosissimus*, heckel (1940), perciformes, sciaenidae, desembarcada na ilha de mosqueiro – PA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia - UFMA**, v. 19, n.1, 2006.

WATSON, C. **Lameness in Cattle**, Ramsbury: Crowood Press, 9-62, 135, 161-166, 2007.

ZURBRIGG, K.; KELTON, D.; ANDERSON, N.; MILLMAN, S. Stall dimensions and the prevalence of lameness, injury, and cleanliness on 317 tie-stall dairy farms in Ontario. **The Canadian Journal**, v.46, n.10, p.902-909, 2005.

II OBJETIVO GERAL

Avaliar, por meio da morfometria tradicional e geométrica, os parâmetros digitais dos membros pélvicos para verificar diferenças na conformação através da existência de variações entre a forma e tamanho dos dígitos laterais e mediais de vacas leiteiras, relacioná-los à incidência de patologias podais, bem como associá-las à maior predisposição dos diferentes grupos genéticos (Holandês, Jersey, Jersolando e Pardo Suíço).

III- CAPÍTULO I

BIOMETRIA DE CASCOS E SUA RELAÇÃO COM ENFERMIDADES PODOAIS E PRODUÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

RESUMO

Objetivou-se verificar as diferenças de tamanho dos dígitos nos membros pélvicos direito e esquerdo de 169 vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos (Holandês, Jersey, Pardo Suíço e Jersolando), nas condições de lactantes e não lactantes, bem como associar sua relação com doenças podais. Foram capturadas imagens da vista plantar dos dígitos laterais e mediais e, posteriormente, foram mensurados o comprimento e a largura da sola e talão. Foi realizado inicialmente o descarte de variáveis e análise de fatores. Os fatores foram rotulados em função dos maiores coeficientes e utilizados para discriminar os grupos genéticos e associá-los aos índices de doenças podais e desempenho produtivo. Através do teste Qui quadrado, verificou-se que o maior acometimento ocorreu em vacas lactantes e nos dígitos do membro pélvico direito. Utilizando como variáveis o peso corporal, a longevidade produtiva, as doenças podais e os fatores gerados, constataram-se diferenças entre todos os grupos genéticos. Pela análise de agrupamento, verificou-se que o Jersey manteve-se isolado dos demais grupos genéticos por apresentar menores coeficientes para todas as variáveis; já os Holandês e Pardo Suíço foram os grupos que apresentaram as maiores medidas morfométricas dos dígitos, maior peso corporal, longevidade produtiva e maiores índices de doenças podais. Já o Jersolando apresentou valores intermediários entre os dois grupos que lhe deram origem. A susceptibilidade das patologias possui relação com a questão racial, estado lactacional, peso corporal e com os parâmetros morfométricos dos dígitos.

Palavras-chave: Análise multivariada, morfometria linear, longevidade produtiva, medidas do cascos, raças leiteiras.

BIOMETRY OF HOOVES AND ITS RELATIONSHIP WITH FOOT DISEASES AND DAIRY COW PRODUCTION

ABSTRACT

The objective of this study was to verify the differences in digits size in the right and left pelvic limbs of 169 dairy cows of different genetic groups (Holstein, Jersey, Swiss Brown and Jersolando), in infants and non-lactating conditions, as well as to associate their relation with diseases. Images were taken from the plantar view of the lateral and medial digits, and the length and width of the sole and bead were then measured. Variables discard and factor analysis were initially performed. Factors were labeled according to the highest coefficients and used to discriminate genetic groups and to associate them with indexes of foot diseases and productive performance. The Chi-square test showed that the major involvement occurred in lactating cows and in the digits of the right pelvic limb. Using as variables body weight, productive longevity, foot diseases and generated factors, differences among all genetic groups were observed. From the grouping analysis, it was verified that the Jersey remained isolated from the other genetic groups because it presented lower coefficients for all variables, whereas the Holstein and Swiss Brown were the groups that presented the highest morphometric measures of the digits, higher body weight, productive longevity and higher rates of foot diseases. The Jersolando presented intermediate values between the two groups that originated this race. The susceptibility of the pathologies has relation with the race, lactational stage, body weight and with the morphometric parameters of the digits.

Key words: multivariate analysis, linear morphometry, productive longevity, hoof measurements, milk breeds.

INTRODUÇÃO

A produção de leite vem aumentando gradativamente nos últimos anos, sendo que parte desse aumento pode ser atribuída à seleção e ao melhoramento genético (De Vliegher et al., 2012). Todavia, o componente genético responsável pelo aumento da produção leiteira possui correlação positiva com a incidência de claudicações, mastite, doenças reprodutivas e desordens metabólicas (Algers et al., 2009).

As enfermidades do sistema locomotor pertencem a um dos grupos de maior impacto econômico no setor da produção leiteira (Laven et al., 2008), sendo considerada a terceira doença mais importante (Radostis et al., 2007). Uma vez instalada a dor, resultante de problemas podais, os animais podem apresentar dificuldade na locomoção, diminuição na ingestão de alimentos, perda de peso, condição corporal debilitada, o que repercute negativamente na performance reprodutiva e na produção leiteira (Watson, 2007; Laven et al., 2008). As claudicações decorrentes das patologias podais podem atingir até 70% do rebanho (Rouha-Mülleder et al., 2009). Assim, a integridade dos dígitos é de grande relevância na produtividade leiteira, visto que as claudicações levam a perdas de até 20% na produção de leite/lactação, além de desencadear maior incidência de mastite, descarte, gerando perdas econômicas e, nos casos graves, óbito do animal (Ferreira et al., 2005).

Assim, o estudo da conformação dos cascos em diferentes raças é de grande importância clínica, pois alterações na morfometria digital podem contribuir para epidemiologia das lesões nos dígitos, além de estar diretamente relacionada a longevidade e produção em bovinos de aptidão leiteira (Serra et al., 2017). Apesar de existir estudos em bovinos de corte, relacionando variações na biometria dos cascos com a resistência a doenças podais (Lima et al., 2013; Silva et al., 2015), ainda são escassos em bovinos de leite. Portanto, encontrar soluções práticas e econômicas a serem utilizadas pelos produtores, a exemplo da associação morfométrica de cascos com problemas podais, pode ser interessante. Objetivou-se avaliar a biometria de cascos e sua relação com a susceptibilidade de enfermidades podais e produção de vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos.

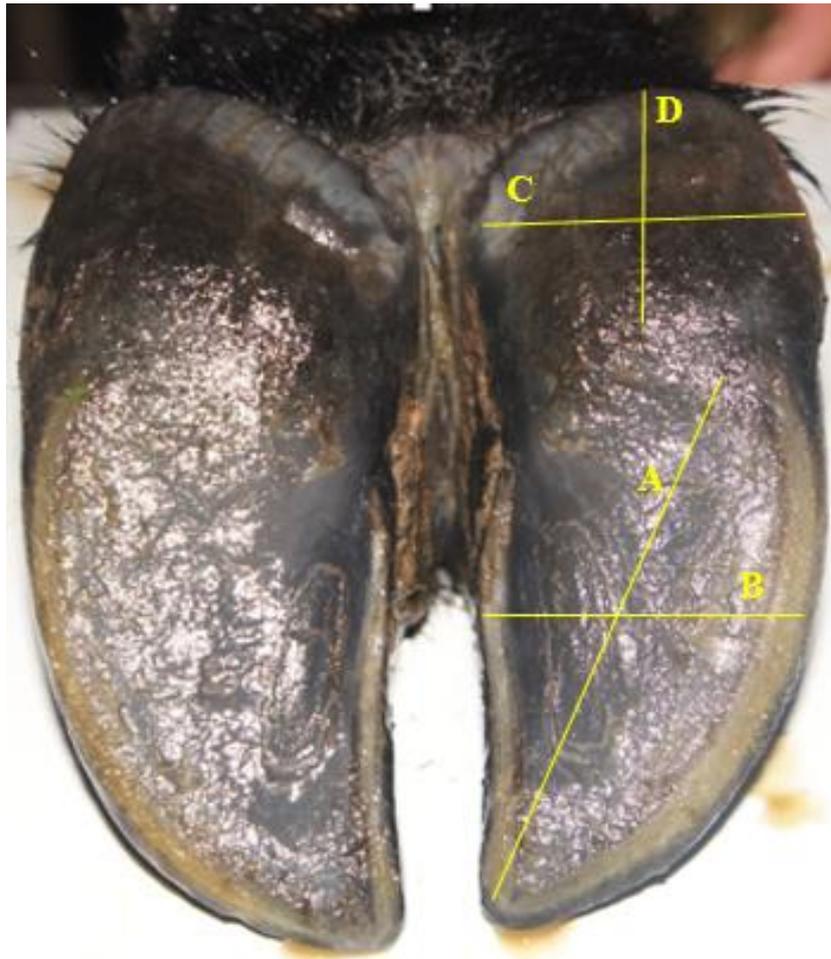
MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 169 fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira, subdivididas em quatro grupos genéticos: Holandês (n=51), Jersey (n=51), Pardo Suíço (n=48) e Jersolando (n=19). As vacas de raças Holandesa e Jersey foram procedentes do município de União da Vitória- PR; as Pardo Suíço de Arapoti- PR; e as cruzadas Jersolando (3/4 Holandês e 1/4 Jersey) de Lages-SC. Os três primeiros grupos genéticos foram criados em sistema totalmente confinado, e os animais cruzados eram suplementados, porém tinham acesso ao pasto. Havia vacas lactantes e secas, com ordem de parto de até sete crias. A coleta de dados dos grupos Holandês e Jersey foi realizada em outubro de 2015, e dos Pardo Suíço e Jersolando em setembro de 2016. Todos os animais utilizados possuíam registro em associações, e controle leiteiro realizado mensalmente por técnico responsável.

Com os animais mantidos em posição quadrupedal em tronco para podologia bovina, fez-se a coleta de imagens utilizando câmera fotográfica digital. Foram capturadas imagens da vista plantar dos dígitos laterais e mediais dos membros pélvicos direito e esquerdo de cada animal, totalizando 676 dígitos. Para padronização e identificação das fotos, foi colocada uma placa de madeira branca como pano de fundo com etiqueta contendo o número do brinco da vaca, indicativo da lateralidade do membro, e fita métrica para obtenção da escala e posterior obtenção das medidas.

As imagens foram convertidas do formato original (JPEG) para o formato TPS por meio do *software* tpsUtil (Rohlf, 2006). Em seguida, utilizando o *software* TPSDig2 (Rohlf, 2006), obteve-se as medidas gerais dos dígitos: comprimento do talão do dígito lateral do membro direito (CTDLMD), largura do talão do dígito lateral do membro direito (LTDLMD), comprimento da sola do dígito lateral do membro direito (CSDLMD), largura da sola do dígito lateral do membro direito (LSDLMD), ângulo do dígito lateral do membro direito (ADLMD), comprimento do talão do dígito medial do membro direito (CTDMMD), largura do talão do dígito medial do membro direito (LTMMD), comprimento da sola do dígito medial do membro direito (CSDMMD), largura da sola do dígito medial do membro direito (LSDMMD), ângulo do dígito medial do membro direito (ADMMD), comprimento do talão do dígito medial do

membro esquerdo (CTDMME), largura do talão do dígito medial do membro esquerdo (LTDMMME), comprimento de sola do dígito medial do membro esquerdo (CSDMMME), largura da sola do dígito medial do membro esquerdo (LSDMMME), comprimento do talão do dígito lateral do membro esquerdo (CTDLME); largura do dígito lateral do membro esquerdo (LTDLME), comprimento de sola do dígito lateral do membro esquerdo (CSDLME) e largura de sola do dígito lateral do membro esquerdo (LSDLME) (Figura 1).



