



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES

**ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA A CARACTERIZAÇÃO
MORFOMÉTRICA DE RAÇAS CAPRINAS BRASILEIRAS: PRIMEIRO ESTÁGIO
PARA CONSERVAÇÃO**

**RECIFE
2021**

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES

**ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA A CARACTERIZAÇÃO
MORFOMÉTRICA DE RAÇAS CAPRINAS BRASILEIRAS: PRIMEIRO ESTÁGIO
PARA CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção como do título de Mestre em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientadora: Maria Norma Ribeiro

Coorientadoras: Profa. Dra. Laura Leandro da Rocha e Profa. Dra. Janaina Kelli Gomes Arandas

**RECIFE
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES

**ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA A CARACTERIZAÇÃO
MORFOMÉTRICA DE RAÇAS CAPRINAS BRASILEIRAS: PRIMEIRO ESTÁGIO
PARA CONSERVAÇÃO**

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 31 de maio de 2021
Comissão Examinadora:

Orientadora:

Prof. Dra. Maria Norma Ribeiro
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Presidente

Examinadores:

Prof. Dr. Juan Vicente Delgado Bermejo
Universidade de Córdoba

Dra. Neila Lidiany Ribeiro
Instituto Nacional do Semiárido

**RECIFE
2021**

BIOGRAFIA DO AUTOR

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES, nascido em 04 de dezembro de 1991, filho de Gonçalo Rodrigues Lima e Madalena Ferreira Rodrigues, natural de Crateús – CE, iniciou o curso de graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus* Crateús, no ano de 2013, concluindo-o em setembro de 2018. Em março de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concluindo em maio de 2021.

A Jesus, por seu amor incondicional. Ao meu amado filho, Joaquim Saldanha Ferreira, minha alegria. À minha amada esposa, Maria Lorrane Saldanha Ferreira, por sua coragem e dedicação. Aos meus pais, Gonçalo Rofrigues Lima e Madalena Ferreira Rodrigues, por suas orações. À minha irmã, Linda Meire-lee Rodrigues Mazini, por sempre está presente. À minha avó, Maria Rodrigues da Silva (in memorian), por ter nos feito muito felizes. Aos meus amigos, pelo companherismo e apoio dado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar os meus passos, pelo o carinho e cuidado, por sentir em cada detalhe Tua presença e o Teu poder, sentir Tua mão segurando minha mão.

Ao meu amado filho, Joaquim Saldanha Ferreira, por me fazer um novo homem e me mostrar todos os dias, nas mais pequenas coisas, como a vida pode ser tão bela. Te amo, meu filho.

À minha amada esposa, Maria Lorrane Saldanha Ferreira, por ser meu alento, minha melhor amiga. Amo teu sorriso. Tu és simbolo de força e coragem.

Aos meus pais, Gonçalo Rodrigues Lima e Madalena Ferreira Rodrigues, pelos joelhos no chão e as noites intercedendo por mim e minha família.

À minha irmã Linda Meire lee Rodrigues Mazini, por sua amizade e carinho.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela oportunidade de cursar o mestrado e evolução profissional.

À Professora Doutora Maria Norma Ribeiro, minha querida orientadora, por seus valiosos conhecimentos compartilhados, por sua paciência, exemplo profissional e por sua capacidade de trazer alento em momentos desafiadores.

À minha querida amiga Professora Doutora Janaina Kelli Gomes Arandas, por seu conhecimento transmitido, disponibilidade e motivação.

À Professora Doutora Laura Leandro da Rocha, pela co-orientação e contribuição a este trabalho.

Aos meus amigos Paulo Otávio Silva Cavalcante e Marilene dos Santos Maciel, pelo companherismo, conselhos, carinho por minha minha família e momentos de conversas e risos.

Ao amado Grupo de Conservação de Recursos Geneticos Animal, por tanto contribuir nessa caminhada, conhecimento compartilhado e aos tantos monemtos felizes.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amigos Apolonio Ribeiro Gomes e Lucas Cirilo Vieira, pela disponibilidade e toda ajuda prestada.

À cidade de Recife e aos recifenses, por terem a colhido a mim e minha família tão bem.

Por fim, a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado a Todos!

Aleluia!

Cada respiração é uma segunda chance.

(Switchfoot, Always)

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Origem e importância das raças locais de cabras no semiárido brasileiro	15
2.2 Situação atual das raças locais de caprinos no semiárido brasileiro.....	16
2.3 Caracterização fenotípica	18
2.4 As raças Moxotó e Canindé.....	19
2.5 Análises multivariada na caracterização fenotípica.....	21
3 REFERÊNCIAS	23

CAPÍTULO II

ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE RAÇAS CAPRINAS BRASILEIRAS: PRIMEIRO ESTÁGIO PARA CONSERVAÇÃO.....	29
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1 Amostra e coleta de dados	33
2.2 Análise dos dados	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4 CONCLUSÃO.....	44
5 REFERÊNCIAS	44

CAPÍTULO III

MODELAGEM MULTIVARIADA PARA CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE CAPRINOS LOCALMENTE ADAPTADOS	48
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1 Amostra e coleta de dados	52
2.2 Características Morfométricas	52
2.3 Análise dos dados	52
2.3.1 Coeficiente de determinação (R^2).....	53
2.3.2 Coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2).....	53
2.3.3 Erro Quadrático Médio (RMSE)	54
2.2.4 C_p de Mallows	54
2.2.4 Seleção de variáveis.....	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4 CONCLUSÕES.....	59
5 REFERÊNCIAS	59

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1- Médias (cm) e seus respectivos desvios padrão (D.P) e coeficientes de variação (C.V.) para as características avaliadas, em caprinos das raças Canindé, Moxotó e Nubiana.	36
Tabela 2- Fatores, autovalores, porcentagem da variância total por fator e variância total acumulada.....	37
Tabela 3 - Pesos dos fatores para as medidas morfométricas de caprinos pertencentes as raças localmente adaptadas Canindé.....	37
Tabela 4 - Pesos dos fatores para as medidas morfométricas de caprinos pertencentes as raças localmente adaptadas Moxotó.	38
Tabela 5 - Testes de igualdade dos vetores de médias de acordo com as medidas morfométricas raças de caprinos avaliadas.....	40
Tabela 6- Número de observações e porcentagem classificada em raça utilizando análise discriminante.	41
Tabela 7 - Distância de Mahalanobis com base nas características morfométricas de caprinos pertencentes as raças Canindé, Moxotó e Anglo Nubiana.	41
Tabela 8 - Função Linear gerada e porcentagem de animais agrupados em cada raça	42

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Equações de predição para as características morfométricas de caprinos localmente adaptados	55
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Rebanho característico de animais da raça Moxotó, Embrapa caprinos e ovinos, Sobral, Ceará. 20

Figura 2 - Rebanho característico de animais da raça Canindé, Embrapa caprinos e ovinos, Sobral, Ceará. 21

CAPÍTULO II

Figura 1 - Animais das raças caprinas localmente adaptadas Canindé (A) e Moxotó (B). 34

Figura 2 - Representação canônica das variáveis morfométricas, por raça. 43

CAPÍTULO III

Figura 1 - Animais das raças caprinas localmente adaptadas Canindé (A) e Moxotó (B). 52

LISTA DE ABREVEATURAS

AC	Altura da Cernelha
CC	Comprimento do Corpo
CO	Comprimento da Orelha
Cp	Estatística Cp de Mallows
C.V	Coefficiente de Variação
D.P	Desvio Padrão
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
MANOVA	Análise de Variância Multivariada
PC	Peso Corporal
PT	Perímetro Torácico
R ²	Coefficiente de Determinação
R ² _{aj}	Coefficiente de Determinação Ajustado
RMSE	Erro Quadrático Médio
SPRD	Sem Padrão Racial Definido
V.T. E	Variância Total Acumulada
Var	Variáveis

CAPÍTULO I

REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

As raças caprinas locais do Brasil possuem características genéticas e fenotípicas específicas, desenvolvidas de acordo com as condições ambientais e socioeconômicas de onde estão inseridas. Estes recursos genéticos possuem um *pool* de genes insubstituíveis, que lhes confere grande capacidade adaptativas, sendo assim, capazes de sobreviver e se reproduzir em ambientes hostis com baixa disponibilidade de alimentos (Ribeiro et al., 2017; Yilmaz et al., 2012). Devido a essa adaptabilidade, esses animais são as principais ferramentas para a subsistência de pequenos produtores, além de desempenharem um papel importante na vida social e cultural das populações rurais. No entanto, a diversidade genética está sob ameaça de extinção devido a cruzamentos indevidos envolvendo raças exóticas ou mesmo outra raça local (Câmara et al., 2017).

Evidentemente, a perda dessa diversidade tem como consequência a perda de informações biológicas potencialmente úteis, que poderá resultar em prejuízos sociais e também econômicos. De acordo com Egito et al. (2002), cada raça representa, provavelmente, uma combinação única de genes, dessa forma, a perda de uma única raça comprometerá o acesso a seus genes. Diante desse contexto, a conservação das raças caprinas locais tem sido defendida (Ribeiro et al., 2016).

A falta de informações sobre os recursos genéticos locais é um sério limitante à elaboração e execução de medidas que visem a conservação de uma raça. Para Yakubu e Ibrahim (2011), a caracterização fenotípica é o primeiro passo em direção a uma estratégia de conservação eficiente. Semelhantemente, Lombebo e Zeleke (2018), consideram a caracterização fenotípica um pré-requisito para uma avaliação eficaz da diversidade e para determinar se essas populações únicas estão ou não sendo erodidas. De acordo com a FAO (2012), a caracterização fenotípica de recursos genético animal se refere ao processo de identificação de populações de raças distintas e descrição de suas características externas e de produção.

Entretanto, a maioria dos trabalhos de caracterização fenotípica usa o enfoque univariado para entender fenômenos que são intrinsecamente multivariados, obtendo interpretações limitadas, causando interpretações errôneas e gerando um conhecimento inadequado sobre o objeto de estudo. Assim, objetivou-se com este trabalho utilizar as análises fatorial e discriminante para caracterizar e diferenciar o perfil morfométrico de raças de caprinos localmente adaptadas brasileiras, como primeiro passo para conservação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e importância das raças locais de cabras no semiárido brasileiro

As cabras estão associadas aos humanos desde o início da domesticação dos animais, há mais de 10.000 anos. No Nordeste do Brasil, tal relação teve início em 1535, a partir de animais trazidos da Península Ibérica para apoiar a produção de cana-de-açúcar (Gama et al., 2020; Machado, 2013). Ao longo dos séculos, os animais introduzidos foram submetidos aos processos de seleção natural e artificial. Através da seleção natural, apenas aqueles animais que podiam resistir a uma determinada condição particular sobreviveram. Ao passo que a seleção artificial foi promovida pelos criadores, selecionando raças com base em características morfológicas e produtivas para atender às suas necessidades e requisitos (Ghotge; Ramdas, 2003).

Isso permitiu a fixação de características particulares de adaptação às condições locais. Tal fato possivelmente favoreceu o surgimento de populações locais distintas das originais introduzidas pelos colonizadores europeus (Ribeiro et al., 2017). Assim, os animais que chegaram ao Brasil na época da colonização contribuíram para a formação de duas raças locais, Canindé e Moxotó, oficialmente reconhecidas como raça pelo Ministério da Agricultura do Brasil, e cinco ecótipos locais, Repartida, Marota, Graúna e Azul (Câmara et al., 2017; Ribeiro et al., 2017).

No Brasil, os animais são criados quase exclusivamente na região Nordeste do país (Lopes et al., 2014), que é caracterizada, sobretudo, pelo domínio do clima semiárido, que abrange uma área de cerca de 1,56 milhão de km², correspondente a 64,2% do território nordestino e 18,2% do território nacional (Moura et al., 2007). Esta é a área semiárida mais povoada do mundo e, em função das adversidades climáticas, associadas a outros fatores históricos, geográficos e políticos, abriga a parcela mais pobre da população brasileira, com ocorrência de graves problemas sociais (Ab'Sáber, 1999). Caracteristicamente, o semiárido apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, em média, de três a quatro meses (Leite; Stamm; Garcia, 2017). A caatinga é o bioma predominante, sua vegetação é constituída, especialmente, de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas de pequeno porte, geralmente dotadas de espinhos, caducifólias, perdendo suas folhas no início da estação seca. O sistema de criação é predominantemente extensivo, constituindo a vegetação da

caatinga a principal e, em muitos casos, a única fonte de alimento para os rebanhos (Araújo Filho, 2013).

Apesar das condições adversas, as raças locais são um componente essencial de base biológica para a segurança alimentar, em especial, para os membros mais vulneráveis da sociedade (Kosgey, 2004), possuem participação direta no desenvolvimento local e desempenham papel fundamental na manutenção de populações humanas rurais. São ativos que podem ser facilmente liquidados por dinheiro em momentos de necessidade (Hossain et al. 2004). Isso só é possível devido a sua alta capacidade de adaptação ambiental, sanitária e/ou nutricional, que possibilitou as raças caprinas locais desenvolverem características únicas, como rusticidade, prolificidade e resistência a doenças, tornando-se um recurso econômico vital para as comunidades familiares (Menezes et al., 2020; Tefiel et al., 2018; Trana et al., 2015).