Fonte: Arquivo pessoal. A: Comprimento da sola; B: Largura da sola; C: largura do talão; D: Comprimento do talão.

Figura 1. Fotografia da vista plantar do dígito bovino do membro pélvico esquerdo com as linhas indicando os locais onde foram mensurados os comprimentos e larguras da sola e talão.

Determinou-se a ocorrência de enfermidades podais por meio da anamnese, observação *in loco* e através das fotos, classificando-as em: 1. Úlcera de sola (US); 2. Úlcera de pinça (UP); 3. Erosão de talão (ET); 4. Dermatite digital (DD); 5. Dermatite interdigital (DI); 6. Doença da linha branca (DLB); 7. Sola dupla (SD); 8. Podridão do

casco (PDC); 9. Hemorragia de sola (HS); 10. Deformação do estojo córneo (DEC); 11. Fissura horizontal em sola (FHS); 12. Fissura Horizontal em talão (FHT); 13. Abscessos subsolares (ABS); e 14. Flegmão interdigital (FLI). A classificação das lesões podais foi tabulada em planilhas do programa Microsoft Office Excel e montou-se uma tabela com o percentual de incidência por raça das doenças mais frequentes (US, ET, DLB, DD, PDC, HS, ABS, SD e FHS). Os totais de enfermidades podais foram comparados entre lactantes e não lactantes, acometimento por membro e grupos genéticos pelo teste Qui quadrado, via o *software* BioEstat versão 5.0 (Ayres et al., 2007).

Avaliou-se somente o efeito de grupo genético, uma vez que em análises prévias, via Proc Glm, utilizando o *software* SAS (2013), não foi observado efeito significativo do número de lactações e da interação desta com o grupo genético.

Com o uso do *software* SAS (2013), foi realizado o descarte de variáveis pelo método de regressão, a partir da variável dependente que obteve o maior o coeficiente de variação entre os grupos genéticos. Posteriormente, realizou-se a análise fatorial por meio do procedimento Proc Factor com base nas variáveis selecionadas. Os fatores que explicaram a maior parte da variação entre os tratamentos foram rotulados conforme os maiores coeficientes da seguinte forma: “tamanho do dígito medial membro direito” (TDMMD); “tamanho do dígito medial membro esquerdo” (TDMME); “tamanho do dígito lateral membro direito” (TDLMD) e “tamanho do dígito lateral membro esquerdo” (TDLME), e utilizados como novas variáveis, nas quais testou-se hipótese de igualdade dos grupos genéticos via ANOVA, seguido do teste de *Tukey* a 5% de significância.

Adicionalmente, com o auxílio do *software* PAST (Hammer et al., 2013), realizou-se MANOVA seguido do teste de *Hotelling's* a 5% de significância, objetivando verificar hipótese de igualdade entre os grupos genéticos, considerando simultaneamente os fatores. Gerou-se um gráfico *Heatmap*, utilizando distância euclidiana e agrupamento pelo método da ligação completa via *software* R. Nessa análise, verifica-se a distância entre os grupos genéticos e sua relação com as variáveis peso (PESO) (peso vivo estimado com fita específica por raça de gado de leite), longevidade produtiva (LONGP) (soma da produção de leite até 305 dias acumulada durante as lactações), doenças (DP) e os fatores (TDMMD, TDMME, TDLMD, TDLME). Utilizou-se *bootstrap* com 10.000 permutações para avaliar a consistência do dendrograma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De um total de 169 vacas avaliadas, foram identificadas 370 lesões podais. O maior acometimento ocorreu nos dígitos do membro pélvico direito (56%), quando comparados ao esquerdo (44%) ($p < 0,05$). Romani et al. (2004) também verificaram maior ocorrência no membro direito em fêmeas bovinas de aptidão leiteira. Isso pode estar relacionado com a diminuição da circulação, já que bovinos em repouso esternal exercem maior pressão sobre esse membro (Borges et al., 1992). Entretanto, em alguns casos pode haver maior prevalência no membro posterior esquerdo, como relatado por Tomassela et al. (2014).

Quando comparou a incidência das enfermidades podais em vacas lactantes (76%) e não lactantes (24%) e nos diferentes grupos genéticos (Holandês 39%; Jersey 8%; Pardo Suíço 41% e Jersolando 12%), verificou-se diferença significativa quanto ao acometimento ($P < 0,0001$). Os animais lactantes e de grupos genéticos de maior peso corporal foram os mais afetados. De acordo com Albuquerque et al. (2009), o fato de os animais estarem submetidos a caminhadas diárias, sobre pisos abrasivos nos confinamentos até a sala da ordenha, colabora com o desgaste dos cascos, acarretando no aumento dos índices das doenças. A pressão suportada pelo casco atinge valores elevados durante a locomoção sobre esse tipo de piso e, além disso, o suporte do peso corporal pode ser transferido da parede para a sola ou talão, sendo um indicador para o desenvolvimento de problemas podais (Van Der Tol et al., 2003). Isso ficou bem claro, dado que as lesões mais frequentes ocorreram nas regiões de sola e talão (Tabela 1).

Tabela 1. Número de acometimento por enfermidade digital por grupo genético dos dígitos dos membros pélvicos direito e esquerdo.

| Lactantes | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----------------------|
| Raça | US | UP | ET | DLB | DD | PDS | HS | AB | SD | Total AC | Peso (Kg) |
| Holandesa | | | | | | | | | | | |
| MPD | 19 | 2 | 11 | 11 | 13 | 2 | 0 | 0 | 5 | 63 | |
| MPE | 17 | 3 | 15 | 4 | 8 | 1 | 0 | 0 | 1 | 49 | 668,6 |

| Jersey | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------------|
| MPD | 4 | 2 | 1 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 14 | 435,2 |
| MPE | 6 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | |
| Jersolanda | | | | | | | | | | | |
| MPD | 8 | 2 | 6 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 533,8 |
| MPE | 6 | 0 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | |
| Pardo Suíça | | | | | | | | | | | |
| MPD | 14 | 1 | 12 | 10 | 1 | 12 | 4 | 3 | 1 | 58 | 604,9 |
| MPE | 9 | 2 | 16 | 8 | - | 8 | 2 | 4 | 2 | 51 | |
| Não Lactantes | | | | | | | | | | | |
| Raça | US | UP | ET | DLB | DD | PDS | HS | AB | SD | Total AC | PESO (Kg) |
| Holandesa | | | | | | | | | | | |
| MPD | 5 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 18 | 530,5 |
| MPE | 8 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 15 | |
| Jersey | | | | | | | | | | | |
| MPD | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 375,6 |
| MPE | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| Jersolanda | | | | | | | | | | | |
| MPD | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | 478,6 |
| MPE | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| Pardo Suíça | | | | | | | | | | | |
| MPD | 0 | 0 | 5 | 8 | 0 | 4 | 0 | 1 | 5 | 23 | 649,8 |
| MPE | 2 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 1 | 1 | 3 | 19 | |

MPD = membro pélvico direito; MPE = membro pélvico esquerdo; US = Úlcera de sola; UP = Úlcera de pinça; ET = Erosão de talão; DLB = Doença da linha branca; DD = Dermatite digital; PDS = Pododermatite séptica; HS = Hemorragia de sola; AB = Abscesso subsolar; SD = Sola dupla; Total AC = total do acometimento das enfermidades dos dígitos por membro.

No início da lactação, a vaca se encontra em balanço energético negativo em função da maior necessidade de energia para produção do leite (Eustáquio Filho et al., 2010), e associado a isso ocorre aumento do estresse e, conseqüentemente, diminuição da imunidade (Walsh et al., 2011). Logo, vacas com reservas corporais reduzidas tornam-se mais suscetíveis a problemas de casco (Schöpke et al., 2013).

Através da seleção de variáveis, foram mantidos o comprimento do talão do dígito lateral do membro direito (CTDLMD), largura do talão do dígito medial do membro direito (LTDMMMD), comprimento da sola do dígito medial do membro direito (CSDMMMD), comprimento do talão do dígito medial do membro esquerdo (CTDMME), largura do talão do dígito medial do membro esquerdo (LTDMMME) e comprimento da sola do dígito lateral do membro esquerdo (CSDLME). A seleção de variáveis é recomendada para o descarte de variáveis redundantes e invariantes (Cruz & Regazzi, 1997).

Por meio da análise de fatores, verificou-se que os valores das comunalidades para as medidas de cascos foram altas (Tabela 2). De acordo com Schawb (2007), as comunalidades representam a proporção da variância para cada variável incluída na análise, que é explicada pelos componentes extraídos. Foi possível a identificação de quatro fatores com acúmulo de 82% de explicação, os quais foram nomeados da seguinte forma: tamanho do dígito medial do membro direito (TDMMD), tamanho do dígito medial do membro esquerdo (TDMME), tamanho do dígito lateral do membro direito (TDLMD) e tamanho do dígito lateral do membro esquerdo (TDLME).

Tabela 2. Pesos fatoriais e comunalidades (C) das medidas dos cascos de fêmeas bovinas leiteiras.

| Medida | C | Fatores dos cascos | | | |
|---------|------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | TDMMD | TDMME | TDLMD | TDLME |
| CTDLMD | 0,99 | 0,01 | 0,0008 | 0,97 | 0,02 |
| LTDMMMD | 0,99 | 0,95 | 0,13 | 0,06 | 0,05 |
| CSDMMMD | 0,99 | 0,91 | 0,05 | -0,04 | 0,21 |
| CTDMME | 0,99 | 0,07 | 0,37 | 0,28 | 0,08 |
| LTDMMME | 0,99 | 0,14 | 0,92 | -0,007 | 0,14 |
| CSDLME | 0,99 | 0,16 | 0,12 | 0,03 | 0,97 |
| AC % | | 30,03 | 17,44 | 17,44 | 17,11 |

TDMMD: Tamanho dígito medial membro direito; TDMME: Tamanho dígito medial membro esquerdo; TDLMD: Tamanho dígito lateral do membro direito; TDLME: Tamanho do dígito lateral do membro esquerdo; C:comunalidade; CTDLMD: comprimento do talão do dígito lateral do membro direito; LTDMMMD: largura do talão do dígito medial do membro direito; CSDMMMD: comprimento da sola do dígito medial do membro direito; CTDMME: comprimento do talão do dígito medial do membro esquerdo; LTDMMME: largura do talão do dígito medial do membro esquerdo; CSDLME: comprimento da sola do dígito lateral do membro esquerdo; AC%: acúmulo da porcentagem de explicação dos fatores; destacados em negrito: maiores pesos fatoriais.

Os fatores rotulados indicam maiores tamanhos de sola e talão, medidas que em conjunto formam toda a área plantar do dígito, estando associados aos animais de maior porte e que apresentaram maiores índices de doenças podais. Nota-se que os fatores TDLMD e TDLME apresentaram maiores pesos fatoriais para as características de comprimento de talão e sola, respectivamente. No estudo das medidas das dimensões dos dígitos de vacas da raça Simental, Nuss & Paulus (2006) verificaram que o comprimento médio do talão do dígito lateral foi significativamente maior que o medial. Observaram também que vacas mais velhas apresentavam talões mais curtos para os dígitos mediais e maior largura de ambos os dígitos. Entretanto, a largura média e os comprimentos diagonais de sola foram maiores para os dígitos laterais. Uma possível razão para justificar isso, segundo Toussaint Raven, (1989) e Van Amstel et al. (2004), é que a camada de tecido mole subsolar do dígito lateral sofra hipertrofia devido ao aumento de peso.