Hoje, as raças caprinas locais representam uma fonte importante de leite, carne e pele, principalmente nas áreas rurais marginais, terras secas e montanhas (Nicoloso et al., 2015), como o semiárido brasileiro. Elas são uma fonte de emprego, garantia e seguro contra calamidades naturais. Mais importante, as raças locais é um valioso reservatório de genes para características adaptativas e econômicas, fornecendo um conjunto genético diversificado que pode ajudar a enfrentar os desafios futuros resultantes de mudanças nas fontes de produção e requisitos de mercado (Gwaze; Chimonyo; Dzama, 2009).

Neste contexto, as raças locais parecem ser o principal componente da biodiversidade das explorações pecuárias graças a sua excelente adaptação às condições ambientais específicas (Trana et al., 2015). Além disso, Papachristoforou; Koumas; Hadjipavlou (2013) afirmam que as raças locais estão associadas a produtos “típicos” ou tradicionais, resultado de vários fatores, incluindo matéria-prima, processo de transformação e características sensoriais. Todas as peculiaridades estão intimamente relacionadas à origem geográfica e às tradições sociais e culturais da área de produção. Essas particularidades que circundam as raças caprinas locais, como ambiente desafiador e exploração majoritariamente em sistemas tradicionais de produção, apesar de parecerem desafiadores do ponto de vista zootécnico e econômico, na realidade fornecem grandes oportunidades que podem ser utilizadas como estratégias para agregar valor às raças locais brasileiras, salvaguardando sua sobrevivência.

2.2 Situação atual das raças locais de caprinos no semiárido brasileiro

Apesar de sua importância, estes recursos genéticos estão em situação de risco de extinção (RIBEIRO et al., 2017), devido a muitos fatores de ameaça, incluindo o cruzamento

com raças exóticas. O impacto das raças exóticas nos recursos genéticos locais parece ser a principal razão por trás da perda de diversidade genética e redução do número efetivo. A perda de diversidade genética em populações locais pode afetar o potencial adaptativo das raças locais (Rocha et al., 2016), podendo ter efeitos prejudiciais à segurança alimentar e ao desenvolvimento sustentável, principalmente no contexto de mudanças climáticas (Hoffmann, 2010).

Através de estudos realizados por Lima et al. (2007) e Costa et al. (2008), foi possível observar que as raças locais caprinas vêm passando por processos de miscigenação e encontram-se em um estado evidente de diluição genética, por isso podem ser classificadas como uma raça ameaçada de extinção. Este cenário pode ser visto por meio dos estudos desenvolvidos por Oliveira et al. (2006), que constataram que, no estado de Pernambuco, apenas 10,81% dos animais apresentam características da raça Moxotó. Os demais são rebanhos de animais sem padrão racial definido (SPRD), com predominância da raça Nubiana, de uso frequente nos sistemas de produção locais. Rocha et al. (2002) verificaram que, no estado de Pernambuco, apenas 9,4% do rebanho são compostos de raças locais com predominância da raça Moxotó.

Neste sentido, Hanotte et al. (2010) consideram o cruzamento indiscriminado com raças cosmopolitas como o principal fator de ameaça aos recursos genéticos locais. Isso se deve à pressão para aumentar, a curto prazo, o desempenho produtivo das raças locais. Os resultados são sistemas produtivos cada vez mais dependentes de *commodities* para alimentação animal e intervenção veterinária. Esta tendência ameaça excluir a maioria dos pequenos produtores e levanta questões sobre a sustentabilidade a longo prazo. Talvez mais seriamente, também leva a uma perda irreversível das adaptações exclusivas das raças locais (Hanotte et al., 2010).

A situação é análoga à de outros países, diversos estudos (Mwai et al., 2015; Nyamushamba et al., 2017; Selepe et al., 2018; Taberlet et al., 2008) apontam para o cruzamento indiscriminado com raças exóticas, como a principal ameaça e responsável pelo contínuo estado de declínio das raças locais no mundo. Para Rege e Gibson (2003), o uso extensivo de germoplasmas exóticos pode levar à erosão genética por diluição ou erradicação do *pool* genético local, resultando em perda de características adaptativas e econômicas. Além disso, estes cruzamentos geraram animais sem padrão racial definido (SPRD), que no Brasil representam 90% do rebanho nacional de caprinos (Menezes et al., 2020).

Segundo Bowley et al. (2019), pelo menos 17% das raças locais do mundo, que evoluíram em resposta às pressões de seleção natural e artificial nos últimos 10.000 anos, estão atualmente ameaçadas de extinção, com um alarmante 58% das raças locais em situação de

risco desconhecida. De acordo com a Food and Agriculture Organization-Domestic Animal Diversity (DAD-IS FAO, 2019), a América do Sul possui pelo menos 25 raças locais de caprinos. Destas, 6 encontram-se atualmente fora de risco de extinção, apenas 1 tem situação definida como em risco e as outras 18, que correspondem a 72%, têm sua condição de risco desconhecida, entre elas, as 6 raças as raças brasileiras.

Em nível mundial, aproximadamente 30% das raças de caprinos e ovinos não possuem dados populacionais, sendo classificadas em situação de risco desconhecido (FAO, 2007). Além disso, a FAO (2015) relata que, no transcurso dos últimos seis anos, 62 raças foram extintas. Este fato tem sido motivado, sobretudo, pela rápida expansão da produção pecuária intensiva, com a utilização de um reduzido número de raças. Além disso, a condição pode ser explicada também pela marginalização dos sistemas tradicionais de produção, e por consequência das raças locais a eles associadas (Rischkowsky; Pilling, 2007). Deve-se ressaltar que aproximadamente 64% dos caprinos no mundo são mantidos em pequenas propriedades localizadas, em sua grande maioria zonas áridas e semiáridas (Kosgey, 2004).

2.3 Caracterização fenotípica

Diante disso, torna-se indispensável a elaboração de medidas que visem salvaguardar esses patrimônios genéticos. Uma importante ferramenta para que se alcance tal objetivo é caracterização fenotípica. De acordo com FAO (2012), a caracterização fenotípica de recursos genético animal é o processo de identificação de populações raciais distintas e descrição de suas características externas e produtivas em um determinado ambiente e sob determinado manejo, levando em consideração os fatores sociais e econômicos que as afetam. As informações fornecidas pelos estudos de caracterização são essenciais para o planejamento da gestão de recursos genético animal nos níveis local, nacional, regional e global.

Segundo Chacón et al. (2008), a falta de caracterização de qualquer recurso genético se torna um dos grandes obstáculos para sua conservação, sendo a caracterização uma das mais importantes estratégias dentro de um programa de conservação. De acordo com Yakubu e Ibrahim (2011), a caracterização fenotípica é o primeiro passo em direção a uma estratégia de conservação eficiente. Para Medeiros et al. (2020), estudos do caráter fenotípico são a base para a diferenciação de grupos e/ou raças e fornece suporte para programas de conservação.

Desta forma, o uso de variáveis morfométricas é uma ferramenta muito importante para o processo conservação de raças locais, pois permitem conhecer o perfil fenotípico das populações e raças. Na caracterização morfométrica, as variáveis são mensuráveis e de herança

quantitativa. Esta categoria de características abrange o tamanho e as dimensões dos corpos ou partes do corpo dos animais, que são mais diretamente correlacionados às características de produção e adaptativas. Por exemplo, o peso corporal e a circunferência torácica estão diretamente relacionados ao tamanho do corpo e às características de produção associadas, enquanto o comprimento da orelha e altura da cernelha estão diretamente correlacionadas aos atributos adaptativos (Fao, 2012).

As principais características quantitativas tomadas em estudos de caracterização fenotípica das raças locais de caprinos são o comprimento do corpo (CC), comprimento da garupa (CGa), comprimento do chifre (CCe), comprimento da orelha (CO), comprimento da cauda (CCa), comprimento do pelo (CP), largura da ponta do ombro (LPO), largura da garupa (LG), largura da cabeça (LC), longitude da cabeça (LoC), perímetro torácico (PT), perímetro da canela (PCa), profundidade do peito (PTo), altura na cernelha (AC) e peso corporal (PC) (Fao, 2012).

De acordo com a Fao (2012), estudos de caracterização fenotípica se fazem necessários em regiões em desenvolvimento, onde a maioria das populações de raças locais do mundo está localizada, no entanto, não possui informações populacionais e condição de risco desconhecida. Nesse sentido, estudos de caracterização fenotípica de raças locais têm sido realizados e os conjuntos de dados obtidos principalmente através de caracteres morfométricos. Alguns estudos, como os de Arandas et al. (2016), Carneiro et al. (2010), Getahun, Ahmed e Zemene (2020), Medeiros et al. (2020), Nunes et al. (2020) e Ofori, Hagan e Kyei (2021), são exemplos. Portanto, estudos de caracterização fenotípica de raças locais devem ser desenvolvidos, gerando informações essenciais para caracterização racial, podendo auxiliar na tomada de decisões em programas de conservação e melhoramento animal.

2.4 As raças Moxotó e Canindé

A origem do nome “Moxotó” provém do vale do Rio Moxotó, em Ibimirim – Inajá, no estado de Pernambuco, onde se formou a raça. Na atualidade, é criada, principalmente, nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Piauí (Ribeiro et al., 2016). Segundo Domingues (1995), esta raça é descendente dos Charnequeiros de Portugal. No entanto, Bettencourt (1987), citado por Silva e Araújo (1999), supõe ser a mesma Serpentina, também de Portugal.

Conforme descrito por Ribeiro (2006), os animais pertencentes a esta raça apresentam uniformidade de cor, tamanho e tipo. A pelagem é baia, com uma listra negra que se estende

de borda superior do pescoço à base da cauda. Possuem uma auréola negra em torno dos olhos e duas listras negras que descem até à ponta do focinho. Também são negras as orelhas, a face ventral do corpo e as extremidades dos membros, as mucosas, as unhas e o úbere. Os pelos são curtos, lisos, cerrados e brilhantes.



Figura 1 - Rebanho característico de animais da raça Moxotó, Embrapa caprinos e ovinos, Sobral, Ceará.

Os animais atingem 62 cm de altura. As fêmeas adultas pesam de 30 a 40 Kg. A taxa média de acasalamento de 0,86, taxa média de fertilidade ao parto de 0,76, período de gestação de 147,32 dias, prolificidade de 1,56, peso ao nascer de 2,73, peso médio das cabras ao parto de 36,32 kg e taxa de mortalidade de 11,7% (Silva; Araújo, 1993).

Já os caprinos da raça Canindé são provavelmente originários da raça Grisonne Negra, dos Alpes Suíços. Segundo Ribeiro et al. (2016), seu nome é oriundo de “Calindé”, que era a tanga branca, de algodão rústico, usada pelos escravos. É uma alusão feita à parte baixa do corpo de cor branca, mantendo-se restante de cor preta. Outros afirmam ter origem da região do Rio Canindé, no Piauí. Por fim, consolidou-se com esse nome, que significa “faca pontiaguda”, usada principalmente no sertão cearense ou também pedras ou lascas rochosas que serviam para afiar lâminas ou peixeiras, no sertão do Piauí.

Em relação ao seu padrão racial, possui cabeça de tamanho médio e harmoniosa com o corpo. Os chifres são de coloração escura, dirigindo-se para trás, para cima e para os lados, podendo ser frequente a ausência dos mesmos. As orelhas são medianas, alertas e bem inseridas.

Seu pescoço é delgado, harmônico e bem implantado. Dorso de linha de apresentação reta. Garupa inclinada e curta. Ossatura forte, mas delicada, os cascos são medianos, escuros e apresentam bons aprumos. A pelagem é preta, mas com o ventre e o lombo listrado de cor castanho-claro ou escuro (Quadros; Cruz, 2017).



Figura 2 - Rebanho característico de animais da raça Canindé, Embrapa caprinos e ovinos, Sobral, Ceará.

Ribeiro (2006) descreve esses animais como leves e de pequeno porte, medindo cerca de 55 cm de altura e pesando 40 kg. A prolificidade varia de 1,29 a 1,43 e a mortalidade situa-se de 15,0 a 18,6% para animais de até um ano de idade. Para animais com essa idade, o peso gira em torno de 15,7 Kg.

2.5 Análises multivariada na caracterização fenotípica

Entretanto, a caracterização fenotípica apesar de ser uma ferramenta simples e econômica tem sido pouco utilizada. Ainda assim, a maioria dos trabalhos usa o enfoque univariado para entender fenômenos que são intrinsecamente multivariados, obtendo interpretações limitadas. Segundo Vicini (2005), analisar variáveis que não podem ser interpretadas separadamente de maneira isolada pode causar interpretações errôneas e gerar um conhecimento inadequado sobre o objeto de estudo. Dessa forma, a análise multivariada seria mais adequada, permitindo a análise simultânea de medidas múltiplas para cada indivíduo, levando em consideração as correlações existentes entre elas.

As análises multivariadas consistem em um conjunto de métodos e técnicas que permitem a análise simultânea de medidas múltiplas para cada indivíduo, tendo em vista as correlações existentes entre elas. Ou seja, esses métodos e técnicas contemplam todas as medidas simultaneamente, de modo que os resultados obtidos são mais consistentes (Hair et al., 2009), sendo assim, essa análise oferece diversas vantagens sobre outras formas de análise, o que confere maior possibilidade de êxito nos processos decisórios. Segundo Steiner (1995), a necessidade de entender a relação entre diversas variáveis aleatórias faz da análise multivariada uma metodologia com grande potencial de uso. Vargas-López et al. (2012) relatam a utilização de técnicas estatísticas multivariadas na caracterização fenotípica de raças locais.