Outro fato que também pode estar associado ao maior comprimento dos dígitos laterais, de acordo com Nacambo et al. (2004), são as medidas dos ossos do metatarsais, os quais o cômulo lateral é maior que o medial em bezerros. Toussaint Raven, (1989) sugerem que essa diferença de comprimento entre os dígitos eleve a frequência de úlcera de sola, o que pode justificar os achados deste estudo, em que a úlcera de sola foi a enfermidade de maior ocorrência (Tabela 1), além de apresentar pesos fatoriais elevados para características de tamanho do dígito lateral (Tabela 2).

Verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos genéticos para os fatores (Tabela 3). Nota-se que no primeiro e quarto fatores (TDMMD e TDLME), os Holandês e Pardo Suíço tiveram maiores médias e diferiram dos Jersey e Jersolando. Já para o segundo fator (TDMME), os grupos genéticos que apresentaram maiores médias foram Holandês e Jersolando e, para o terceiro fator (TDLMD), o Holandês diferiu dos demais grupos genéticos, apresentando maiores valores.

Tabela 3. ANOVA dos fatores das medidas dos cascos mensuradas nos grupos genéticos Holandês, Jersey, Pardo Suíço e Jersolando.

| Fatores das medidas de cascos | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Grupo Genético | TDMMD | TDMME | TDLMD | TDLME |
| | | | | |

| | | | | |
|-------------|---------|---------|--------|---------|
| Holandesa | 22,87 A | 12,41A | 6,42A | 19,02 A |
| Jersey | 19,68BC | 10,58B | 5,66B | 16,66 C |
| Jersolando | 20,94BC | 11,55AB | 4,84CD | 16,83BC |
| Pardo Suíça | 22,63AB | 11,09B | 4,27D | 18,39AB |

TDMMD: Tamanho dígito medial membro direito; TDMME: tamanho dígito medial membro esquerdo; TDLMD: tamanho dígito lateral membro direito; TDLME: tamanho dígito lateral membro esquerdo.

De modo geral, os Holandês e Pardo Suíço apresentaram as maiores médias para a maioria dos fatores, para peso e doenças podais em relação aos demais grupos genéticos. Isso mostra que esses animais sofrem a influência do peso corporal e do tamanho dos dígitos. Tadich et al. (2010) afirmam que dígitos maiores apresentam maior pressão, decorrente da maior área de contato com o solo. De acordo com Lima et al. (2013), o peso, idade e raça podem interferir nas dimensões dos cascos, uma vez que verificaram grande diversidade nos parâmetros morfométricos em diferentes regiões dos cascos dos dígitos de bovinos nelorados, podendo resultar na conformação anormal, associada à susceptibilidade dos cascos a diversas enfermidades, além de estar relacionada com a patogenia das claudicações podais (Toussaint Raven et al., 2003; Silva et al., 2015).

As diferenças de tamanho e comprimento nos dígitos podem levar à sobrecarga especialmente em superfícies duras, além de estarem predispostos a sofrer deformações (Nuss & Paulus, 2006; Serra et al., 2017). A assimetria acentuada para os dígitos do membro pélvico pode ser uma das causas que justifique a maior incidência de lesões podais (Muggli et al., 2011).

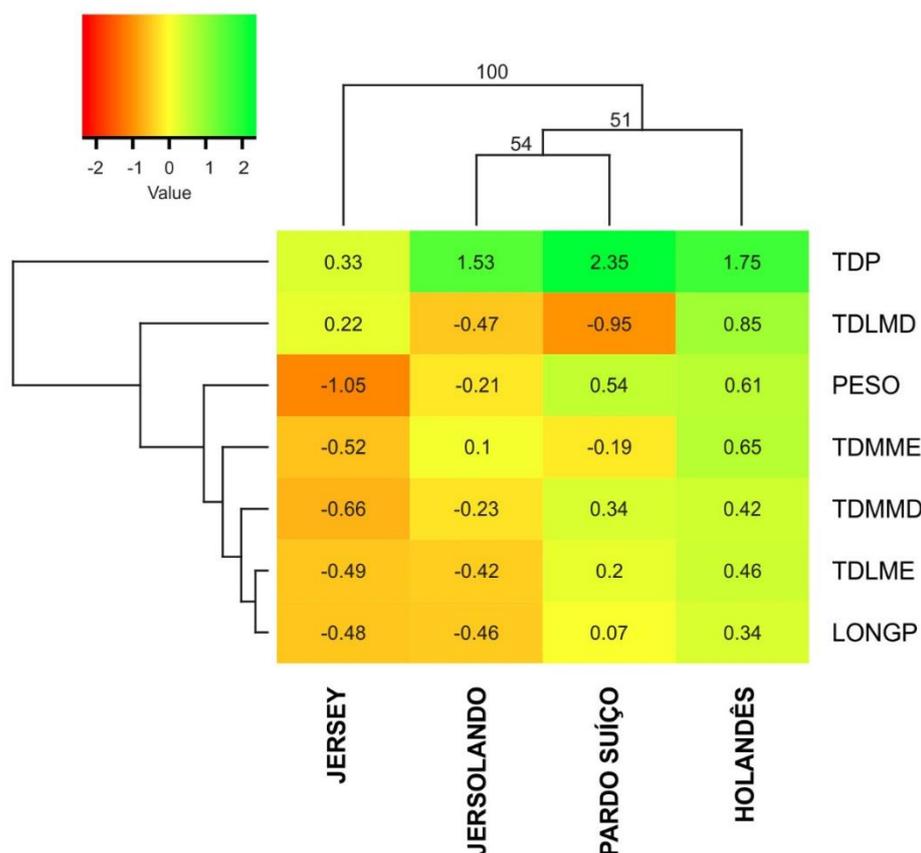
Verificou-se que todos os grupos genéticos diferiram ($p < 0,001$) pelos testes de *Wilk's Lambda* e *Pillai's Trace*. Ao se comparar os grupos genéticos par a par pelo teste de *Hotelling's*, também observaram-se diferenças significativas entre todos os

grupos genéticos ($p < 0,001$). Embora nas análises univariadas tenham se notado que alguns grupos genéticos não diferiram para alguns fatores, quando se considerou os fatores para tamanho dos dígitos e variáveis tais como peso, TDP e LONGP, todos os grupos avaliados diferiram.

Variações quanto à produtividade leiteira estão associadas a diferenças nas raças utilizadas nos sistemas de produção, bem como a boas condições ambientais e de manejo. Isso permite que raças puras como Holandesa e Jersey, sob sistemas intensivos e semi-intensivos, expressem seu potencial genético, obtendo índices produtivos satisfatórios (McManus et al., 2008).

A raça Holandesa passou por vários processos de seleção e tornou-se mais produtiva dentre as raças bovinas, atingindo médias de produção de até 10.000 kg/lactação (Freitas et al., 2010). Souza et al. (2010) observaram que vacas Holandesas apresentaram maiores médias de produção/dia, associadas também a maior longevidade produtiva. A raça Jersey, de porte muito menor que a Holandesa, é considerada a segunda raça leiteira mais importante, apresentando médias de produção de 5.500 kg/lactação (Freitas et al., 2010). O Jersolando utilizado no estudo apresenta $\frac{3}{4}$ dos genes de origem Holandesa, com porte e longevidade produtiva intermédia entre as duas raças que lhe deram origem. Thaler Neto et al. (2013), comparando o desempenho produtivo Jersolando com o Holandês, verificaram que vacas mestiças apresentaram menor produtividade, 543kg a menos por lactação. Vacas Pardo-Suíça suportam mais calor que as Holandesas, sendo capazes de obter altas produções leiteiras quando submetidas a condições ambientais adequadas (Laloni et al., 2004), além de se destacarem com produtividade razoável quando expostas a condições climáticas desfavoráveis (Silva et al., 2000). Brcko et al. (2010) verificaram produtividade de 5.373 kg/leite/lactação para essa raça.

O Holândes, Pardo Suíço e Jersolando compuseram um mesmo grupo e Jersey ficou isolado, levando em consideração o ponto de corte em função dos valores de *bootstrap* (Figura 2). De modo geral, Holandês e Pardo Suíço apresentaram os maiores valores de coeficientes para os fatores, para longevidade produtiva, peso e total de doenças podais. O Jersolando apresentou valores medianos para essas variáveis, enquanto o Jersey os menores coeficientes para todos os fatores e variáveis, fato que levou a sua alocação em um grupo a parte.



TDMMD: Tamanho dígito medial membro direito; TDMME: Tamanho dígito medial membro esquerdo; TDLMD: Tamanho dígito lateral do membro direito; TDLME: Tamanho do dígito lateral do membro esquerdo; TDP: Total de doença podal; LONGP: Longevidade produtiva.

Figura 2. *Heatmap* com base nos fatores e nas variáveis de longevidade produtiva, peso e total de doenças podais nos grupos genéticos Holandês, Jersey, Pardo Suíço e Jersolando.

Observou-se que o Holandês foi o único grupo que apresentou coeficientes positivos para todos os fatores e variáveis, sendo o grupo com os maiores tamanhos de dígitos, de LONGP e PESO. Adicionalmente, está entre os grupos com maiores índices de doenças podais (TDP), seguido pelo Pardo Suíço. Isso pode ter relação direta com o alto coeficiente de doenças podais, uma vez que Greenough (2007) reporta que a maior largura tanto para o dígito medial quanto para o dígito lateral podem ser indesejáveis para animais criados em pisos duros e abrasivos. Também, a biomecânica do apoio do peso do animal em seus membros posteriores, associados ao ambiente e à conformação de aprumos é considerada um fator predisponente as doenças podais (Atkins, 2009).

O grupo Jersolando apresentou, de forma geral, valores negativos para os coeficientes dos fatores que representam os tamanhos dos dígitos e para as variáveis de LONGP e PESO, quando comparados aos Holandês e Pardo Suíço. Quanto aos coeficientes para as doenças podais (TDP), nota-se que obtiveram valores inferiores aos dos grupos citados anteriormente, porém positivos para o TDP. Esse fato pode estar associado a maior proximidade genética com Holandês (3/4), visto que esse grupo possui maior pré-disposição a doenças podais.

Segundo Telezhenko et al. (2008), o tipo de piso ocasiona diferenças morfométricas nos cascos dos bovinos, uma vez que a área de contato influencia na distribuição de força e pressão, elevando o desgaste dos cascos por consequência do atrito. Dessa maneira, pode-se inferir que o grupo Jersolando, por ter apresentado menores índices de TDP quando comparados aos Holandeses e Pardo Suíço, pode estar relacionado ao fato de ser o único grupo com acesso ao pasto, visto que esse tipo de terreno é o mais próximo ao ambiente natural dos bovinos, proporcionando menores desgastes em seus cascos (Tranter & Morris, 1992).

De forma geral, o Jersey apresentou os menores coeficientes para os fatores relacionados a tamanho de dígitos, LONGP, PESO e TDP (Figura 2). Esses resultados podem ser explicados devido ao seu menor peso, o que tem relação direta com os menores índices de problemas podais, visto que esse grupo genético apresentou o menor coeficiente para TDP. De acordo com Dias (2003), animais mais leves sofrem menos desgaste dos cascos nas instalações. Esses animais apresentaram menor longevidade produtiva (LONGP) em relação aos demais grupos genéticos. Entretanto, destacam-se por sua eficiência em produção de leite, em função dos menores custos com sua manutenção. Capper & Cady (2012) verificaram decréscimo do consumo total de comida, reduções substanciais no uso da terra e da água, na quantidade de dejetos e na liberação de gases de efeito estufa de vacas Jersey, em comparação com as Holandesas.

Existe relação entre a morfometria dos dígitos e doenças podais, associadas ao maior peso e produtividade, acentuando os índices de patologias dos cascos. Segundo Mauchle et al. (2011), a relação entre predisposição a afecções podais e conformação indica necessidade de seleção genética baseada nas medidas conformacionais dos cascos para reduzir as ocorrências de doenças podais. Ressalta-se que programas de melhoramento genético fazem uso de dados da conformação de cascos como critério de

seleção, com o intuito de minimizar a ocorrência de claudicações e, conseqüentemente, melhorar a longevidade e produtividade (Vermunt & Greenough 1995).

CONCLUSÕES

- A susceptibilidade das patologias podais em fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira possui relação com a questão racial, estado lactacional, sendo as lactantes mais acometidas e com os parâmetros morfométricos dos dígitos;

- Dígitos do membro pélvico direito apresentam maior incidência de doenças, e as diferenças entre os grupos genéticos são evidenciadas pelo tamanho dos dígitos, peso e longevidade produtiva, sendo que os maiores valores para essas características estão associadas aos maiores índices de doenças podais;

- Dentre os quatro grupos genéticos avaliados, o Holandês e Pardo Suíço são os grupos genéticos mais susceptíveis às patologias podais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P.I.; XIMENES, F.H.B.; MOSCARDINI, A.C.R.; GOUVÊA, L.V.; MOTA, A.L.A.A.; GODOY, R.F.; BORGES, J.R.J. Caracterização das afecções podais em rebanho de gado Holandês confinado. **Ciência Animal Brasileira**. Suplemento 1, p.46-52. 2009.

ATKINS, G. The importance of genetic selection in dairy cows for reducing lameness and improving longevity. CanWest Veterinary Conference. **Anais da CanWest Veterinary Conference**. 1-16, 2009.

AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L., SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas biológicas e médicas. Belém: MCT; IDSM; CNPq, 2007.

BORGES, J.R.J., PITOMBO, C.A., SANTIAGO, S.S., RIBEIRO, P.N., ROCONI, M.A. Incidência de afecções podais em bovinos leiteiros submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Arquivos da Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal da Bahia**, v.15, n.1, p. 34-42, 1992.

BRCKO, C.C., ARAÚJO, C.V. ARAÚJO, S.I., RENNÓ, F.P., MARCONDES, C.R. Estimação de parâmetros genéticos da produção leiteira e idade ao primeiro parto de vacas Pardo Suíças por meio de inferência bayesiana. **Revista Ciências Agrárias**. V.1, n.53, p.59-63, 2010.

CAPPER, J.L.; CADY, R.A. A comparison of the environmental impact of Jersey compared with Holstein milk for cheese production. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.1, p. 165-176, 2012.

DE VliegHER, S., FOX, L.K., PIEPERS, S., MCDougALL, S., BARKEMA, H.W. Invited review: Mastitis in dairy heifers: nature of the disease, potential impact, prevention, and control. **Journal of dairy science**, v.95, n.3, p. 1025-1040, 2012.

DIAS, R.O.S. Conceitos e aplicações práticas fundamentais para saúde do Casco. **I Simpósio de Bovinocultura de leite – Núcleo Oeste Ltda**. Chapecó, Santa Catarina, set. 2003.

DIAS, R.O.S.; MARQUES JUNIOR, A.P. **Atlas- Casco em bovinos**. 2.ed. São Paulo, v.1, p.67, 2003.

EUSTÁQUIO FILHO, A., FARIAS, M.S., SANTOS, P.E.F., SILVA, M.W.R. Balanço energético negativo. **PUBVET**, ed. 116, v.4, n.11, art.785, 2010.

FERREIRA, P. M.; CARVALHO, A. U.; FACURY FILHO, E. J.; FERREIRA, M. G.; FERREIRA, R. G. Afecções do sistema locomotor dos bovinos. **II Simpósio Mineiro**

de Buiatria, 6 a 8 de outubro, Belo Horizonte, MG. Escola de Veterinária da UFMG, 2005.

FREITAS, A.F.; PEREIRA, M.C.; PEIXOTO, M.G.C.D. Melhoramento Genético. In: Manual de Bovinocultura de leite. 1.ed. Brasília: LK Editora, cap.2, p.49-84, 2010.

GREENOUGH, P.R. **Bovine Laminitis and Lameness** – A hands-on Approach. Saunders Elsevier, Philadelphia, 311p. 2007.

LALONI, L.A., NAAS, I.A., MACARI, M., PEREIRA, D.F., PINHEIRO, M.G. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.246-254, 2004.

LAVEN, R., LAWRENCE, K.E. WESTON, J.F., DOWSON, K.R., STAFFORD, K.J. Assessment of duration of the pains response associated with lameness I dairy cows, and the influence of treatment. **New Zealand Veterinary Journal**, v.56, n.5, p.210-217, 2008.

LIMA, E.M.M., BORGES, J.R.J., LIMA, F.B., SILVA, F.O.C., LEONARDO, A.S., BARRETO-VIANNA, A.R.C. Morfometria do casco de bovinos nelorados em diferentes sistemas de criação. **Bioscience Journal** v.29, n.2, p. 412-418, 2013.

LIMA, E.M.M., BORGES, J.R.J., LIMA, F.B., SILVA, F.O.C., LEONARDO, A.S., BARRETO-VIANNA, A.R.C. Morfometria do casco de bovinos nelorados em diferentes sistemas de criação. **Bioscience Journal**, v.29, n.2, p. 412-418, 2013.

MAUCHLE, U.; ALZAMORA FILHO, F.; FACURY FILHO, E.J. Avaliação da conformação dos cascos dos bovinos mestiços. **A hora veterinária**. 180: p. 15-18, 2011.

MCMANUS, C., LOUVANDINI, H., FALCÃO, R.A., GARCIA, J.A.S., SAUERESSIG, M.G. Parâmetros para gado Holandês em confinamento total no centro-oeste do Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.9, n.2, p.272, 283, 2008.

MUGGLI, E., SAUTER-LOUIS, C., BRAUN, U., NUSS, K. Length asymmetry of the bovine digits. **The Veterinary Journal**. v.188, p. 295-300, 2011.

NACAMBO, S., HÄSSIG, M., LISCHER, C.J., NUSS, K., Difference in length of metacarpal and metatarsal condyles and the correlation to claw size. In: **Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminantes**, Maribor, Slovenia, pp. 104-106, 2004.

NUSS, K., PAULUS, N. Measurements of claw dimensions in cows before and after functional trimming: A post-mortem study. **The Veterinary Journal**. v. 172, n.2, p. 284-292, 2006.

RADOSTITIS, O.M., GAY, C.G., HINCHCLIFF, K.H., CONSTABLE, P.D. **Veterinary Medicine**, 10.Ed., Saunders, p. 621-625, 1618-1699, 2034-2035, 2037, 2007.

ROMANI, A.F., SILVA, L.A.F., FIORAVANTI, M.C.S., RABELO, R.E., CUNHA, P.H.J., AMARAL, A.V.C, VERÍSSIMO, C.C., SILVA, E.B. Ocorrência de lesões podais em fêmeas bovinas leiteiras no estado de Goiás. **Ars Veterinária**, v.20, n.3, p.322-329, 2004.

ROUHA-MÜLLEDER, C., IBEN, C., WAGNER, E., LAAHA, G., TROXLER, J., WAIBLINGER, S. Relative importance of factors influencing the prevalence of lameness in Austrian cubicle loose-housed dairy cows. **Preventive Veterinary Medicine**, v.92, p. 123-133, 2009.

SCHÖPKE, K., WEIDLING, S., PIJL, R., SWALVE, H.H. Relationships between bovine hoof disorders, body condition traits and test-day yields. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.1, p. 679-689, 2013.

SERRA, R.M.C., DIAS, R.C., CAVALCANTE, M.P., ALZAMORA FILHO, F. Prevalência das afecções podais e morfometria do casco de vacas lactantes na bacia leiteira de Ilhéus-Itabuna, Bahia. **Investigação**, v.16, n.1, p. 46-50, 2017.

SILVA, A.R.P., OLIVEIRA, A.I.G, GALVÃO, R.J.D., MARTINEZ, M.L., FREITAS, A.F., NEIVA, R.S. Avaliação do desempenho produtivo de rebanhos da raça Pardo Suíça no estado de São Paulo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.458-467, 2000.

SILVA, L.A.F., CAMPOS, S.B.S., RABELO, R.E., VULCANI, A.S., NORONHA FILHO, A.D.F., FREITAS, S.L.R. Análise comparativa da morfometria do casco de bovinos das raças Nelore, Curraleira e Pantaneira, e de Bubalinos e sua relação com a etiopatogenia das enfermidades digitais. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.35, n.4, p.377-384, 2015.

SOUZA, R., SANTOS, G.T., VALLOTO, A.A., SANTOS, A.L., GASPARINO, E., SILVA, D.C., SANTOS, W.B.R. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa em função da estação do ano e ordem de parto. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.11, n.2, p.484-495, 2010.

TADICH, N.; FLOR, E.; GREEN, L.; Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. **The Veterinary Journal**, v.184, p.60-65, 2010.

TELEZHENKO, E.; BERGSTEN, C.; MAGNUSSON, M.; VENTORP, M.; NILSSON, C. Effect of different flooring systems on weight and pressure distribution on claws of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.91, 5, p.1874-1884, 2008.

THALER NETO, A., RODRIGUES, R.S., CÓRDOVA, H.A. Desempenho produtivo de vacas mestiças Holandês x Jersey em comparação ao Holandês. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.12, n.1, p.7-12, 2013.

TOMASSELLA, T.E.; FILHO, L.C.N.; AFFONSO, M.Z.; JUNIOR, F.B.; SILVA, L.C, OKANO, W. Prevalência e classificação de lesões podais em bovinos leiteiros na região

de Belo Horizonte MG. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.8, n.1, p.115-128, 2014.

TOUSSAINT RAVEN, E. Cattle Footcare and Claw Trimming. **Farming Press**, Ipswich, UK. 1989.

TRANTER, W.P., MORRIS, R.S. Hoof growth and wear in pasture-fed dairy cattle. **New Zealand Veterinary Journal**, v.40, n.3, p, 89-96, 1992.

TULIO, L.M. Estudo biométrico do casco bovino e bubalino. Avaliação de características anátomo-fisiológicas do casco sadio. **Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 97p.

VAN AMSTEL, S.R., PALIN, F.L., SHEARER, J.K., Measurement of the thickness of the corium and subcutaneous tissue of the hind claws of dairy cattle by ultrasound. **The Veterinary Record** **155**, p.630-633, 2004.

VAN DER TOL, P.P.J.; METZ, J.H.M; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; BACK, W.; BRAAM, C.R.; WEIJS, W.A. The vertical ground reaction force and the pressure distribution an the claws of dairy cows while walking on a flat substrate. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.9.p.2875-2883, 2003.

VAN DER TOL, P.P.J.; VAN DER BEEK, S.S.; METZ, J.H., NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; BACH, W.; BRAAM, C.R.; WEIJS, W.A. The effect of preventive trimming on weight bearing and force balance on the claws of dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v.87, n.6, p.1732-1738, 2004.

VERMUT, J.J., GREENOUGH, P.R. Structural characteristics of the bovine claw: horn growth and wear, horn hardness and claw conformation. **British Veterinary Journal**, v.151, n.2, p.157-180, 1995.