A análise fatorial tem sido um dos procedimentos estatísticos mais comumente utilizados na caracterização fenotípicas de raças locais, por meio de características morfométricas, estudos como Arandas et al. (2016) e Baccouche et al. (2015) foram desenvolvidos nesse intuito. A utilização dessa abordagem estatística é principalmente motivada devido sua capacidade em reduzir variáveis em um conjunto menor, buscando facilitar as interpretações (Yong; Pearce, 2013). Semelhantemente, Gouvêa, Prearo e Romeiro, (2012) consideram que a análise fatorial é capaz de promover a redução dos dados ou simplificação estrutural de maneira que o fenômeno em estudo seja representado de modo tão simples quanto possível e sem sacrificar informações importantes. Conforme a FAO (2012), a análise fatorial deve ser utilizada quando as variáveis forem natureza quantitativa e seu objetivo for relatar os fatores subjacentes mais importantes.

Para Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010), o principal objetivo da análise fatorial é identificar, dentre as variáveis observadas, as que possuem a mesma estrutura e uni-las a um número reduzido de fatores. Ao resumir dados, a análise fatorial obtém dimensões latentes que descrevem os dados em um número menor de conceitos do que as variáveis individuais originais. Os fatores representam as dimensões latentes (construtos) que resumem ou explicam o conjunto de variáveis observadas (Hair et al, 2009).

Segundo Ogah (2013), a análise discriminante multivariada de características morfológicas tem sido usada com sucesso para estimar a variação genética dentro e entre raças locais. Adeyemi; Oseni (2018), Asamoah-Boaheng e Sam (2016), Herrera et al. (1996) e Rocha et al (2007) são exemplos de trabalhos que utilizaram a análise discriminante como ferramenta na caracterização fenotípicas de raças locais. Conforme a FAO (2012), a análise discriminante deve ser utilizada quando as variáveis forem natureza quantitativa e seu objetivo de aplicação for validar as diferenças entre as diferentes raças de acordo com modelos morfológicos ou morfoestruturais.

A análise discriminante canônica é uma técnica estatística multivariada que pode identificar diferenças entre grupos de indivíduos e melhorar a compreensão das relações entre as variáveis medidas dentro desses grupos (Cruz-Castillo et al., 1994). De acordo com Fávero et al. (2009), a análise discriminante oferece ao pesquisador a possibilidade de elaborar previsões a respeito de qual grupo certa observação pertencerá, uma vez que se caracteriza como uma técnica de previsão e classificação. Para alcançar este objetivo, a análise discriminante gera funções discriminantes (combinações lineares das variáveis) que ampliam a discriminação dos grupos descritos pelas categorias de determinada variável dependente.

A análise de variância multivariada é o método estatístico multivariado mais popular na literatura publicada (Zientek et al., 2008). Conforme Hair et al. (2009), a mesma é uma extensão da análise de variância para acomodar mais de uma variável dependente. É uma técnica de dependência que mede as diferenças para duas ou mais variáveis dependentes metricamente, com base em um conjunto de variáveis categóricas (não-métricas) que atuam como variáveis independentes.

A análise de variância multivariada permite ao pesquisador avaliar o impacto de múltiplas variáveis independentes sobre as variáveis dependentes não somente individualmente, mas também coletivamente (Hair et al, 2009). De acordo a FAO (2012), a técnica é útil para determinar quais, entre as muitas características medidas, são de interesse para distinguir entre populações e para avaliar as características morfológicas agregadas necessárias para o agrupamento. A análise de variância multivariada deve ser utilizada quando as variáveis forem natureza quantitativa e seu objetivo de aplicação for determinar as características mais interessantes de um conjunto de características a fim de diferenciar as populações (FAO, 2012). Solís-Lucas, Lanari e Oyarzabal (2020) e Gebreyowhens e Kumar (2017) são exemplos de trabalhos de caracterização morfométricas de raças caprinas locais que utilizaram a análise de variância multivariada.

3 REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

ADEYEMI, M. A.; OSENI, S. O. Análisis discriminante canónico aplicado en datos biométricos de Pavos autóctonos nigerianos. **Archivos de Zootecnia**, v. 67, n. 257, p. 7-12, 2018.

- ARANDAS, J. K. G. et al. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, n. 1, p. 152–158, 2016.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Manejo pastoril sustentável da caatinga. 1. ed. Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2013.
- ASAMOAHA-BOAHENG, M.; SAM, E. K. Morphological characterization of breeds of sheep: a discriminant analysis approach. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 1–12, 2016.
- BACCOUCHE, R. et al. Phenotypic Characterization of Native Bovine Population in Northern Tunisia. **Applied Science Reports**, v. 10, n. 1, 2015.
- BETTENCOURT, A. C. Reproduction, growth and milk production and body size in Serpentina goats in Portugal. In: *International conference on goats. Proceeding*. Brasília: Embrapa – DDT, 1987.
- BOWLEY, S. C. et al. Genetic Cryopreservation of Rare Breeds of Domesticated North American Livestock: Smithsonian & SVF Biodiversity Preservation Project. **Diversity**, v. 11, n. 10, p. 198, 2019.
- CÂMARA, T. S. et al. Genetic diversity and relatedness between Canindé and British alpine goat breeds in Northeastern Brazil accessed by microsatellite markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, 2017.
- CARNEIRO, H. et al. Morphological characterization of sheep breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. **Small Ruminant Research**, v. 94, n. 1–3, p. 58–65, 2010.
- CHACÓN, E. et al. Índices zoométricos de uma amostra de Cabras Crioulas Cubanas Zoometric Indices in a sample of Cuban Creole Goats. **Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, v. 1, p. 1–4, 2008.
- COSTA, R. G. et al. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região semi-árida do estado da Paraíba. Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, p. 195–205, 2008.
- CRUZ-CASTILLO, J. G. et al. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. **HortScience**, v. 29, n. 10, p. 1115–1119, 1994.
- DI TRANA, A. et al. The role of local sheep and goat breeds and their products as a tool for sustainability and safeguard of the Mediterranean environment. In: **The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin**. Cham: Springer, p. 77-112. 2015.
- DOMINGUES, O. A cabra na Paisagem do Nordeste. Seção de Fomento & Agricultura do Ceará, 5, 72, 1995.
- EGITO, A. A.; MARIANTE, A. S.; ALBUQUERQUE, M. S. M. Programa Brasileira de Conservação e Recursos Genéticos Animais. **Archivos de Zootecnia**, v.51, p. 39-52, 2002.
- FAO. **Phenotypic characterization of animal genetic resources**. Rome: Animal Production and Health Guidelines No. 11. Rome. 2012.
- FAO. **The second report on the state of the world's animal genetic resources for food and**

agriculture. Rome: FAO commission on genetic resources for food and agriculture assessments, 2015.

FAO. **The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture.** Rome: FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, 2019.

FÁVERO, L. P. L., et al. Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FIGUEIREDO, F. D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185, 2010.

GAMA, L. T. et al. Genetic Diversity and Structure of Iberoamerican Livestock Breeds. *In: Advances in Animal Health, Medicine and Production*. 1. ed. Cham: Springer, 2020. p. 52-68-110.

GEBREYOWHENS, W.; KUMAR.R. Phenotypic characterization of indigenous Maefur goat population in Tigray, Northern Ethiopia. **International J. of Biodiversity and Conservation**. v. 9, n. 5, p. 130–145, 2017.

GETAHUN, S.; AHMED, S.; ZEMENE, W. Morphometric Characterization of Indigenous Goats in East Gojjam Zone, Amhara Region, Ethiopia. **Advances in Life Science and Technology**, v. 79, p. 1–12, 2020.

GHOTGE, N.; RAMDAS, S. Gado e meios de subsistência. *In: Conservação e uso sustentável da biodiversidade agrícola*. CIP-UPWARD, GTZ, IDRC, IPGRI e SEARICE, 2003.

GOUVÊA, M. A.; PREARO, L. C.; ROMEIRO, M. DO C. Avaliação da adequação de aplicação de técnicas multivariadas em estudos do comportamento do consumidor em teses e dissertações de duas instituições de ensino superior. **Revista de Administração**, v. 47, n. 2, p. 338–355, 2012.

GWAZE, F. R.; CHIMONYO, M.; DZAMA, K. Communal goat production in Southern Africa: A review. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, n. 7, p. 1157–1168, 2009.

HAIR, J. F. J. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HANOTTE, O.; DESSIE, T.; KEMP, S. Time to tap Africa's livestock genomes. **Science**, v. 328, n. 5986, p. 1640–1641, 2010.

HERRERA, M. et al. Application of multifactorial discriminant analysis in the morphostructural differentiation of Andalusian caprine breeds. **Small Ruminant Research**, v. 22, n. 1, p. 39–47, 1996.

HOFFMANN, I. Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. **Animal Genetics**, v. 41, n. SUPPL. 1, p. 32–46, 2010.

HOSSAIN, M. R. Milk Production from Indigenous Black Bengal Goat in Bangladesh. **Journal of Biological Sciences**, v. 4, n. 3, p. 262–265, 2004.

KOSGEY, I. S. **Breeding objectives and breeding strategies for small ruminants in the**

tropics. 2004.

LEITE, L. O.; STAMM, F. DE O.; GARCIA, R. DE C. M. Indicators to assess goat welfare on-farm in the semiarid region of Brazilian Northeast. **Ciência Rural**, v. 47, p. 1–8, 2017.

LIMA, P. J. S. et al. Gestão genética de raças caprinas nativas no estado da Paraíba. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, p. 623–626, 2007.

LOMBEBO, W. A.; ZELEKE, N. A. On Farm Phenotypic Characterization of Local Cattle Populations in Hadiya Zone, Southern Region, Ethiopia. **Advances in Dairy Research**, v. 06, n. 04, p. 4–11, 2018.

LOPES, L. S. et al. Meat quality and fatty acid profile of Brazilian goats subjected to different nutritional treatments. **Meat Science**, v. 97, n. 4, p. 602–608, 2014.

MACHADO, T. M. M. Os pequenos ruminantes na história da pecuária brasileira. *In: X Workshop sobre produção de caprinos na mata Atlântica, Minas Gerais, Brazil*. 2013. p. 11-45.

MEDEIROS, R. B. N. et al. Is multivariate analysis a useful tool to assess the morphometric profile of endangered goats? **Small Ruminant Research**, v. 190, 2020.

MENEZES, M. P. C. et al. Diversity analysis and genetic relationships among local Brazilian goat breeds using SSR markers. **Animals**, v. 10, n. 10, p. 1–8, 2020.

MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no Semi-Árido. *In: Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro*. 1. ed. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p. 37-59.

MWAI, O. et al. Invited review - African indigenous cattle: Unique genetic resources in a rapidly changing world. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 7, p. 911–921, 2015.

NICOLOSO, L. et al. Genetic diversity of Italian goat breeds assessed with a medium-density SNP chip. **Genetics Selection Evolution**, v. 47, n. 1, p. 1–10, 2015.

NUNES, S. F. et al. Morphometric characterization and zoometric indices of white Morada Nova breed: The first step for conservation. **Small Ruminant Research**, v. 192, n. June, 2020.

NYAMUSHAMBA, G. B. et al. Conservation of indigenous cattle genetic resources in Southern Africa's smallholder areas: Turning threats into opportunities - A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 5, p. 603–621, 2017.

OFORI, S. A.; HAGAN, J. K.; KYEI, F. Morphometric characterization and differentiation of West African Dwarf goat populations in Ghana. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, 2021.

OGAH, D. M. Canonical discriminant analysis of morphometric traits in indigenous chicken genotypes. **Trakia Journal of Sciences**, v. 2, p. 170–174, 2013.

OLIVEIRA, J. C. V et al. Caracterização e perfil genético visível de caprinos nativos no estado de Pernambuco. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 63–73, 2006.

- PAPACHRISTOFOROU, C.; KOUMAS, A.; HADJIPAVLOU, G. Adding value to local breeds with particular reference to sheep and goats. **Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales**, v. 53, p. 157–162, 2013.
- QUADROS, D. G. D.; CRUZ, J. F. D. **Produção de ovinos e caprinos de corte**. Ferreira da Cruz. – Salvador: EDUNEB, p. 297. 2017.
- REGE, J. E. O.; GIBSON, J. P. Animal genetic resources and economic development: Issues in relation to economic valuation. **Ecological Economics**, v. 45, n. 3, p. 319–330, 2003.
- RIBEIRO, M. N. Estado de conservação de caprinos naturalizados no Brasil. **Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Zootecnia**, p. 6, 2006.
- RIBEIRO, M. N. et al. Recursos genéticos de caprinos de raças locais do Brasil. *In: Biodiversidad caprina ibero-americana*. 1. ed. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia, p. 190-205. 2016.
- RIBEIRO, M. N. et al. Current Situation and Outlook of Several Local Goat Breeds in the Semi-arid Regions of Brazil. *In: Sustainable Goat Production in Adverse Environments: Volume II*. Cham: Springer International Publishing, v. 2p. 259–269. 2017.
- RISCHKOWSKY B, PILLING D. The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, 2007.
- ROCHA, L. L.; RIBEIRO, M. N.; OLIVEIRA, J. C. V.; SILVA, R. P. Levantamento do número de caprinos naturalizados no Estado de Pernambuco. *In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2002, Recife. Anais I Jornada de ensino pesquisa e extensão*. Recife: UFRPE, v. 1. p. 409-410. 2002.
- ROCHA, L. L. et al. Impact of foreign goat breeds on the genetic structure of Brazilian indigenous goats and consequences to intra-breed genetic diversity. **Small Ruminant Research**, v. 134, p. 28–33, 2016.
- ROCHA, L. L.; BENÍCIO, R. C.; OLIVEIRA, J. C. V.; et al. Avaliação morfoestutural de caprinos da raça Moxotó. **Archivos de Zootecnia**, v.56, p.483-488, 2007.
- SELEPE, M. M. et al. Genetic structure of south african nguni (Zulu) sheep populations reveals admixture with exotic breeds. **PLoS ONE**, v. 13, n. 4, p. 1–15, 2018.
- SILVA, F. L. R.; ARAÚJO, A. M. A raça Moxotó no Nordeste do Brasil. Sobral: Embrapa Caprinos, 1999. 11p.
- SOLÍS-LUCAS, L. A.; LANARI, M. R.; OYARZABAL, M. I. Phenotypic characterization of the goat population of Santa Elena province (Ecuador). **Archivos de zootecnia**, v. 69, n. 265, p. 22-29, 2020.
- STEINER, M. T. A. Uma Metodologia para o Reconhecimento de Padrões Multivariados com Resposta Dicotômica. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- TABERLET, P. et al. Are cattle, sheep, and goats endangered species? **Molecular Ecology**, v. 17, n. 1, p. 275–284, 2008.