WALSH, S.W., WILLIAMS, E.J. EVANS, A.C.O.A. Review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v.123, n.3-4, p. 127-138, 2011.

WATSON, C. **Lameness in Cattle**, Ramsbury: Crowood Press, 9-62, 132-135, 161-166. 2007.

SCHAWB, A.J. (2007). Eletronic Classroom. [Online] Disponível em: <<http://www.utexas.edu/ssw/eclassroom/schwab.html>> Acesso em: [13 jun. 2016].

IV- CAPÍTULO II

MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DOS DÍGITOS DE VACAS LEITEIRAS E SUA RELAÇÃO COM ENFERMIDADES DIGITAIS

RESUMO

A morfometria geométrica é uma nova abordagem que permite avaliar características morfológicas independentemente do tamanho, através da inserção de marcos anatômicos geometricamente homólogos entre estruturas. Essa técnica tem capacidade de estudar os efeitos ambientais e doenças em organismos. Deste modo, objetivou-se avaliar as variações na forma e tamanho dos dígitos de 150 fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira, sendo 51 Holandesas, 51 Jerseys e 48 Pardo Suíças, nas condições de lactantes e não lactantes, criadas sob sistema de confinamento, e verificar a ocorrência das afecções digitais e sua relação com as variações de forma e tamanho. Foram captadas imagens da vista plantar dos dígitos e, posteriormente, realizada a inserção de sete marcos anatômicos nas regiões da sola e do talão. As vacas lactantes foram as mais acometidas, com 75% do total de ocorrências, sendo a úlcera de sola, doença da linha branca e erosão de talão as enfermidades mais frequentes. Na análise de componentes principais, as três raças ficaram alocadas separadamente. A análise da forma evidenciou diferenças entre as raças, mostrando que as Holandesas e Pardo Suíças apresentam dígitos mais largos e curtos, e a Jersey dígitos mais longos e estreitos, sendo que a maior variação ocorreu nas regiões do interdígito e junção sola/talão. Diferenças significativas ($p < 0,01$) de tamanho foram observadas apenas para o dígito medial. A morfometria geométrica evidenciou que existe relação da forma dos dígitos com a ocorrência de enfermidades digitais, sendo que os dígitos mais largos apresentam maior acometimento associados ao maior peso e à raça.

Palavras-chave: Bovinos leiteiros, dígitos, variação de forma, análises multivariadas.

GEOMETRIC MORPHOMETRY OF DIGITS OF DAIRY COWS AND THEIR RELATION WITH DIGITAL DISEASES

ABSTRACT

Geometric morphometry is a new approach that allows to evaluate morphological characteristics independently of size, through the insertion of geometrically homologous anatomical landmarks between structures. This technique has the ability to study environmental effects and diseases in organisms. The objective of this study was to evaluate the variations in the shape and size of the digits of 150 dairy cows, being 51 Holsteins, 51 Jerseys and 48 Swiss Brown, including lactating and non-lactating animals, kept under a confinement system, and to verify the occurrence of digital affections and their relation with the variations of form and size. Images were taken from the plantar view of the digits and, later, seven anatomical landmarks were inserted in the regions of the sole and the bead. The lactating cows were the most affected, with 75% of the total occurrences, being the sole ulcer, white line disease and bead erosion the most frequent diseases. In the analysis of main components the three races were allocated separately. The analysis of the shape evidenced differences between the races, showing that the Holsteins and Swiss Brown have the widest and shorter digits and Jersey has the longest and narrowest digits, with the greatest variation occurring in the regions of the interdigit and solon / bead joint. Significant differences ($p < 0.01$) in size were observed only for the medial digit. Geometric morphometry evidenced that there is a relation between the shape of the digits and the occurrence of digital diseases, and the larger digits present greater involvement associated with greater weight and race.

Key words: Dairy cows, digits, shape variation, multivariate analyzes.

INTRODUÇÃO

A saúde dos membros locomotores dos bovinos é essencial para uma vida saudável e produtiva (Albuquerque et al., 2009). Novas tecnologias contribuíram para aumentar a produtividade da bovinocultura leiteira; no entanto, tornaram os animais mais vulneráveis às doenças, como as enfermidades digitais (Rodrigues et al., 2013).

As afecções digitais são consideradas como a terceira maior causa de descarte nos rebanhos de bovinos leiteiros, em virtude de suas altas taxas de ocorrência, principalmente em sistema de confinamento. Nos últimos anos houve um aumento significativo de pesquisas sobre melhoramento genético de bovinos leiteiros, com extraordinários avanços na produção de leite, sem que houvesse preocupação com os membros e dígitos, cuja herdabilidade é baixa. (Silva et al., 2004a; Ferreira et al., 2005). Silveira et al. (2008) afirmaram que animais manejados em sistema extensivo ou semi-intensivo com prolongado acesso a pastagens, também possuem taxas consideráveis de doenças digitais, caracterizando um dos principais problemas de bem-estar em vacas leiteiras, pois causam desconforto e estresse. Isso torna o animal incapaz de demonstrar respostas comportamentais e fisiológicas normais (Broom & Fraser, 2010; Peters, 2012).

A claudicação em bovinos associada a lesões nos dígitos ocasionam perdas na produção de leite, com comprometimento de até 20% da lactação (Ferreira et al., 2005), além da diminuição da eficiência reprodutiva, incidência de mamites, custos com tratamentos e perdas dos melhores animais por descarte ou morte (Silva et al., 2015). Alguns aspectos morfológicos dos dígitos estão associados à maior vulnerabilidade digital, favorecendo o aparecimento de diferentes enfermidades podais (Greenough, 2007; Nuss et al., 2011).

A morfometria geométrica abrange um conjunto de técnicas capazes de analisar a variação da forma e tamanho das estruturas (Kendal et al., 2009), através da obtenção de marcos anatômicos geometricamente homólogos entre tais estruturas (Tofilsky, 2008), permitindo avaliar características morfológicas independentes do tamanho (Francoy & Fonseca 2010). Essa técnica é bastante vantajosa, pois controla a variação de formas devido ao tamanho dentro dos grupos estabelecidos, corrigindo os possíveis

erros associados à inclusão de indivíduos de diferentes idades ou sexo em um mesmo grupo (Reis et al., 1990).

Essa técnica tem sido utilizada em vários estudos, a exemplo de Palma & Gurgel-Gonçalves (2007), com pegadas de pequenos mamíferos; Camargo et al. (2008), em análises da variação morfológica em pegadas de roedores; e por Yalçın et al. (2010), na avaliação comparativa de ossos mandibulares em duas espécies de ovelhas. No Brasil, a primeira aplicação da morfometria geométrica em animais de produção foi realizada por Almeida (2016), na caracterização racial de galinhas naturalizadas.

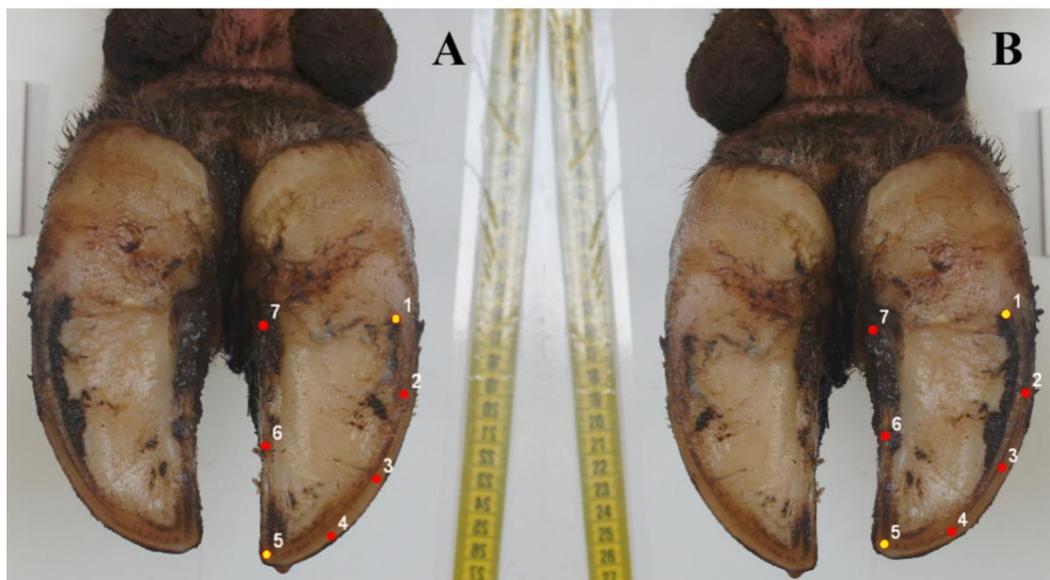
Segundo Sigirli & Ercan (2013), a morfometria geométrica tem a capacidade de estudar os efeitos de fatores ambientais, doenças em órgãos e organismos. Deste modo, objetivou-se avaliar a ocorrência de afecções digitais e associá-las a variação na forma e tamanho dos dígitos em fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira de três raças (Holandesa, Jersey e Pardo Suíça).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados dados referentes a 150 fêmeas bovinas (novilhas, vacas lactantes ou não) com idades entre 1 a 10 anos, distribuídas em 3 raças de aptidão leiteira Holandesa, (n=51), Jersey (n=51), oriundos do município de União da Vitória-PR e Pardo Suíça (n=48), de Arapoti- PR. Os animais foram mantidas em sistema de confinamento, com alimentação baseada em silagem de milho, suplementação mineral e vitamínica na ração concentrada. Todos os animais utilizados na pesquisa possuíam registro em Associações, com controle leiteiro mensal.

Para a realização da coleta das imagens, os animais foram contidos em posição quadrupedal em um tronco. A limpeza dos dígitos foi feita com água corrente e escova macia, para posterior captação das imagens utilizando câmera fotográfica digital (*Sony nex-c3 16.2 mega pixels*). Foram capturadas imagens da vista plantar dos dígitos laterais e mediais do membro locomotor pélvico direito. Para padronização e identificação das fotos, foi utilizada uma placa de madeira branca como pano de fundo com etiqueta contendo o número do brinco da vaca, indicativo da lateralidade do

membro e fita métrica fixada para obtenção da escala e análise de tamanho. As imagens foram convertidas do formato original (JPEG) para o formato TPS por meio do *software* tpsUtil versão 1.7 (Rohlf, 2016). Foram inseridos dois marcos anatômicos e cinco semimarcos em toda extensão dos dígitos laterais e mediais (Figura 1), utilizando o *software* tpsDig versão 2.19 (Rohlf, 2015).



Fonte: Arquivo pessoal. Os pontos amarelos (1 e 5) são os marcos anatômicos. Os pontos vermelhos (2, 3, 4, 6 e 7) são os semimarcos. Região anatômica dos marcos e semimarcos: 1: Junção sola/talão; 2, 3 e 4: muralha abaxial; 5: pinça; 6: muralha axial e 7: interdígito (região do espaço interdigital).

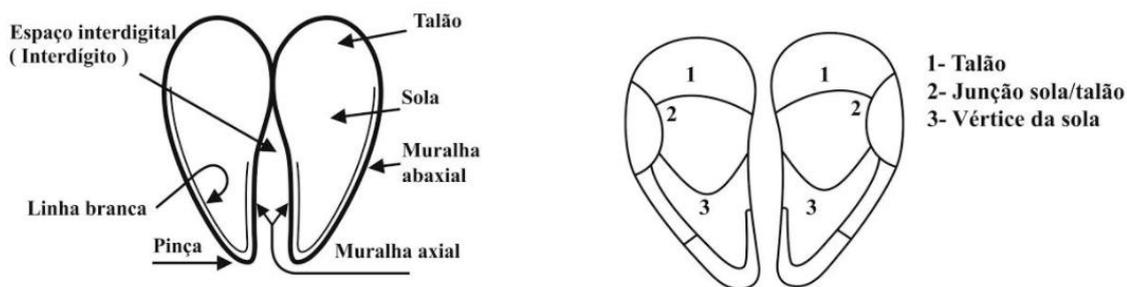
Figura 1. Vista plantar dos dígitos medial e lateral do membro pélvico direito da raça Holandesa com dois marcos e cinco semimarcos inseridos no dígito lateral.

Após as medições, as coordenadas cartesianas passaram pelo processo de sobreposição de Procrustes para obtenção do ajuste da forma média ou consenso por meio do *software* MorphoJ versão 2.0 (Klingenberg, 2011).

Para avaliação de forma, realizou-se uma análise de componentes principais (ACP) para cada dígito, lateral (DL) e medial (DM), com o objetivo de comparar as diferenças entre raças e avaliar possíveis variações de forma associadas a maiores incidências de doenças digitais. Adicionalmente, foram geradas as matrizes de distância de Mahalanobis, com valores de significância. Posteriormente, com intuito de alocar os indivíduos em suas respectivas raças, foi realizada a análise de validação cruzada, utilizando o *software* MorphoJ versão 2.0 (Klingenberg, 2011).

A análise de tamanho foi realizada a partir do tamanho do centróide, dada pela raiz quadrada da soma das distâncias ao quadrado de cada marco anatômico, utilizando uma análise de variância univariada (ANOVA) através do *software* PAST versão 2.17 (Hamer et al., 2001).

A avaliação da região digital lesionada, classificação das doenças, bem como as diferentes colorações dos dígitos (claros, escuros e mesclados), foi avaliada visualmente no momento da captação das imagens e através das fotos. De acordo com a localização da área acometida, as doenças digitais foram nomeadas em: úlcera de sola e pinça, erosão de talão, doença da linha branca, dermatite digital, pododermatite séptica, hemorragia de sola, abscesso solar e sola dupla, utilizando a metodologia que subdivide os dígitos nas seguintes regiões: talão, sola, muralha abaxial, muralha axial, pinça, linha branca, espaço interdigital (interdígito) (Figura 2).



Fonte: adaptado de (Ferreira 2005)

Fonte: adaptado de (Serrão 1996)

Figura 2. Ilustração gráfica das regiões anatômicas da vista plantar dos dígitos de bovinos.

A comparação do acometimento das enfermidades digitais por raça, dígito e estado lactacional foi realizada por meio do teste Qui quadrado, através do *software* BioEstat versão 5.0 (Ayres et al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se maior ocorrência de doenças digitais nas vacas lactantes ($p < 0,01$), apresentando 75% do total de ocorrências e predominância nos dígitos laterais ($p < 0,01$) (Tabela 1). A maior incidência de enfermidades digitais em vacas lactantes pode ser

atribuída ao estresse no período pós-parto, fase em que a fêmea enfrenta distúrbios metabólicos decorrentes da falha no metabolismo energético resultante da maior exigência nutricional para produção de leite (Silva et al., 2004b). Liversey & Fleming (1984), relataram que nesse período substâncias vasoativas como histamina e endotoxinas, decorrentes de doenças sistêmicas, são responsáveis por causar danos nas lâminas dos cascos.

De acordo com Machado et al. (2008), a maior frequência de doenças digitais ocorre no primeiro terço da lactação, devido ao peso excessivo no final da gestação, em que a pressão sobre o casco associados às instalações inadequadas (piso abrasivo, umidade e matéria orgânica) favorecem o surgimento de problemas digitais. Complementarmente, as caminhadas diárias sobre pisos de concreto nos confinamentos até a sala de ordenha, contribuem para o desgaste dos cascos (Albuquerque et al., 2009). Segundo Van Der Tol et al. (2003), a pressão suportada pela unha atinge valores altos durante a locomoção sobre superfície plana e dura, uma vez que a força total aplicada no membro pode ser duas vezes maior em relação à força aplicada em estação.

O período de atividade e descanso também influencia no acometimento de doenças digitais, uma vez que vacas lactantes passam três horas a mais por dia levantadas, devido à ordenha, diminuindo seu tempo de descanso (Espejo & Endres, 2007), e suportando maior peso corporal por mais tempo sobre seus cascos (Cook et al., 2006). O repouso desses animais em decúbito favorece a circulação sanguínea nas extremidades distais dos membros, considerados fatores benéficos para a saúde dos dígitos (Mülling et al., 2006; Greenough, 2007).

Das 150 fêmeas avaliadas, 81 estavam acometidas com pelo menos um tipo de lesão digital, obtendo prevalência de 54%. Silva et al. (2001), trabalhando com vacas Holandesas, Jersey e Girolando, obtiveram prevalência de aproximadamente 30%, enquanto, Ferreira et al. (2004) verificaram índice de 78,3% em fêmeas leiteiras confinadas. Observou-se maior acometimento das lesões no dígito lateral (62%), quando comparadas ao medial (38%) (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos com vacas da raça Holandesa, a exemplo de Albuquerque et al. (2009) e Tomassela et al. (2014). Os últimos justificaram esse resultado em função da pressão máxima exercida ter se concentrado na parte posterior dos dígitos pélvicos laterais.

Segundo Toussaint-Raven (1971), os dígitos posteriores laterais são mais suscetíveis a lesões, devido à distribuição alterada de 50:50 para 70:30 do peso entre os dígitos mediais e laterais, sobrecarregando o peso nos dígitos posteriores laterais. Estes, por apresentarem maior área em contato com o solo, sofrem maior pressão quando comparadas com aos dígitos mediais (Van Der Tol et al. 2002; Tadich et al., 2010).

Foram identificadas 179 lesões, sendo a úlcera de sola a lesão digital com maior prevalência (24%), seguida por doença da linha branca (19,5%), erosão de talão (16,7%), dermatite digital (12,3%), pododermatite séptica (10,6%), sola dupla (7,3%), úlcera de pinça (4%), abscesso e hemorragia de sola (2,8%). Os maiores acometimentos foram nas raças Holandesa e Pardo Suíça, com valores menores na Jersey (Tabela 1). Resultados similares foram relatados por Tomasella et al. (2014), que identificaram a úlcera de sola e a doença da linha branca como as enfermidades de maior ocorrência em vacas Holandesas. Por outro lado, Albuquerque et al. (2009) descreveram a doença da linha branca (26,3%), erosão de talão (20,7%) e úlcera de sola (14,6%), as enfermidades com maior prevalência. Menores frequências de enfermidades foram observadas por Souza et al. (2015), estudando fêmeas bovinas das raças Holandesa, Jersey, Pardo Suíça e Gir leiteiro, sendo a dermatite digital (7,5%), úlcera de sola (6,1%) e abscesso subsolar (3,7%), as doenças de maiores acometimentos. Salienta-se que os últimos autores avaliaram animais confinados, semi-confinados e a pasto, além da inclusão de raça zebuína, o que pode ter levado a resultados tão diferentes. Machado et al. (2008) atribuem as diferenças dos índices de frequências das doenças digitais a variações dos fatores ambientais nas diversas regiões do Brasil.

Tabela 1. Número de lesões digitais para os dígitos lateral e medial do membro pélvico direito para vacas lactantes e não lactantes.

| Lactantes | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|--------------|-------------|
| Raça | US | UP | ET | DLB | DD | PDS | HS | A | SD | Total | PESO |
| | | | | | | | | B | | AC | (Kg) |
| Holandesa | | | | | | | | | | | |
| DL | 11 | 1 | 8 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 36 | 668,6 |
| DM | 8 | 1 | 3 | 5 | 7 | 2 | 0 | 0 | 1 | 27 | |
| Jersey | | | | | | | | | | | |
| DL | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 435,2 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| DM | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | |
| Pardo Suíça | | | | | | | | | | | |
| DL | 10 | 1 | 6 | 6 | 1 | 7 | 3 | 1 | 1 | 36 | 604,9 |
| DM | 4 | 0 | 6 | 4 | 0 | 5 | 1 | 2 | 0 | 22 | |
| Não Lactantes | | | | | | | | | | | |
| Holandesa | | | | | | | | | | | |
| DL | 4 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 | 530,5 |
| DM | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | |
| Jersey | | | | | | | | | | | |
| DL | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 375,6 |
| DM | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| Pardo Suíça | | | | | | | | | | | |
| DL | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 14 | 649,8 |
| DM | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 9 | |
| Total DP | 43 | 7 | 30 | 35 | 22 | 19 | 5 | 5 | 13 | 179 | |
| Total AC% | 24 | 4 | 16,7 | 19,5 | 12,3 | 10,6 | 2,8 | 2,8 | 7,3 | 100 | |

DL= Dígito lateral; DM= Dígito medial; US = Úlcera de sola; UP =Úlcera de pinça; ET = Erosão de talão; DLB = Doença da linha branca; DD = Dermatite digital; PDS = Pododermatite séptica; HS = Hemorragia de sola; AB = Abscesso subsolar; SD = Sola dupla; Total AC= total do acometimento das enfermidades por dígito; Total AC%= porcentagem geral do acometimento por doença digital.

Ao considerar a incidência de doenças digitais por raça, verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,01$), com 45,35% na Holandesa, 9,5% na Jersey e 45,35% na Pardo Suíça. Na comparação entre raças, considerando apenas as lactantes, observaram-se diferenças significativas ($p < 0,01$) pelas distâncias de Mahalanobis com 10.000 permutações, considerando a forma do dígito lateral e medial do membro direito (Tabela 2).

Segundo Alves et al. (2007), animais da raça Holandesa apresentam maior susceptibilidade às afecções digitais do que os de raça Pardo Suíça. A alta intensidade de seleção nos bovinos leiteiros visando ao aumento da produção de leite, especialmente na raça Holandesa, tornou-os mais propensos a problemas digitais (EFSA, 2009). De acordo com Ferreira et al. (2005), a seleção para o melhoramento da produção de leite não acompanhou a melhoria da qualidade dos membros e cascos.