TEFIEL, H. et al. Genetic characterization of four Algerian goat breeds assessed by microsatellite markers. **Small Ruminant Research**, v. 160, n. 2017, p. 65–71, 2018.

VARGAS-LÓPEZ, S. et al. Phenotypic characterization of the population of creole wool ewes in the highlands of Puebla State, Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, n. 8, p. 1833–1839, 2012.

VICINI, L. Análise multivariada da teoria à prática. 2005. 215f. Monografia (Especialização em estatística) - Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.

YAKUBU, A.; IBRAHIM, I. A. Multivariate analysis of morphostructural characteristics in Nigerian indigenous sheep. **Italian Journal of Animal Science**, v. 10, n. 2, p. 83–86, 2011.

YILMAZ, O.; CEMAL, I.; KARACA, O. Estimation of mature live weight using some body measurements in Karya sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 1, p. 397–403, 2012.

YONG, A.G.; PEARCE, S. A Beginner's Guide to Factor Analysis: Focusing on Exploratory Factor Analysis An. **Tutorials in Quantitative Methods for Psychology**, v. 9, n. 2, p. 79–94, 2013.

ZIENTEK, L. R.; CAPRARO, M. M.; CAPRARO, R. M. Reporting practices in quantitative teacher education research: One look at the evidence cited in the AERA panel report. **Educational Researcher**, v. 37, n. 4, p. 208–216, 2008.

CAPÍTULO II

ARTIGO:

ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE RAÇAS CAPRINAS BRASILEIRAS: PRIMEIRO ESTÁGIO PARA CONSERVAÇÃO

ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE RAÇAS CAPRINAS BRASILEIRAS: PRIMEIRO ESTÁGIO PARA CONSERVAÇÃO

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES¹, JANAINA KELLI GOMES ARANDAS¹, LAURA
LEANDRO DA ROCHA¹, MARIA NORMA RIBEIRO¹

RESUMO — A caracterização morfométrica representa uma das principais etapas de um programas de conservação. Nessa perspectiva, técnicas estatísticas multivariadas vêm sendo utilizadas na avaliação das variáveis simultaneamente, permitindo interpretações mais coerentes. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o perfil morfométrico de caprinos de raças localmente adaptadas brasileiras através de análise multivariada. Os dados provém do banco de dados mantido pelo grupo de pesquisa “Conservação de Recursos Genéticos Animais” (CRGAN). Foram usadas medidas corporais (cm): comprimento do corpo (CC), perímetro torácico (PT), altura da cernelha (AC), comprimento da orelha (CO) e peso adulto (kg) de 1.317 animais pertencentes as raças locais brasileiras Canindé e Moxotó e a raça exótica Nubiana. Os dados foram submetidos a análises de variância multivariada fatorial com base em componentes principais – (AF) e análise discriminante canônica. Com base no valor de comunalidade, o comprimento da orelha e o peso corporal foram as variáveis mais importantes para caracterização racial dos animais da raça Canindé e Moxotó, respectivamente. Na diferenciação das raças, as variáveis com maior poder de discriminação foram PT, PC, CO e CC. A raça Nubiana apresentou-se distante morfometricamente das raças localmente adaptadas. As análises estatísticas multivariadas mostram-se úteis para caracterizar e diferenciar o perfil morfométrico das raças Moxotó e Canindé; estes resultados podem ser úteis para a estruturação programas de conservação para essas raças.

Palavra-chave: Caracterização fenotípica. Conservação. Raças ameaçadas. Análise Fatorial. Análise discriminante.

MULTIVARIATE APPROACH TO THE MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF BRAZILIAN GOAT BREEDS: FIRST STAGE FOR CONSERVATION

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES¹, JANAINA KELLI GOMES ARANDAS¹, LAURA
LEANDRO DA ROCHA¹, MARIA NORMA RIBEIRO¹

RESUMO — Morphometric characterization represents one of the main stages of a conservation program. In this perspective, multivariate statistical techniques have been used in the evaluation of variables simultaneously, allowing for more coherent interpretations. The objective of this study was to evaluate the morphometric profile of goats of locally adapted Brazilian breeds through multivariate analysis. The data comes from the database maintained by the research group “Conservation of Animal Genetic Resources” (CRGAN). Body measurements (cm) were used: Body length (BL), chest girth (CG), Withers height (WH), Ear length (CO) and adult weight (kg) of 1,317 animals, belonging to the local Brazilian races Canindé and Moxotó and the exotic Nubian race. The data were submitted to multivariate analysis of variance, factorial based on main components - (AF) and canonical discriminant analysis. Based on the commonality value, ear length and body weight were the most important variables for the racial characterization of the animals of the Canindé and Moxotó animals, respectively. In the differentiation of races, the variables with the greatest discrimination power were PT, PC, CO and CC. The Nubian breed was distant morphometrically from the locally adapted breeds. Multivariate statistical analyzes are useful to characterize and differentiate the morphometric profile of the Moxotó and Canindé breeds; these results can be useful for structuring conservation programs for these breeds

Keywords: Phenotypic characterization. Conservation. Endangered breeds. Factor analysis. Discriminant analysis.

1 INTRODUÇÃO

As raças localmente adaptadas são um componente da diversidade biológica, relevante para a produção de alimentos (Scherf; Baumung, 2015). Apresentam importância significativa para pequenos criadores na manutenção de populações humanas rurais, servindo como fonte de renda e proteína de baixo custo (Kosgey, 2004).

No entanto, apesar de sua importância histórica, social e econômica, pelo menos 17% das raças localmente adaptadas no mundo estão atualmente ameaçadas de extinção, e 58% dessas raças, em situação de risco desconhecido (Bowley et al., 2019). A FAO (2015) relata que, no transcurso dos últimos seis anos, 62 raças se extinguíram, o que significa a perda de quase uma raça por mês. O fato tem sido motivado, sobretudo, pela rápida expansão da produção pecuária intensiva, o uso indiscriminado de raças exóticas para cruzamento ou substituição total de rebanhos de raças localmente adaptadas e pela marginalização dos sistemas tradicionais de produção (FAO, 2007). Os cruzamentos indiscriminados entre caprinos de raças exóticas com raças localmente adaptadas tem sido o principal fator para diluição genética e perda das características raciais (Oliveira et al., 2006, Lima et al., 2007, Rocha et al., 2007, Costa et al., 2008)

No Brasil, apenas as raças de caprinos localmente adaptadas, a Moxotó e Canindé, são reconhecidas oficialmente pelo Ministério da Agricultura (RIBEIRO, 2006). Estudos realizados por Lima et al. (2007) e Costa et al. (2008) reportam que raças caprinas brasileiras, inclusive, as raças Moxotó e Canindé, vêm passando por processos de miscigenação e encontram-se em estado evidente de diluição genética. Este cenário também foi observado através dos estudos desenvolvidos por Oliveira et al. (2006), que constataram que, no estado de Pernambuco, apenas 10,81% dos animais apresentam características da raça Moxotó. Os demais são rebanhos de animais sem padrão racial definido (SPRD), com predominância da raça Nubiana, de uso frequente em cruzamentos com raças locais.

Diante disso, torna-se indispensável a definição de medidas que vise salvaguardar os patrimônios genéticos. Uma importante ferramenta para que se alcance tal objetivo é caracterização fenotípica. Para Chacón et al (2008), a falta de caracterização de qualquer recurso genético representa grande obstáculo para sua conservação, sendo esta ferramenta uma das mais importantes estratégias dentro de um programa de conservação. Estudos dessa natureza envolvem o uso de múltiplas medidas morfométricas, que permitem conhecer o perfil fenotípico de populações e raças.

A maioria dos trabalhos de caracterização fenotípica de caprinos localmente adaptadas usa o enfoque univariado para explicar fenômenos que são intrinsecamente multivariados, obtendo interpretações limitadas (Ribeiro et al., 2003; Rocha et al., 2007). A abordagem multivariada dos dados é fundamental para estudos de caracterização fenotípica de raças em perigo (Arandas et al., 2016; Dossa et al., 2007; Herrera et al., 1996; Medeiros et al., 2020).

As análises multivariadas consistem em um conjunto de métodos e técnicas que permitem a análise simultânea de medidas múltiplas para cada indivíduo, levando em consideração as correlações existentes entre elas. Ou seja, esses métodos e técnicas contemplam todas as medidas simultaneamente, de modo que as interpretações dos resultados são mais consistentes (Hair et al., 1998; Ferreira, 2008). Sendo assim, a análise oferece diversas vantagens sobre outras formas de análise, o que confere maior possibilidade de êxito nos processos decisórios.

Assim, objetivou-se com este trabalho utilizar as análises fatorial e discriminante para caracterizar e diferenciar o perfil morfométrico de raças de caprinos localmente adaptadas brasileiras como primeiro passo para conservação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostra e coleta de dados

Os dados utilizados para a realização desse trabalho foram oriundos de estudos já realizados dentro da linha de pesquisa "Conservação de Raças Localmente adaptadas do Nordeste", dentre eles: *Caracterização de Caprinos de Raças Nativas como ferramentas para Programas de Melhoramento e Conservação*, como estudos desenvolvidos por Medeiros et al. (2020); Arandas et al. (2016); Rocha et al. (2007); Oliveira et al. (2006); Ribeiro et al. (2004) e Silva et al. (2004).

O banco de dados utilizado foi composto de informações morfométricas (cm) de altura da cernelha (AC), perímetro torácico (PT), comprimento da orelha (CO), comprimento do corpo (CC) e de peso (kg) de 1.317 fêmeas pertencentes as raças caprinas localmente adaptadas Canindé (n=495) e Moxotó (N=768) (Figura 1), e como grupo controle a raça exótica Anglo Nubiana (54 animais), uma vez que estudos indicam forte influência dessa raça em cruzamentos com raças caprinas localmente adaptadas (OLIVEIRA et al., 2006).

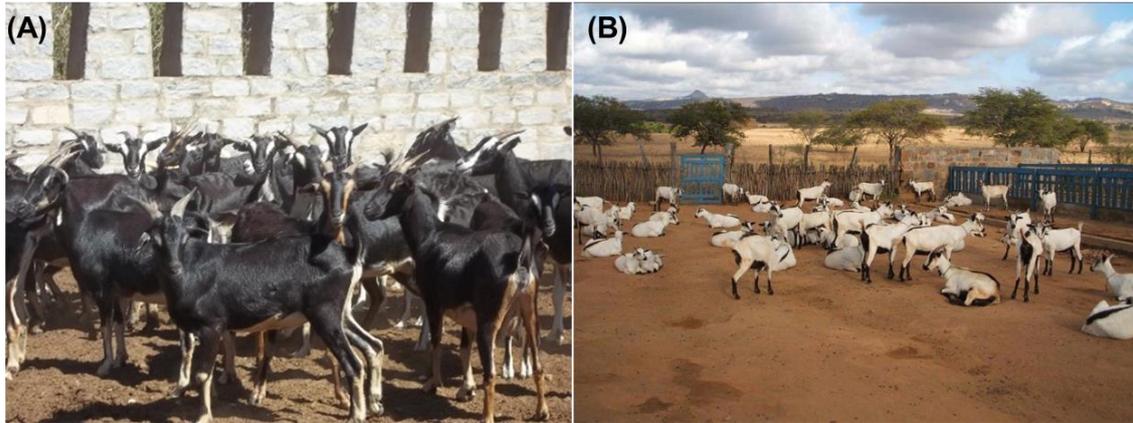


Figura 1 - Animais das raças caprinas localmente adaptadas Canindé (A) e Moxotó (B).

2.2 Análise dos dados

As variáveis morfométricas foram submetidas às análises de estatística descritiva. Os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Esfericidade de Bartlett foram utilizados para avaliar a adequacidade da análise fatorial ao conjunto de dados (Kaiser 1970,1974).

A análise fatorial com base em Componentes Principais – (AF) foi adotada com a finalidade de explicar a variação total resumindo o conjunto de variáveis originais em poucos fatores e indicar as variáveis que mais contribuíram para caracterização morfométrica das raças estudadas. Utilizou-se a rotação ortogonal Varimax, que promove maior potencial de interpretabilidade das funções lineares. A determinação dos fatores a serem extraídos foi baseado no critério de Jolliffe (1972, 1973), que considera autovalores ≥ 0.70 .