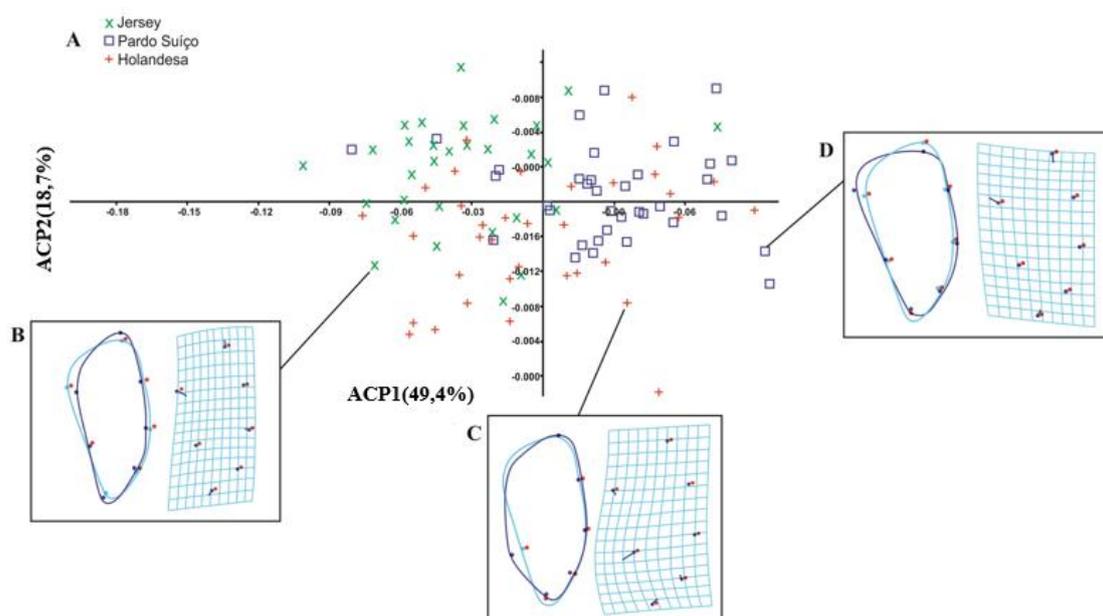
Tabela 2. Distância de Mahalanobis para o dígito lateral (diagonal inferior) e dígito medial (diagonal superior) do membro pélvico direito de todas as raças.

| Raças | Holandesa | Jersey | Pardo Suíça |
|-------------|------------------|------------------|-------------|
| Holandesa | | 1,9010 ** | 1,9192** |
| Jersey | 2,3066 ** | | 2,4688** |
| Pardo Suíça | 2,6264** | 2,9399** | |

Fonte: construído a partir da análise de componentes principais, com as variáveis de forma. Em negrito, as menores distâncias observadas. ** (p<0,01).

Os dois componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 68,1% da variação total da forma do dígito lateral, e 69,5% para o dígito medial.

Através da dispersão gráfica, para o dígito lateral, observa-se variação da forma entre todas as raças (Figura 3A). A raça Jersey localiza-se no quadrante negativo da PC1, com estreitamento na muralha abaxial e interdígito, alongamento na região da junção sola/talão e pinça, resultando em um dígito mais estreito e longo (Figura 3B). Ao passo que a Pardo Suíça ficou distribuída no quadrante positivo da PC1, com expansão na muralha abaxial, prolongamento na região do interdígito, encurtamento da junção sola/talão e região da pinça, tornando o dígito mais curto e largo (Figura 3D). As Holandesas alocaram-se em sua maioria no quadrante negativo da PC2, apresentando dígito mais curto e largo em decorrência do encurtamento na região da pinça e um alargamento na muralha axial (Figura 3C).



Linhas azuis claras são a forma média. Linhas azuis escuras são a mudança de forma em cada eixo (raças).

Figura 3. Gráfico de dispersão com base nas análises de Componentes Principais e grades de deformação para o dígito lateral do membro direito das três raças de vacas leiteiras.

Para o dígito medial (Figura4A), a raça Pardo Suíça encontra-se no quadrante negativo da PC1, apresentando estreitamento do interdígito, alongamento da junção sola/talão e região da pinça, resultando em um dígito mais comprido e estreito (Figura 4B). A maioria das Holandesas distribuiu-se no quadrante positivo da PC1 com alargamento na região do interdígito, encurtamento na junção sola/talão e pinça, tornando o dígito mais largo e curto (Figura4D). Já a Jersey localiza-se no quadrante negativo da PC2 com alongamento na junção sola/talão e pinça e estreitamento na muralha abaxial, ocasionando um estreitamento no vértice da sola, caracterizando o dígito em mais longo e estreito (Figura 4C).

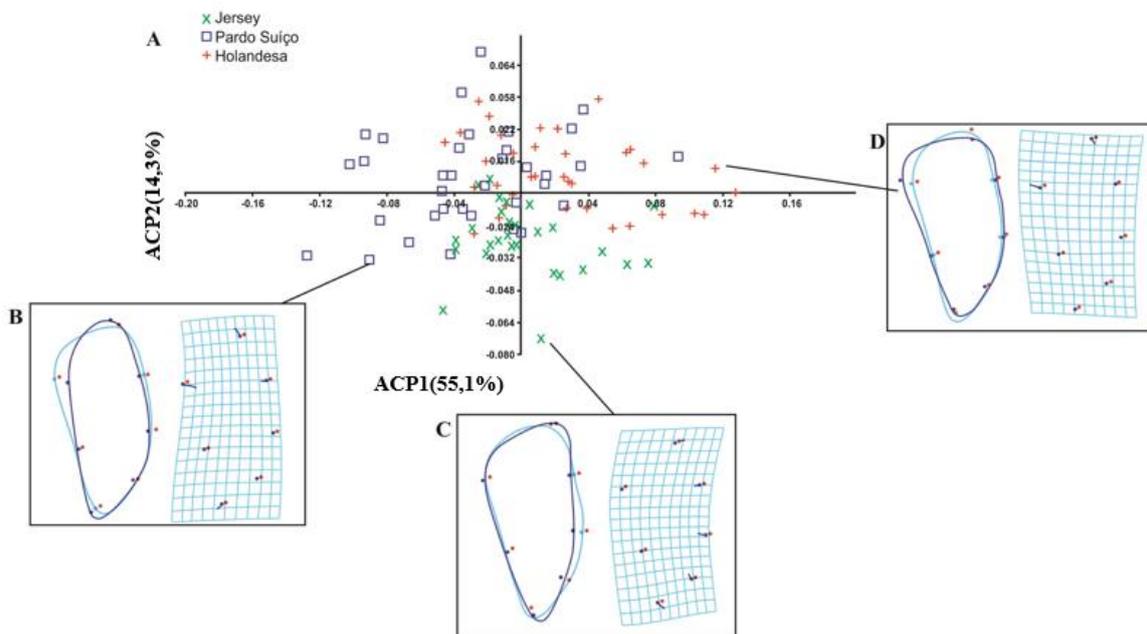


Figura 4. Gráfico de dispersão com base nas análises de Componentes Principais e grades de deformação para o dígito medial do membro direito das três raças de vacas leiteiras

Avaliando as grades de deformação e *outlines* em relação à configuração consenso, que demonstra a forma média entre todas as fêmeas bovinas das três raças, foi

possível verificar que as variações de ambos os dígitos ocorreram principalmente nas regiões da pinça, interdígito e junção sola/talão. Nota-se que, em geral, para os DL e DM, as raças Holandesa e Pardo Suíça, compostas por animais de maior estrutura corpórea e peso, foram caracterizadas com dígitos mais largos quando comparadas aos animais da raça Jersey, constituído por animais de menor porte físico e peso corporal, apresentando dígitos mais estreitos. Esse aumento de largura associado ao peso podem estar relacionados ao maior índice de acometimento das enfermidades digitais nas raças Holandesa e Pardo Suíça, além da predisposição genética, visto que essas raças apresentam maiores índices de doenças podais. Tomassela et al. (2014) afirmaram que o peso exerce influência direta na ocorrência de doenças digitais, e que animais pesados (em torno de 600kg) agravam tal situação. Como observado (Tabela 1), as raças mais acometidas apresentaram pesos médios acima de 600 kg, corroborando com esses autores.

Van Der Tol et al. (2003) mencionaram que o suporte do peso corporal pela unha pode ser transferido da parede para a sola ou região do talão. Isso pode justificar a maior variação da forma dos dígitos ocorrida, principalmente na junção sola/talão e o maior acometimento de úlcera de sola e erosão de talão, sendo as enfermidades de maior ocorrência nesse estudo. Adicionalmente, a maior ocorrência de lesões digitais nas Holandesas e Pardo Suíças em relação à Jersey (Tabela 1), pode estar relacionada à coloração dos cascos, visto que as Holandesas apresentaram 96% dos cascos de coloração clara e 4% de coloração mesclada, enquanto que a Pardo Suíça apresentou 66,6% de cascos mesclados e 33,3% escuros. Já a raça Jersey apresentou 90% de cascos escuros e 10% mesclados. De acordo com Silva et al. (2015), animais de cascos pigmentados sofrem menor influência sobre a morfometria, resistência, diferenciação e susceptibilidade às doenças digitais, quando expostos à umidade e à presença de oxigênio oriundo da água, comparados aos bovinos com cascos despigmentados, que tendem a ser mais hidrofílicos. Hepburn et al. (2007) mencionaram associação com a melanina, que apresenta propriedades antioxidantes, influenciando na dureza do casco.

Na análise de validação cruzada, verificou-se que, em média, 88,5 % dos animais foram alocados corretamente nas suas respectivas raças em relação ao DL e 77,6% para o DM. A avaliação par a par entre raças apresentou altos percentuais de separação, acima de 69,4% (Tabela 3). Isso demonstra que a forma dos dígitos pode diferenciar as raças. A eficácia dessa técnica também foi constatada no trabalho de

Almeida (2016) em estudo da caracterização da forma da cabeça em diferentes ecótipos de galinhas e de Macedo (2017), na identificação entre as espécies de dípteros de interesse forense.

Tabela 3. Validação cruzada entre as raças de vacas leiteiras comparadas par a par e porcentagem de classificação dentro de cada raça.

| | Holandesa x Jersey | Holandesa x Pardo Suíça | Jersey x Pardo Suíça |
|----------------|--------------------|-------------------------|----------------------|
| Dígito lateral | 87,7% | 88,8% | 89,1% |
| Dígito medial | 76,9% | 69,4% | 86,6% |

Na avaliação entre raças, não se observou diferença significativa ($p>0,05$) para o tamanho do dígito lateral, enquanto para o dígito medial, houve diferença significativa ($p<0,001$) da raça Jersey em relação as Holandesas e Pardo Suíças. Para o DL, o tamanho não diferiu significativamente, porém apresentou diferenças na forma, sendo o dígito mais acometido por doenças digitais. Isso comprova a eficiência da Morfometria Geométrica, uma vez que esta permitiu identificar as mudanças de forma, independentemente do tamanho do dígito ao avaliar animais em diferentes idades e ordem de parto.

CONCLUSÕES

- Dígito com casco pigmentado são mais resistentes, apresentando menor ocorrência de enfermidades digitais, quando comparados aos mesclados e despigmentados;

- Os dígitos laterais e animais lactantes são mais afetados, bem como as raças Holandesa e Pardo Suíço;

- Existe relação da forma dos dígitos com a ocorrência de enfermidades digitais, uma vez que dígitos mais largos apresentam maior acometimento e estão associados ao maior peso das vacas e longevidade produtiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P.I.; XIMENES, F.H.B.; MOSCARDINI, A.C.R.; GOUVÊA, L.V.; MOTA, A.L.A.A.; GODOY, R.F.; BORGES, J.R.J. Caracterização das afecções podais em rebanho de gado Holandês confinado. **Ciência Animal Brasileira**. Suplemento 1, p.46-52. 2009.

ALMEIDA, E.C.J. **Caracterização fenotípica e produtiva de galinhas e patos no estado da Bahia**. 2016. 88p. Tese da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador.

ALVES, C.G.T.; SILVA, F.F.; MELO, L.E.H.; SANTOS, N.V.M.; SILVA JUNIOR, F.F.; MACHADO, P.P. Susceptibilidade de fêmeas leiteiras às afecções podais. **Revista de Medicina Veterinária**, Recife, v.1, n.1, p.14-18, 2007.

AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L., SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas biológicas e médicas**. Belém: MCT; IDSM; CNPq, 2007.

BORGES, J.R.J.; GARCIA, M. **Guia Bayer de podologia bovina**. 2002. Disponível em: <http://www.mgar.com.br/podologia/aspCreditos.asp?lang=1&posição=1>> Acesso em: 11 jun.2015.