O modelo utilizado na análise foi:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\
 X_2 &= a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\
 X_p &= a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \dots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p
 \end{aligned}
 \tag{01}$$

Em que: X_1, X_2 e X_p = variáveis em estudo; a = carga dos fatores; F = fatores comuns não correlacionados; ε = variáveis com médias 0 e variância 1.

A análise de variância multivariada (MANOVA), foi utilizada com o objetivo de verificar diferença entre os vetores de médias através do teste de Wilks, Pillai's', Hotelling-Lawlev e Roy para as características avaliadas em função das raças estudadas (Canindé, Moxotó e Nubiana).

Complementar à MANOVA, foi aplicado a análise discriminante canônica com objetivo de verificar as diferenças entre as raças avaliadas, permitindo a classificação e discriminação dos indivíduos e encontrar funções das variáveis observadas que possam explicar as diferenças entre as raças estudadas.

O modelo matemático utilizado na análise foi:

$$D(x) = \tilde{L}' \cdot x = [\bar{x}_1 - \bar{x}_2]' \cdot S_c^{-1} \cdot x \quad (02)$$

Em que: $D(x)$ = função discriminante linear amostral de Fisher; \tilde{L} = estimativa do vetor discriminante; \bar{x}_1 = média amostral da população π_1 ; \bar{x}_2 = média amostral da população π_2 ;

Para a seleção das variáveis com maior poder discriminatório, foi utilizado o método *stepwise*. A seleção de variáveis por esse método começa sem nenhuma variável no modelo e, em cada estágio, a adição de variáveis com maior poder discriminatório é combinada, eliminando aquelas com menor contribuição, com base na estatística F ou no valor lambda de Wilks. O principal objetivo deste procedimento é encontrar o melhor conjunto de variáveis para compor a função discriminante. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software Statistica* (2009) versão 8.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias e seus respectivos desvios padrão para altura da cernelha (AC), perímetro torácico (PT), comprimento da orelha (CO), comprimento do corpo (CC) e peso corporal (PC) de fêmeas das raças Caniné e Moxotó (Tabela 1) estão de acordo com os seus respectivos padrões raciais (Jardim, 1984; Ribeiro, 2006). Este resultado indica uma possível conservação do padrão racial das raças estudadas, apesar de estarem sob forte ameaça, consequência dos cruzamentos desordenados com raças exóticas (Rocha et al., 2007). Resultados semelhantes foram reportados por Ribeiro et al. (2004), Rocha et al. (2007), Nascimento (2010), Arandas et al. (2016), Neri et al. (2018) e Medeiros et al. (2020).

Segundo Ramos et al. (2011), a conservação de raças localmente adaptadas, como as raças Caniné e Moxotó, é de relevância, já que estes animais são adaptados a ambientes hostis, são de manejo simples e, mesmo em épocas de baixa disponibilidade de alimentos, conseguem oferecer produtos de valor econômico (carne, leite e pele), além de serem menos susceptíveis ao estresse climático e mais resistentes às doenças e parasitas.

Tabela 1- Médias (cm) e seus respectivos desvios padrão (D.P) e coeficientes de variação (C.V.) para as características avaliadas, em caprinos das raças Canindé, Moxotó e Nubiana.

Var ¹	Canindé		Moxotó		Anglo Nubiana	
	Média ± D. P ²	C.V. ³ (%)	Média ± D. P	C.V (%)	Média ± D. P	C.V. (%)
AC ⁴	61.96 ± 5.24	8.45	62.91 ± 4.28	6.80	75.78 ± 3.57	4.71
PT ⁵	76.18 ± 5.68	7.46	78.06 ± 5.98	7.67	89.75 ± 5.06	5.64
CC ⁶	68.35 ± 4.32	6.32	65.80 ± 5.77	8.76	76.21 ± 5.04	6.61
CO ⁷	12.81 ± 0.93	7.28	12.72 ± 1.26	9.91	28.67 ± 4.07	14.21
PC ⁸	31.26 ± 5.08	16.26	31.84 ± 4.82	15.14	54.51 ± 6.77	12.42

¹Var = variáveis; ²D.P = desvio padrão; ³C.V = coeficiente de variação; ⁴AC: Altura da Cernelha; ⁵PT:Perímetro Torácico; ⁶CC: Comprimento do corpo. ⁷CO: Comprimento da Orelha; ⁸PC: Peso corporal.

Para os animais pertencentes a raça Nubiana, as médias das características morfométricas, encontradas no presente estudo, indicam que os animais avaliados estão dentro do padrão da raça. Resultado semelhante foram obtidos por Mello & Schmidt (2008) ao realizarem a caracterização biométrica de fêmeas da raça Nubiana no Rio Grande do Sul.

Observou-se superioridade nas medidas morfométricas e peso corporal da raça Nubiana em relação às raças localmente adaptadas brasileiras. A Nubiana é uma raça exótica de grande porte e alvo de programas de melhoramento genético. As raças caprinas brasileiras, em geral, são animais de pequeno porte, característica adequada para o sistema de criação em que estão inseridos.

O valor do KMO da amostra foi 0,68 e 0,50 para as raças Canindé e Moxotó, respectivamente. Em ambos os casos, o teste sugere que os dados são adequados à análise fatorial. Para Hair et al., (2014), valores aceitáveis de adequação estão entre 0,5 e 1,0. O teste de Esfericidade de Bartlett também mostrou adequação dos dados para análise fatorial ($p < 0,0001$) para a raça Canindé e $p < 0,0012$), para raça Moxotó, rejeitando a hipótese nula de esfericidade.

Foram necessários três fatores para explicar um percentual mínimo de 87,73 e 81,56% da variância total das variáveis morfométricas estudadas para as raças Canindé e Moxotó, respectivamente (Tabela 2). Estes resultados demonstram a adequação da análise fatorial para caracterização das raças com base nas suas características morfométricas, já que a maior parte da variação foi explicada pelos fatores extraídos, representando uma significativa redução do espaço amostral com perda mínima de informação.

As porcentagens de variância total encontrada no presente estudo para os primeiros fatores extraídos foram superiores aos reportados por Arandas et al. (2016) e Medeiros et al.

(2020), na caracterização fenotípica de caprinos da raça Canindé e Moxotó, respectivamente, com base em 11 variáveis morfométricas. Esta diferenciação é reflexo da quantidade de variáveis utilizadas que determinará a quantidade de fatores que serão construídos, bem como a variância total atribuída a cada fator.

Tabela 2- Fatores, autovalores, porcentagem da variância total por fator e variância total acumulada

Fatores	Canindé			Moxotó		
	Autovalores	Varição Simples (%)	Varição Acumulada (%)	Autovalores	Varição Simples (%)	Varição Acumulada (%)
1	2.503673	50.07	50.07	2.121653	42.43	42.43
2	0.955707	19.11	69.19	1.016929	20.34	62.77
3	0.927087	18.54	87.73	0.939389	18.79	81.56

As comunalidades encontradas no presente estudo variaram de 0.750620 a 0.944389 para a raça Canindé (Tabela 3) e de 0.735450 a 0.893281 para a raça Moxotó (Tabela 4). Estes valores estão de acordo com os recomendados por Hair Jr et al. (2009), que sugere que as variáveis devem apresentar o valor mínimo aceitável é de 0,50 de comunalidade para um bom ajuste do modelo. Além disso, uma baixa comunalidade entre um grupo de variáveis é um indicativo de que elas não estão linearmente correlacionadas e, portanto, não devem ser inseridas na análise fatorial. Estatisticamente, as comunalidades representam a contribuição de cada variável para explicar os fatores, ou seja, é um índice de variabilidade total explicada por todos os fatores para cada variável (Morrison, 1976).

Tabela 3- Pesos dos fatores para as medidas morfométricas de caprinos pertencentes as raças localmente adaptadas Canindé.

Var ¹	Canindé			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	C ²
AC ³	0.839182	0.157332	-0.147107	0.750620
PT ⁴	0.895340	-0.011956	0.215197	0.848087
PC ⁵	0.846183	0.070319	0.359559	0.850252
CO ⁶	0.092999	0.990323	0.061085	0.993119
CC ⁷	0.130985	0.060570	0.961022	0.944389
V.T.E.*	44.9538	20.2850	22.4906	

(V.T.E.* - Variância Total Acumulada); ¹Var = variáveis; ²C = comunalidade; ³AC: Altura da Cernelha; ⁴PT: Perímetro Torácico; ⁵PC: Peso corporal; ⁶CO: Comprimento da Orelha ⁷CC: Comprimento do corpo.

Tabela 4- Pesos dos fatores para as medidas morfométricas de caprinos pertencentes as raças localmente adaptadas Moxotó.

Var ¹	Moxotó			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	C ²
AC ³	0.244966	0.797128	0.200071	0.735450
PT ⁴	0.842453	0.331118	-0.023087	0.819898
PC ⁵	0.936524	0.003313	0.12725	0.893281
CO ⁶	0.003067	0.196271	0.904073	0.855880
CC ⁷	0.487097	-0.50245	0.532675	0.773463
V.T.E.*	37.6817	20.7208	23.1569	

(V.T.E.* - Variância Total Acumulada); ¹Var = variáveis; ²C = comunalidade; ³AC: Altura da Cernelha; ⁴PT: Perímetro Torácico; ⁵PC: Peso corporal; ⁶CO: Comprimento da Orelha ⁷CC: Comprimento do corpo.

Observa-se que, apesar de todas as comunalidades serem suficientemente altas (> 0,5), a variável AC apresentou menor comunalidade em ambas as raças estudadas (Tabelas 3 e 4), ou seja, a característica detém contribuição inferior para explicação da variação total dos fatores quando comparada às demais variáveis.

Quanto maior a comunalidade, maior será o poder daquela variável em explicar os fatores considerados. Para os animais pertencentes a raça Canindé, a característica CO apresentou maior comunalidade (0.99) e, portanto, maior capacidade de explicar a variabilidade total dos fatores extraídos.

Segundo Deza et al (2007), o tamanho da orelha é uma característica indispensável nos estudos de caracterização de raças localmente adaptadas, devido ao fato destes animais apresentarem orelhas pequenas e eretas como característica típica. Similarmente, Medeiros et al. (2020) consideram o tamanho da orelha com um excelente descritor de raças localmente adaptadas, o que possibilita verificar processos de diluição genética apenas observando os desvios nessa característica dentro de uma raça ou ecótipo.

A característica PC apresentou maior comunalidade (0.89) na avaliação de caprinos da raça Moxotó, com maior carga fatorial no primeiro fator. Segundo Ribeiro et al (2017), as raças localmente adaptadas de cabras brasileiras são caracterizadas por serem animais de pequeno a médio porte, e os adultos pesam entre 34 e 42 kg.

No entanto, a utilização de reprodutores de raças exóticas em programas de cruzamentos, prática comum na caprinocultura no Nordeste do Brasil, tem contribuído para perda das características raciais das raças localmente adaptadas. Diante deste cenário, podemos considerar o PC um bom descritor para caracterização de raças localmente adaptadas, com a

possibilidade de verificar, através de desvios nessa característica, possíveis processos de diluição genética na raça alvo de estudo.

Os primeiros fatores estão associados aos maiores autovalores retendo, assim, maior variância dos dados. As variáveis de maior peso no fator 1 para caprinos Canindé foram AC, PT e PC, este fator explicou 44,95% da variação total dos dados. Para a raça Moxotó, as variáveis de maior peso no fator 1 foram PT e PC, o que explicou 37,68% da variação total dos dados. Essas variáveis possuem cargas significativas, com valores acima de 0,5.

Além disso, todas as cargas estão acima de 0,70, o que significa que mais da metade da variância é explicada pelas cargas em um só fator. Cargas fatorais maiores que 0,70 são consideradas indicativas de estrutura bem definida e a meta de qualquer análise fatorial (Hair Jr et al., 2009). As variáveis AC, PT, PC estão associados a características adaptativas de caprinos localmente adaptados, além disso, o PT e AC são medidas corporais comumente utilizadas para prever o peso vivo animal. Assim, para ambas as raças, o primeiro fator foi denominado como “fator desempenho”.

Para Fitzhugh (1978), o tamanho corporal apresenta vantagens biológicas importantes quanto aos aspectos relacionados à adaptação, resistência e tipo de exploração. Daramola e Adeloje (2009) afirma que o tamanho corporal é uma das características adaptativas mais importantes que permitem que os caprinos se ajustem ao ambiente em que são criados. Para este autor, a variação morfológica e a temperatura ambiente são fatores correlacionados, nos quais a área de superfície corporal relativamente maior das raças menores serve como um dissipador de calor eficiente em climas quentes, enquanto pequenas áreas de superfície corporal ajudam a conservar o calor em climas frios (Daramola e Adeloje, 2009).

Todavia, Calder (1984) sugere que o tamanho corporal está correlacionado com as condições nutricionais, como a disponibilidade e qualidade de alimento. Entretanto, é possível que seja uma combinação da temperatura ambiente e condições nutricionais, uma vez que estão altamente inter-relacionados com o tamanho corporal. Desse modo, podemos considerar o pequeno porte das raças localmente adaptadas uma medida adaptativa, pois aumenta a área de superfície corporal para a dissipação de calor.