BROOM, D.M.; FRASER, A, F. **Comportamento e bem-estar de animais domésticos**. São Paulo: Manole, 4.ed, p.438, 2010.

CAMARGO, N.F; GURGEL-GONÇALVES, R.; PALMA, A.R.T. Variação morfológica de pegadas de roedores arborícolas e cursoriais do Cerrado. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.25, n.4, p. 696-704, 2008.

COOK, N.B. The dual roles of cow comfort in herd lameness dynamics. In Proceedings of the Annual Meeting of the American Association of Bovine Practitioners, St Paul, M, v. 39, p.150-157, 2006.

ESPEJO, L.A.; ENDRES, M.I. Herd-level risk factors for lameness in high-producing Holstein cows housed in Freestall barns. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.306-314, 2007.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Effects of farming systems on dairy cow welfare and disease**. EFSA, 20 Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2009.1143r/epdf>> acesso em: 23 março, 2017

FERREIRA, P. M.; CARVALHO, A. U.; FACURY FILHO, E. J.; FERREIRA, M. G.; FERREIRA, R. G. **Sistema locomotor dos ruminantes. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 39p, 2005.**
In:<http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/casqueamento-preventivo-e-correcao-de-aprumos-em-bovinos-1381>

FERREIRA, P. M.; CARVALHO, A. U.; FACURY FILHO, E. J.; FERREIRA, M. G.; FERREIRA, R. G. Afecções do sistema locomotor dos bovinos. **II Simpósio Mineiro de Buiatria**, 6 a 8 de outubro, Belo Horizonte, MG. Escola de Veterinária da UFMG, 2005.

FERREIRA, P.M.; LEITE, R.C.; CARVALHO, A.U.; FACURY FILHO, E.J.; SOUZA, R.C.; FERREIRA, M.G. Custo e resultados de sequelas de laminite bovina: relato de 112 casos em vacas em lactação no sistema free-stall. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.589-594, 2004.

FRANCOY, T.M.; FONSECA, V.L.I. A morfometria Geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. **Oecologia Australis**. V.14, n.1, p.317-321. 2010.

GREEN, L.E.; HEDGES, V.J.; SCHUKKEN, Y.H.; BLOWEY, R.W.; PACKINGTON, A.J. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n.4, p.2250-2256, 2002.

GREENOUGH, P.R. **Bovine Laminitis and Lameness - A hands-on Approach**. Saunders Elsevier, Philadelphia. P.311, 2007.

HAMER, O.; HARPER, D.A.T. RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. **Paleontologia Eletrônica**, v.4, p.1-9, 2001.

HEPBURN, N.L.; KINNINMONTH, L.; GALBRAITH, H. Pigmentation, impression hardness and the presence of melanosomes in bovine claw tissue. **Journal of Agricultural Science**, v.145, n.3, p. 283-290, 2007.

KENDAL, D.G.; BARDEN, D.; CARNE, T.K.; LE, H. **Shape and shape theory**. John Wiley e Sons, v.5, p.318, 2009.

KLINGENBERG, C.P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. **Molecular Ecology Resources**, v.11, p.353-357, 2011.

KLINGENBERG, CP. Morfometria e o papel do fenótipo em estudos da evolução dos mecanismos de desenvolvimento. **Gene** 287: 3-10

LIVERSEY, C.T & FLEMING, F.L. Nutricional influencis on laminitis, sole ulcer and bruised sale in Friesian cows. **Veterinary Record**, v. 114, p. 510-512, 1984.

MACEDO, M.P. Morfometria geométrica alar como ferramenta para a identificação de *Lucilia sericata* e *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae). **Revista Brasileira de Criminalística**, v.6, n.1, 2017.

MACHADO, P.P.; PEREIRA, H.M.; SANTOS, H.P.; OLIVEIRA, R.A.; GUERRA, P.C.; TEIXEIRA, W.C. Prevalência e classificação de afecções podais em fêmeas bovinas destinadas à produção de leite na bacia leiteira do município de Itapecuru Mirim-MA. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.9, n.4, p.777-786, 2008.

MULLING, C.K.W., GREEN, L.; BARKER, Z.; SCAIFE, J.; AMORY, J.; SPEIJERS, M. Risk factors associates with foot lameness in dairy and a suggested approach for lameness reduction. **World Buiatriscs Congress**. Nice, França, 2006.

NUSS, K., SAUTER-LOUIS, C.; SIGMUND, B. Measurements of forelimb claw dimensions in cows using a standardized sole thickness: a post-mortem study. **The Veterinary Journal**, v. 190, n.1, p. 84-89. 2011.

PALMA, A.R.T.; GURGEL-GONÇALVES. Morphometric identification of small mammal footprints from ink tracking tunnels in Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n.2, p.33-343, 2007.

PETERS, M.D.P. **Avaliação da mastite e seu impacto sobre a sensibilidade à dor em vacas leiteiras**. 2012. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas-UFPel, Pelotas.

RODRIGUES, M.; DESCHK, M.; SANTOS, G.G.F.; PERRI, S.H.V.; MERENDA, V.R., HUSSNI, C.A.; ALVES, A.L.G. & RODRIGUES, C.A. Avaliação das características do líquido ruminal, hemogasometria, atividade pedométrica e diagnóstico de laminite subclínica em vacas leiteiras. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 33 (Supl.1), p.99-106. 2013.

ROHLF, F.J. tpsDig2, digitize landmarks and outlines, version 2.9. **Department of Ecology and Evolution**, State University of New York, Stony Brook. 2015.

ROHLF, F.J. tpsUtil, version 1.7. **Department of Ecology and Evolution**, State University of New York, Stony Brook. 2016.

SERRÃO, A.A.P.S. **Contribuição para o estudo da patologia da vaca leiteiras** (Dissertação em Medicina Veterinária) Universidade Técnica de Lisboa, 1996.

SIGIRLI, D.; ERCAN, I. Growth and Allometry in Modern Morphometrics: Review. **Turkiye Klinikleri Journal of Biostatistics**. V. 5, n.1, p. 42-8, 2013.

SILVA, L. A. F.; SILVA, E. B.; SILVA, L. M.; TRINDADE, B. R.; SILVA, O. C.; ROMANI, A. F.; FIORAVANTI, M. C. S.; SOUSA, J.; FRANCO, L.G.; GARCIA, A.M. Causas de descarte de fêmeas bovinas leiteiras adultas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.5, n.1, p.9-17, 2004a.

SILVA, L. A. F.; FIORAVANTI, M. C. S.; TRINDADE, B. R.; SILVA, O. C.; EURIDES, D.; CUNHA, P. H. J.; SILVA, L. M.; MOURA, M. I. Enfermidades digitais em vacas de aptidão leiteira: associação com mastite clínica, metrites e aspectos epidemiológicos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 217-222, 2004b.

SILVA, L.A.F.; CAMPOS, S.B.S.; RABELO, R.E.; VULCANI, V.A.S., NORONHA FILHO, A.D.F.; FREITAS, S.L.R. Análise comparativa da morfometria do casco de bovinos das raças Nelore, Curraleira e Pantaneira e de bubalinos e sua relação com a etiopatogenia das enfermidades digitais. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.35, n.4, p.377-384, 2015.

SILVA, L.A.F.; SILVA, L.M.; ROMANI, A.F.; RABELO, R.E.; FIORAVANTI, M.C.S.; SOUZA, T.M.; SILVA, C.A. Características clínicas e epidemiológicas das enfermidades podais em vacas lactantes do município de Orizona-GO. **Ciência Animal Brasileira**, v.2, n.2, 2001.

SILVEIRA, J.A.S.; ALBERNAZ, T.T.; OLIVEIRA, C.M.C; DUARTE, A.D.D.; BARBOSA, J.D. Afecções podais em vacas da bacia leiteiras de Rondon do Pará. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.29, n.11, p.905-909, 2009.

SILVEIRA, J.A.S.; ALBERNAZ, T.T.; SOUSA, M.G.S.; CAMPOS, K.F.; SILVA, N.S.; OLIVEIRA, C.M.C.; DUARTE, M.D.; BARBOSA, J.D. Prevalência e características clínicas das enfermidades podais diagnosticadas pela central de diagnóstico veterinário (Cedivet), no estado do Pará, durante o período de 2000 a 2006. **Encontro Nacional de Diagnóstico Veterinário**, Campo Grande, MS, p.79-80. 2008.

SOUZA, A.M.; TULIO, L.M.; GAI, V.F. Incidência de lesões podais em bovinos de aptidão leiteira na região oeste do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p.194-202, 2015.

TADICH, N.; FLOR, E.; GREEN, L.; Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. **The Veterinary Journal**, v.184, p.60-65, 2010.

TOFILSKY, A. Using Geometric morphometrics and standard morphometry to discriminant three honeybee subspecies. **Apidologie**, v.39, n.5, p. 538-563, 2008.

TOMASSELLA, T.E.; FILHO, L.C.N.; AFFONSO, M.Z.; JUNIOR, F.B.; SILVA, L.C, OKANO, W. Prevalência e classificação de lesões podais em bovinos leiteiros na região de Belo Horizonte-MG. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.8, n.1, p.115-128, 2014.

TOUSSAINT-RAVEN, E. **Tijdschrift Voor Diergeneeskunde**, v.96, p.1237-1244, 1971.

TRANTER, W.P.; MORRIS, R.S. Hoof growth and wear in pasture fed dairy cattle. **New Zealand Veterinary Journal**, v.40, n.3, p.89-96, 1992.

VAN DER TOL, P.P.J.; METZ, J.H.M; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; BACK, W.; BRAAM, C.R.; WEIJS, W.A. The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.6, p.1476-1481, 2002.

VAN DER TOL, P.P.J.; METZ, J.H.M; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; BACK, W.; BRAAM, C.R.; WEIJS, W.A. The vertical ground reaction force and the pressure

distribution an the claws of dairy cows while walking on a flat substrate. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.9.p.2875-2883, 2003.

YALÇIN, H.; KAYA, M.A.; ARSLAN, A. Comparative Geometrical Morphometries on the Mandibles of Anatolian Wild Sheep (*Ovis gmelini anatolica*) and Akkaraman Sheep (*Ovis aries*). **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v.16, n.1, p.55-61, 2010.

III CONSIDERAÇÕES FINAIS

A susceptibilidade das patologias podais em fêmeas bovinas destinadas à produção leiteira possui relação com a questão racial, sendo as Holandesas e Pardo Suíças as raças com maior predisposição, com os parâmetros morfométricos, lateralidade de membros e dígitos, sendo o membro direito e o dígito lateral os mais acometidos. Outros fatores tais como o estado lactacional, maiores tamanhos e largura de dígitos, maior peso, maior longevidade produtiva e coloração dos cascos têm também associação com os índices de doenças podais. A técnica da morfometria tradicional demonstrou diferenças entre medidas e tamanhos dos dígitos, em todos os grupos genéticos avaliados; entretanto, a morfometria geométrica mostrou-se mais eficiente em relação à tradicional, pois permitiu verificar não só as diferenças de tamanho, mas também de forma, evidenciando alterações em determinadas áreas anatômicas. Através dessa técnica, foi possível constatar a associação da forma dos dígitos em relação às doenças podais, uma vez que a úlcera de sola, erosão de talão e dermatite digital apresentaram altos índices de incidências, e essas enfermidades acometem justamente as regiões da junção sola/talão e interdígito, áreas onde foram verificadas as maiores variações de forma. Além disso, a morfometria geométrica evidenciou elevados valores de validação cruzada, confirmando a sua eficiência em associar a variação da forma dos dígitos ao grupo genético específico.