Daramola e Adeloje (2009) reportaram que o pequeno tamanho de caprinos localmente adaptados está diretamente associado a outras características importantes, como qualidade dos produtos (carne, leite e pele) e menor exigência nutricional para manutenção quando comparados às raças exóticas especializadas. A menor exigência nutricional significa que as raças locais se adaptam aos recursos limitados e pastagens nativas que não podem sustentar grandes ruminantes durante todo o ciclo de produção.

As características de maiores pesos fatoriais no segundo fator para a raças Canindé e Moxotó foram CO e AC, respectivamente. Estes fatores explicaram 20,29 e 20,72% da variação total dos dados. A variável comprimento da orelha é um dos mais importantes descritores raciais de caprinos localmente adaptados, sendo assim, para raça Canindé, o fator 2 foi denominado como “fator racial”. A altura da cernelha, quando avaliada isoladamente, além de ser importante na avaliação adaptativa, também é indicador de crescimento em relação à altura dos animais, logo, para raça Moxotó, o fator 2 foi denominado “fator altura”.

Para a raça Canindé, a variável de maior peso no Fator 3 foi CC, que explicou 22,49% da variação total dos dados e está associado ao comprimento dos animais, sendo então denominado de “fator comprimento”. O CO foi a variável de maior peso no fator 3 para raça Moxotó, o que explicou 23,16% da variação total dos dados, sendo denominado como “fator racial”. Ambas as variáveis possuem cargas fatoriais significativas, com valores acima 0,70, indicando uma estrutura bem definida do modelo obtido.

Observa-se que houve diferença significativa entre os vetores de médias tanto para o teste de Pillai's, quanto para os demais testes (Wilks', Hotelling- Lawlev Trace e Roy's Greatest Root) (Tabela 5). Assim, pode-se inferir que houve diferença entre as raças com base nas medidas morfométricas avaliadas, altura da cernelha (AC), perímetro torácico (PT), comprimento da orelha (CO), comprimento do corpo (CC) e peso corporal (PC) e o peso corporal.

Tabela 5-Testes de igualdade dos vetores de médias de acordo com as medidas morfométricas raças de caprinos avaliadas.

Estatística	Valor	F	Grau de Liberdade	Den_GL	Pr > F
Wilks' Lambda	0.13313742	456.04	10	2620	<.0001
Pillai's Trace	0.94195704	233.43	10	2622	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	5.94699913	778.66	10	1962.3	<.0001
Roy's Greatest Root	5.85059228	1534.03	5	1311	<.0001

Na Tabela 6, são apresentados o número de animais e a porcentagem de classificação para cada raça. Para a raça Canindé, 37,37% dos animais foram classificados em seu grupo de origem e 62,63% destes classificados como indivíduos pertencentes a raça Moxotó. Ainda em relação à raça Moxotó, 79,30% dos animais foram classificados em seu grupo de origem, 20,57% como Canindé e 0,13% classificados como Anglo Nubiana. Apenas os animais da raça Nubiana foram 100% classificados em seu grupo de origem.

Os erros de classificação são reflexos das similaridades morfométrica que são observadas entre caprinos localmente adaptados brasileiros e distantes dos animais pertencentes a raça Nubiana, como pode ser comprovado pelas distâncias de *Mahalanobis* observadas entre as raças (Tabela 6).

Tabela 6- Número de observações e porcentagem classificada em raça utilizando análise discriminante.

Raças	Canindé		Moxotó		Nubiana		Total	%
	n	%	n	%	n	%	n	%
Canindé	185	37.37	310	62.63	0	0.00	495	100.00
Moxotó	158	20.57	609	79.30	1	0.13	768	100.00
Nubiana	0	0.00	0	0.00	54	100.00	54	100.00
Total de indivíduos	343	26.04	919	69.78	55	4.18	1317	100.00

n = número de observações; % = porcentagem classificada em cada raça.

Todas as distâncias com base nas características morfométricas entre as raças estudadas foram significativas ($P < 0,001$) (Tabela 7).

Tabela 7- Distância de Mahalanobis com base nas características morfométricas de caprinos pertencentes as raças Canindé, Moxotó e Anglo Nubiana.

Raças	Canindé	Moxotó	Nubiana
Canindé	0	0.42**	148.38**
Moxotó	0.42**	0	148.66**
Nubiana	148.38**	148.66**	0

** significativas ($P < 0,001$) de probabilidade.

As maiores distâncias foram observadas entre os animais pertencentes a raça Nubiana (148,38 e 148,66) com as raças brasileiras. Estes resultados indicam que morfometricamente as raças caprinas localmente adaptadas são distintas das raças exóticas. Rocha, Ribeiro e Lara (2004) realizaram a caracterização genética de caprinos da raça Moxotó e observaram diferenças significativas entre rebanhos das raças Moxotó e Anglo Nubiana. Do ponto de vista genético, estudos comprovam a diferenciação existente de nossas raças caprinas brasileiras das exóticas (Ribeiro et al., 2012, Rocha et al., 2016). A menor distância foi obtida entre as raças Canindé e Moxotó, isso se deve ao fato destas apresentarem características morfométricas

comuns (Ribeiro, 2006), apesar disso, são raças geneticamente distintas (Ribeiro et al., 2012; Menezes et al., 2020).

As funções lineares geradas a partir da análise discriminante encontram-se na Tabela 8. Os resultados obtidos indicam que as variáveis com maior poder de discriminação entre as raças caprinas estudadas foram PT, PC, CO e CC.

O CO é uma variável relevante a ser utilizada em estudos de caracterização, importante para discriminação de populações e raças, sendo as nossas raças caracterizadas por possuir orelhas pequenas e eretas (Ribeiro, 2006; Ribeiro, 2004). Medeiros et al. (2020), ao avaliarem caprinos da raça Moxotó, também indicaram o comprimento da orelha como um importante descritor racial para caprinos.

As variáveis PT, PC e CC também foram indicadas como importantes na discriminação das raças. Segundo Ribeiro (2006), os animais da raça Moxotó atingem 62 cm de altura, e as fêmeas adultas pesam de 30 a 40 Kg. Já os animais pertencentes a raça Canindé são leves e de pequeno porte, medindo cerca de 55 cm de altura e pesando 40 Kg. Em contra ponto, os animais da raça Nubiana são de grande porte, com peso variando de 40 a 50 kg para as fêmeas e 50 a 95 kg para os machos, com altura em torno de 70 cm para as fêmeas e 90 cm para os machos.

Tabela 8- Função Linear gerada e percentagem de animais agrupados em cada raça

Função Linear Discriminante	%
$Y (\text{Canindé}) = -235.234 + 4.155(\text{PT}) - 3.932(\text{PC}) + 5.060(\text{CO}) + 3.073(\text{CC})$	37.59
$Y (\text{Moxotó}) = -232.208 + 4.215(\text{PT}) - 3.910(\text{PC}) + 5.034(\text{CO}) + 2.961(\text{CC})$	58.31
$Y (\text{Nubiana}) = -380.700 + 3.566(\text{PT}) - 2.588(\text{PC}) + 13.152(\text{CO}) + 2.611(\text{CC})$	100.00

PT:Perímetro Torácico; PC: Peso corporal; CO: Comprimento da Orelha; CC: Comprimento do corpo.

A análise discriminante canônica permitiu a formação de duas variáveis canônicas (CAN1 e CAN2), com 98,4% da variação total concentrada na primeira função indicando grande redução do espaço amostral, com perda mínima de explicação de variação. Arandas et al. (2016) encontraram 2 variáveis canônicas que representam 70 e 94% da variação total, respectivamente, em estudos com caprinos localmente adaptados pertencentes a raça Canindé (Figura 2), cuja diferença deve ser atribuída ao tamanho da amostra, já que se trata de estudo com a mesma raça.

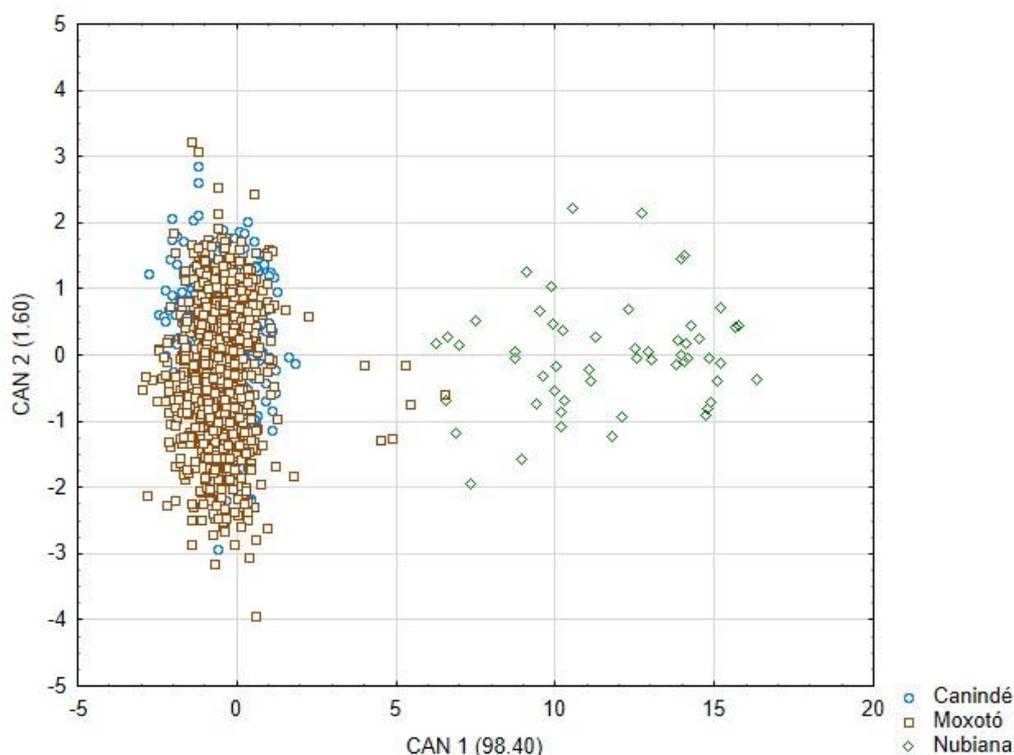


Figura 2. Representação canônica das variáveis morfológicas, por raça.

Através da representação gráfica, foi possível observar a formação de dois grupos distintos, um formado pelas raças localmente adaptadas Canindé e Moxotó e o outro pela raça exótica Nubiana. Estes resultados demonstram que as raças Canindé e Moxotó são semelhantes do ponto de vista morfológico e distante da Nubiana, como já comprovado pela porcentagem de classificação e distância de Mahalanobis (Tabela 7 e 8).

Esse distanciamento foromoestrutural das raças locais (Moxotó e Canindé) com a exótica Nubiana demonstra que o uso da raça Nubiana não tem sido tão impactante sobre o patrimônio genético local; também reflete o manejo reprodutivo adotado nos rebanhos locais. Estes resultados são positivos para a conservação das raças locais que, segundo Menezes et al. (2020), dispõem de importante variabilidade genética intra e inter-racial para ser salvaguardada através da conservação *in situ* e *ex situ*. Apesar da prática de introdução de raças exóticas nas últimas décadas na caprinocultura no Nordeste para cruzamento com raças localmente adaptadas, estes resultados indicam que ainda existe homogeneidade fenotípica e manutenção dos padrões raciais.

4 CONCLUSÃO

Os valores encontrados para as medidas morfométricas das raças localmente adaptadas Canindé e Moxotó estão de acordo com os seus padrões raciais. As variáveis CO e PC se comportaram como importantes descritores raciais.

As variáveis PT, PC, CO e CC foram identificadas com maior poder discriminatório entre as raças estudadas.

A análise multivariada mostrou-se eficiente para caracterizar o perfil morfométrico das raças caprinas brasileiras e estes resultados servirão de base para programas de conservação.

5 REFERÊNCIAS

ARANDAS J. K. G et al. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, n. 1, p. 152–158, 2016.

BOWLEY, S. C. et al. Genetic Cryopreservation of Rare Breeds of Domesticated North American Livestock : Smithsonian & SVF Biodiversity Preservation Project. p. 1–4, 2019.

CALDER WA. 1984. Size, function and life history. Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts, USA.

CHACÓN, E. et al. Índices zoométricos de uma amostra de Cabras Crioulas Cubanas Zoometric Indices in a sample of Cuban Creole Goats. **Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, v. 1, p. 1–4, 2008.

COSTA, R. G. et al. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região semi-árida do estado da Paraíba. Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, p. 195–205, 2008.

DARAMOLA, J. O.; ADELOYE, A. A. Physiological adaptation to the humid tropics with special reference to the West African Dwarf (WAD) goat. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, n. 7, p. 1005–1016, 2009.

DEZA, C., DIAZ, M.P., VARELA, L.; et al.. Caracterización del caprino criollo del noroeste de la provincia de Córdoba (Argentina) y su relación con la aptitud productiva. **Sitio Argentino de Producción Animal Caracterización**, p. 1–7, 2007.

DOSSA L.H.; WOLLNY, C.; GAULY, M. 2007. Spatial variation in goat populations from Benin as revealed by multivariate analysis of morphological traits. *Small Ruminant Res.* 73:150–159. doi:10.1016/j.small rumres. 2007.01.003.

FAO. (2007). **The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture** – in brief, edited by Dafydd Pilling & Barbara Rischkowsky. Rome.

FAO. (2015). **The second report on the state of the world's animal genetic resources for food and agriculture**. In B. D. Scherf & D. Pilling (Eds.), FAO commission on genetic resources for food and agriculture assessments, Rome, Italy. <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>

FERNANDES, A. A. O.; MACHADO, F. H. F.; ANDRADE, J. M. S. de et al. Efeito do cruzamento de caprinos no Ceará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.20, n.1, p.109-114, 1985.

FERREIRA, D.F. **Estatística multivariada**. 1 ed. Lavras: Ufla, 2008.

FITZHUGH, H.A. Animal size and efficiency, with special referenceto the breeding female. **Animal Production**, v.27, p.393-401, 1978.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. 1998. **Multivariate Data Analysis**. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

HAIR JR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TathaM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 689p.

HERRERA, M., RODERO., E., GUTIERREZ. M.J et al. Application of multifactorial discriminant analysis in the morphostructural differentiation of Andalusian caprine breeds. **Small Ruminant Research**, v. 22, p.39-47, 1996.

JARDIM, W.R. 1984. Criação de caprinos. (10 ed.) São Paulo: Biblioteca Rural. 239 p.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: artificial data. **Applied Statistics**, v.21, p.160-173, 1972.

KAISER, HENRY F., "A Second Generation Little Jiffy," *Psychometrika*, 1970, 35, 401-416.

KAISER HF. An index to factorial simplicity. *Psychometrika*. 1974; 39 (1): 31-36

KOSGEY, I. S. Breeding objectives and breeding strategies for small ruminants in the tropics. 2004.

LIMA, P. J. S. . et al. Gestão genética de raças caprinas nativas no estado da Paraíba. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, p. 623–626, 2007.

MEDEIROS, R. B. N. et al. Is multivariate analysis a useful tool to assess the morphometric profile of endangered goats? **Small Ruminant Research**, v. 190, 2020.

Menezes, M.P.C.; Martinez, A.M.; Pimenta Filho, E.C.; Vega-Pla, J.L.; Delgado, J.V.; Arandas, J.K.G.; Rocha, L.L.; Ribeiro, M.N. Diversity Analysis and Genetic Relationships among Local Brazilian Goat Breeds Using SSR Markers. *Animals* 2020, 10, 1842.

MELLO, F.A.; SCHMIDT, V. Caracterização biométrica de caprinos Anglo-Nubianas

nascidos no Brasil, no período de 1993 a 2001. **Arch. Zootec.**, v.57, p.525-535, 2008.

NASCIMENTO, R.B. Caracterização morfoestrutural e do sistema de criação da raça Moxotó em seu centro de origem com base no conhecimento local. 2010. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

OLIVEIRA, J. C. V et al. Caracterização e perfil genético visível de caprinos nativos no estado de Pernambuco. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 63–73, 2006.

RAMOS, A.; ALBUQUERQUE, M.; MARIANTE, A. Banco Brasileiro de Germoplasma Animal: desafios e perspectivas da conservação de caprinos no Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 35, p. 104–107, 2011.

RIBEIRO, M. N. Estado de conservação de caprinos naturalizados no Brasil. **Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Zootecnia**, p. 6, 2006.

RIBEIRO, M.N. et al 2004. Estudio de las correlaciones entre características fenotípicas de caprinos naturalizados. **Arch. Zootec.**, 53: 337-340, 2004a.

RIBEIRO, N. L.; MEDEIROS, A. N.; RIBEIRO, M. N.; et al. Estimación del peso vivo de caprinos autóctonos brasileños mediante medidas morfométricas. **Archivos Zootecnia**, v.53, p.341-344, 2004b.

RIBEIRO, M. N. et al. Caracterización, evaluación y conservación de caprinos Moxotó en el Estado de Pernambuco, Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v. 12, n. 4, p. 54-58, 2004.

RIBEIRO, M. N., DE CARVALHO, F. F. R., COSTA, R. G., PIMENTA FILHO, E. C., ARANDAS, J. K., & SÉRVIO, H. S. Current Situation and Outlook of Several Local Goat Breeds in the Semi-arid Regions of Brazil. In **Sustainable Goat Production in Adverse Environments: Volume II** (pp. 259-269). Springer, Cham.2017

RIBEIRO, M. N.; Bruno-de-Sousa, C. ; Martinez-Martinez, A. ; Ginja, C. ; Menezes, M.P.C. ; FILHJO, E. C. P. ; Delgado, J.V. ; Gama, L.T. . Drift across the Atlantic: genetic differentiation and population structure in Brazilian and Portuguese native goat breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetics** (1986) , v. 129, p. 79-87, 2012.

ROCHA, L. L.; BENÍCIO, R. C.; OLIVEIRA, J. C. V.; et al. Avaliação morfoestrutural de caprinos da raça Moxotó. **Archivos de Zootecnia**, v.56, p.483-488, 2007.

ROCHA L.L, RIBEIRO MN, LARA MAC et al (2004) Caracterização genética e morfoestrutural de caprinos da raça Moxotó. **Rev Científ de Prod Anim** 6:59–60, 2004.

ROCHA, L. L. et al. Impact of foreign goat breeds on the genetic structure of Brazilian indigenous goats and consequences to intra-breed genetic diversity. **Small Ruminant Research**, v. 134, p. 28–33, 2016.

SCHERF, B.; BAUMUNG, R. Monitoring the implementation of the Global Plan of Action for Animal Genetic Resources. **Biodiversity**, v. 16, n. 2–3, p. 149–156, 2015.

SILVA, J.V., M.N. RIBEIRO e E.C. PIMENTA FILHO. 2001. Caracterização fenotípica de quatro grupos de caprinos naturalizados no Brasil. In: III SIRGEALC - Simpósio de Recursos Genéticos para Alimentação Latina e Caribe, 3, Londrina, Anais... Londrina: Simpósio de Recursos Genéticos. pp. 472-474. 2001.

SILVA, J. V.; RIBEIRO, M. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; SERENO, J. R. B. Caracterización fenotípica de caprinos naturalizados en Brasil. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, n. prelo, 2004.

CAPÍTULO III

ARTIGO:

MODELAGEM MULTIVARIADA PARA CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE CAPRINOS LOCALMENTE ADAPTADOS

MODELAGEM MULTIVARIADA PARA CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE CAPRINOS LOCALMENTE ADAPTADOS

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES¹, JANAINA KELLI GOMES ARANDAS¹, LAURA LEANDRO DA ROCHA¹, MARIA NORMA RIBEIRO¹

RESUMO - Objetivou-se com este estudo estabelecer um modelo multivariado usando análise de regressão múltipla *stepwise* para estimar o peso corporal de cabras localmente adaptadas brasileiras a partir de medidas morfométricas. Foi utilizado um banco de dados composto de informações morfométricas (cm) de altura da cernelha (AC), perímetro torácico (PT), comprimento do corpo (CC) e peso (kg) (PC) de fêmeas adultas das raças Moxotó (N=768) e Canindé (n=495). As medidas morfométricas foram submetidas à análise estatística de regressão múltipla para obtenção dos modelos de predição e o procedimento *stepwise* foi utilizado para seleção das variáveis. Os modelos foram selecionados levando-se em consideração o coeficiente de determinação do modelo (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), erro quadrático médio (RMSE) e a estatística Cp de Mallows. Os modelos PC = $-30.63 + 0.55 PT + 0.30 CC$ ($R_{aj}^2 = 0.65$, RMSE = 2.65, Cp = 2.00) e PC = $-38.68 + 0.61 PT + 0.23 CC + 0.13 AC$ ($R_{aj}^2 = 0.70$, RMSE = 2.78, Cp = 4.00) foram os mais adequados para a estimativa do peso vivo das raças Moxotó e Canindé, respectivamente. Os modelos multivariados obtidos pela análise de regressão múltipla podem ser utilizados com certa precisão na estimativa de peso corporal de caprinos localmente adaptados.

Palavra-chave: Regressão múltipla, raças locais, método *stepwise*, medidas morfométricas.

MULTIVARIATE MODELING FOR MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF LOCALLY ADAPTED GOATS

ZAQUEU FERREIRA RODRIGUES¹, JANAINA KELLI GOMES ARANDAS¹, LAURA
LEANDRO DA ROCHA¹, MARIA NORMA RIBEIRO¹

ABSTRACT - The aim of this study was to establish a multivariate model using multiple stepwise regression analysis to estimate the body weight of locally adapted Brazilian goats from morphometric measurements. A database composed of morphometric information (cm) of at the wither height (WH), chest girth (CG), body length (BL) and weight (kg) (CP) of adult females of the Moxotó breeds (N = 768) and Canindé (n = 495). The morphometric measures were subjected to statistical analysis of multiple regression to obtain the prediction models and the stepwise procedure was used to select the variables. The models were selected taking into account the coefficient of determination of the model (R^2), coefficient of adjusted determination (R_{aj}^2), mean square error (RMSE) and Mallows' Cp statistic. The models $BW = -30.63 + 0.55 CG + 0.30 BL$ ($R_{aj}^2 = 0.65$, RMSE = 2.65, Cp = 2.00) e $BW = -38.68 + 0.61 CG + 0.23 BL + 0.13 WH$ ($R_{aj}^2 = 0.70$, RMSE = 2.78, Cp = 4.00) were the most suitable for estimating the live weight of the Moxotó and Canindé breeds, respectively. The multivariate models obtained by the multiple regression analysis can be used with a certain precision in the estimation of body weight of locally adapted goats.

Keywords: Multiple regression. Local breeds. *Stepwise* method. Morphometric measurements.

1 INTRODUÇÃO

A criação de cabras é responsável pela redução da pobreza e garantia de segurança alimentar de pequenos criadores e comunidades tradicionais nos países em desenvolvimento (Hegde, 2020; Utaaker et al., 2021). Além disso, esses animais servem como reservas emergenciais de caixa para atender necessidades urgentes como tratamento médico, educação de crianças e aquisição de insumos (Hegde; Deo, 2020). No Brasil, as raças Moxotó e Canindé são as principais representantes das raças de caprinos localmente adaptadas (RIBEIRO, 2017). Apesar da sua grande importância, as raças locais estão sob constantes ameaças.

Medidas morfométricas têm sido frequentemente utilizadas em estudos com raças caprinas devido a sua capacidade de fornecer informações relevantes sobre esses animais (Medeiros et al., 2020; Pesmen; Yardimci, 2008), São importantes, por exemplo, para prever as características quantitativas da carcaça (Abdel-Mageed; Ghanem, 2013; Jibir et al., 2013; Tesema et al., 2019) em estudos de caracterização e diversidade fenotípica (Adamu et al., 2020; Bedada; Gilo; Debela, 2019; Singh; Chaurasia; Borkotoky, 2018) e, além disso, podem ser usadas de maneira indireta para estimar o peso corporal dos animais (Mahieu; Navès; Arquet, 2011; Quaresma et al., 2019; Yilmaz; Cemal; Karaca, 2012).

A utilização de medidas morfométricas é a maneira mais prática e menos onerosa para estimar o peso corporal, especialmente na criação de pequenos ruminantes, caracterizada por possuir em seus sistemas instalações de contenção ineficientes e poucos possuem equipamentos para pesagem, como balanças (Shirzeyli; Lavvaf; Asadi, 2013).

O conhecimento do peso vivo do animal é fundamental para rentabilidade do sistema de produção, principalmente em sistemas extensivos, pois os preços dos animais dependem principalmente da obtenção das informações sobre essa variável (Cam; Olfaz; Soydan, 2010). A falta dessa informação é um fator limitante na cadeia produtiva, pois desfavorece os pequenos criadores, não garantindo uma remuneração justa.

Nesse contexto, modelos multivariados são úteis e permitem a análise do relacionamento entre múltiplas variáveis explicativas. Pesquisas, cujo foco é investigar o efeito exercido por duas ou mais variáveis morfométricas sobre uma variável dependente, utilizam a análise de regressão múltipla para o alcance dos objetivos (Berhe, 2017; Eydurán et al., 2013; Raja; Ruhil; Gandhi, 2012).

Assim, objetivou-se com este estudo determinar modelos multivariados para estimar o peso corporal de cabras de raças localmente adaptadas brasileiras, Moxotó e Canindé, a partir de medidas morfométricas através da análise de regressão múltipla.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostra e coleta de dados

Os dados foram oriundos de estudos já realizados dentro da linha de pesquisa “Conservação de Raças Localmente adaptadas do Nordeste”, dentre eles: *Caracterização de Caprinos de Raças Nativas como ferramentas para Programas de Melhoramento e Conservação*, como estudos desenvolvidos, por Arandas et al. (2016); Medeiros et al. (2020); Oliveira et al. (2006); Ribeiro et al. (2004); Rocha et al. (2007); e Silva et al. (2004).

2.2 Características Morfométricas

O banco de dados utilizado foi composto de informações morfométricas (cm) de altura da cernelha (AC), perímetro torácico (PT), comprimento do corpo (CC) e peso (PC) (kg) de 1.263 fêmeas, pertencentes as raças caprinas localmente adaptadas Moxotó (N=768) e Canindé (n=495) (Figura 1).

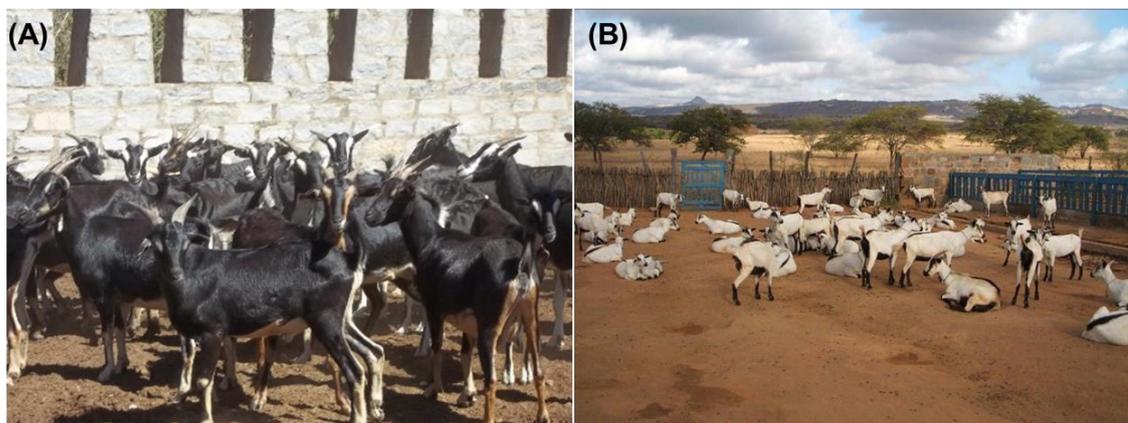


Figura 1 - Animais das raças caprinas localmente adaptadas Canindé (A) e Moxotó (B).

Para obtenção das medidas corporais, foi utilizada uma fita métrica, conforme a metodologia da FAO (2012) e peso (PC), obtido através da pesagem dos animais em balança.

2.3 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de regressão múltipla por meio dos procedimentos PROC, REG, método stepwise, do SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). As equações foram selecionadas

levando-se em consideração o coeficiente de determinação do modelo (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), erro quadrático médio (RMSE) e a estatística Cp de Mallows.

2.3.1 Coeficiente de determinação (R^2)

O coeficiente de determinação (R^2) mede proporção da variabilidade total na variável dependente (y), que pode ser explicada a partir das variáveis independentes (Hahn, 1973). R^2 é a razão entre a soma de quadrados da regressão (SQR) e soma total de quadrados (SQT) (Hair et al., 2009).

O modelo matemático utilizado na análise foi:

$$R^2 = 1 - \frac{sQR}{sQT} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (01)$$

O coeficiente de determinação está entre $0 \leq R^2 \leq 1$ logo, quanto mais próximo de 1 estiver o valor de R^2 , melhor será o ajuste do modelo, e quanto mais próximo de 0, pior é o ajuste.

2.3.2 Coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2)

Utilizado para verificar a proporção da variação explicada apenas por aquelas variáveis independentes que realmente ajudam a explicar a variável dependente, a medida penaliza por adicionar variáveis independentes no modelo que não ajudam na previsão da variável dependente. Isso significa que o R_{aj}^2 pode cair se as variáveis independentes acrescentadas tiverem pouco poder de explicação e/ou se os graus de liberdade se tornarem muito pequenos (Hair et al., 2009).

O modelo matemático utilizado na análise foi:

$$R_{aj}^2 = 1 - (1 - r^2) \frac{n - 1}{n - p} \quad (02)$$

Em que: n = número de observações da amostra; p = número de parâmetros do modelo. O coeficiente de determinação está entre $0 \leq R_{aj}^2 \leq 1$, logo, quanto mais próximo de 1 estiver o valor de R_{aj}^2 , melhor será o ajuste do modelo, e quanto mais próximo de 0, pior é o ajuste.

2.3.3 Erro Quadrático Médio (RMSE)

Parâmetro utilizado para verificar as diferenças individuais entre os valores previstos pelo modelo (\hat{Y}_i) e os observados (y_i). Isso significa que a medida quantifica a magnitude do erro de um modelo na previsão de dados quantitativos. O RMSE atribui um peso maior aos erros de maior magnitude, e peso menor aos erros de menor magnitude. Assim, uma razoável à escolha do modelo será aquela que minimiza RMSE. Quanto menor for o valor do RMSE, melhor será o desempenho do modelo (Naes et al., 2002).

O modelo matemático utilizado na análise foi:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (03)$$

Em que: n = número total de observações; y_i = valor observado (real) para a i -ésima observação; \hat{Y}_i = valor predito para a i -ésima observação.

2.2.4 C_p de Mallows

O C_p de Mallows (Mallows, 1973) é uma medida de adequação que é frequentemente usada para avaliar o modelo de regressão. A estatística C_p é delineada contra o número de parâmetros no modelo (p), ou seja, quanto mais pequeno ou próximo for C_p de p , menos tendenciosas são as estimativas dos parâmetros e melhor é o modelo (Hair et al., 1998).

O modelo matemático utilizado na análise foi:

$$C_p = \frac{SQR_p}{\hat{\sigma}^2} - n + 2p \quad (04)$$

Em que: SQR_p = soma de quadrados dos resíduos do modelo; p = parâmetros; $\hat{\sigma}^2$ = estimativa da variância amostral do erro; n = número de observações.

2.2.4 Seleção de variáveis

Para análise de regressão, foi adotado o procedimento *stepwise*, que tem o objetivo de avaliar a significância estatística dos parâmetros de determinadas variáveis explicativas e inclui

apenas aquelas que apresentam relevância a determinado nível de confiança (Hair et al., 2009). As variáveis incluídas pelo método de regressão *stepwise* foram, então, utilizadas para desenvolver as equações para o peso corporal.

A análise de regressão múltipla pelo método *stepwise* foi realizada usando o modelo:

$$y = a + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + e \quad (05)$$

Em que: Y = variável dependente (peso corporal); α = intercepto da equação de regressão; β_1 , β_2 e β_n = coeficientes de regressão das variáveis X₁, X₂ e X_n; X₁, X₂ e X_n = variáveis explicativas (medidas morfométricas) e e = erro aleatório residual.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção adequada dos modelos, foram avaliados com base no coeficiente de determinação (R²), coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}²), estatística C_p de Mallows e a raiz quadrada média do erro (RMSE) (Tabela 1).

Tabela 1- Equações de predição para as características morfométricas de caprinos localmente adaptados

Modelo	Equações	R ²	R _{aj} ²	RMSE	C _p	P-value
Raça Moxotó						
1	PC = -13.77 + 0.58 (PT)	0.53	0.53	3.32	275.18	<0.0001
2	PC = -30.63 + 0.55 (PT) + 0.30 (CC)	0.65	0.65	2.85	2.00	<0.0001
3	PC = -30.69 + 0.55 (PT) + 0.30(CC) + 0.00125 (AC)	0.65	0.65	2.85		<0.0001
Raça Canindé						
1	PC = -24.09 + 0.73 (PT)	0.66	0.66	2.97	70.13	<0.0001
2	PC = -35.27 + 0.68 (PT) + 0.21 (CC)	0.69	0.69	2.83	22.22	<0.0001
3	PC = -38.68 + 0.61 (PT) + 0.23(CC) + 0.13 (AC)	0.70	0.70	2.78	4.00	<0.0001

PC: Peso corporal; PT: Perímetro Torácico; CC: Comprimento do corpo; AC: Altura da Cernelha; R² - coeficiente de determinação; R_{aj}² - coeficiente de determinação ajustado; RMSE - erro quadrada média do erro; C_p - estatística C_p de Mallows e p<0,0001 - significativo a 1% de probabilidade.

Através da análise de regressão múltipla, foi possível observar que todas as equações de predição foram significativas (P <0,0001) para ambas as raças e apresentaram coeficiente de determinação (R²) variando de 0,53 a 0,65 para a raça Moxotó e de 0,66 a 0,70 para a raça Canindé (Tabela 1). Segundo Plonsky e Ghanbar (2018), o R² é uma medida fundamental da precisão preditiva de qualquer modelo de regressão. O R² pode variar no intervalo de 0 a 1 e

mede a proporção de variação na variável dependente explicada pelos preditores incluídos no modelo (Zhang, 2017). Valores de R^2 próximos de 1,0 indicam que o modelo proposto é adequado para descrever o fenômeno, dessa forma, podemos concluir que, quanto mais próximo de 1, melhor o ajuste do modelo considerado, portanto, melhor a previsão da variável dependente.

Para os animais pertencentes a raça Moxotó, a predição do peso corporal com apenas variável PT incluída no modelo apresentou $R^2 = 0,53$. Enquanto o segundo modelo, considerando a adição de uma nova variável preditora (CC), melhorou a precisão do R^2 de 0,53 para 0,65, ou seja, 65% da variabilidade pode ser explicada pelo modelo de regressão (Tabela 1). Abdel-mageed e Ghanem (2013) concluíram que, embora o PT seja a característica mais altamente correlacionada ao peso corporal, combiná-la com outras medidas corporais lineares em regressões múltiplas produzirá a melhor equação de predição para o peso corporal, o que foi observado no presente estudo.

A inclusão de uma terceira variável (AC) no modelo não resultou em melhora na estimativa do coeficiente de determinação (modelo 3) $R^2 = 0,65$. Resultado semelhante ao obtido por Afolayan, Adeyinka, e Lakpini (2018), trabalhando com objetivo de estimar o peso corporal com base em uma combinação de medidas morfométricas em ovelhas de raça local da Nigéria, observaram que as regressões lineares múltiplas usando três medidas corporais na equação não resultaram em melhor estimativa para peso corporal.

Em relação à raça Canindé, o R^2 para os dois primeiros modelos, apresentou comportamento semelhante aos modelos 1 e 2 da raça Moxotó. A predição do peso corporal com apenas o PT incluído no modelo apresentou menor R^2 (0,66) (Modelo 1), enquanto o modelo 2 com a inclusão de CC contribuiu para um aumento na estimativa do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,69$) (Tabela 1).

Este mesmo comportamento foi observado por Agamy et al. (2015), trabalhando com diferentes raças de ovinos localmente adaptadas, com o objetivo de estabelecer equações de predição para o peso corporal usando medidas morfométricas, observaram aumento no valor de R^2 quando o perímetro torácico deixa de ser a única variável preditora no modelo e a variável comprimento do corpo é adicionada à equação. Já a equação que considera três variáveis predictoras (PT, CC e AC) melhorou o R^2 para 0,70. Este mesmo comportamento foi observado por Cam, Olfaz e Soydan (2010), estimando o peso corporal e o rendimento de carcaça de ovelhas Karayaka a partir de medidas corporais, encontraram uma melhora no R^2 com aumento no número de variáveis predictoras no modelo.

Apesar do R^2 ser a medida mais comumente utilizada para avaliar a qualidade do ajuste em um modelo de regressão linear (Cheng; Shalabh; Garg, 2014; Srivastava; Ullah, 1995), apresenta limitações e pode ser facilmente tornada artificialmente alta, incluindo um grande número de variáveis independentes no modelo. Quanto mais variáveis independentes forem incluídas, maior será o coeficiente de determinação, independentemente de a variável adicionada ser ou não, do ponto de vista estatístico, significativa. Isso, no entanto, diminui a precisão da estimativa (Coutinho et al., 2012; Schneider; Hommel; Blettner, 2010). Dessa forma, um valor alto de R^2 não significa obrigatoriamente que o modelo de regressão seja considerado bom.

O R^2 ajustado (R_{aj}^2) tenta corrigir esta limitação, penalizado pelo aumento do número de variáveis (Harel, 2009). Este, por sua vez, mede a proporção da variação explicada apenas por aquelas variáveis independentes que realmente ajudam a explicar a variável dependente. Para Montgomery e Runger (2012), esta medida é mais adequada para modelos de regressão múltipla do que R^2 , que funciona como uma importante ferramenta para avaliar o ajuste do modelo. De acordo com Hair et al. (2009), esta estatística é muito útil para comparação entre equações com diferentes números de variáveis independentes, diferentes tamanhos de amostras, ou ambos.

Os valores de R_{aj}^2 encontrados no presente estudo foram semelhantes ao valor de R^2 para ambas as raças avaliadas, variando 0,53 a 0,65 para a raça Moxotó e de 0,66 a 0,70 para a raça Canindé (Tabela 1). Diferenças entre os valores do R^2 e o R^2 ajustados podem ser encontradas quando o valor de R^2 aumenta com adição de uma variável no modelo, mesmo quando não existe uma verdadeira melhoria ao modelo, o que não é o caso deste estudo. Segundo Montgomery e Runger (2012), a adição contínua de variáveis preditoras no modelo resultará inicialmente em um aumento do R_{aj}^2 e posterior estabilização, que é consistente com o presente estudo. Contudo, após a estabilização, o aumento de variáveis independentes que não afetam a variável dependente no modelo, já que diminuirá o valor do R^2 ajustado (Tabela 1).

Através dos modelos obtidos, podemos indicar que, para as raças Moxotó e Canindé, respectivamente, os modelos 2 e 3 apresentaram os melhores ajustes (Tabela 1). Especificamente para a raça Moxotó, o modelo 2 e 3 apresentaram valores iguais em relação ao R^2 (0,65) e R_{aj}^2 (0,65). Todavia, a seleção do modelo 2 está fundamentada no princípio da parcimônia do modelo, isto é, o modelo mais simples possível, ou seja, aquele envolve o mínimo de variáveis preditoras.

O modelo selecionado é mais simples do ponto de vista matemático, tanto quanto prático. Além disso, a inserção indiscriminada de variáveis irrelevantes no modelo pode mascarar os verdadeiros efeitos, devido ao aumento da multicolinearidade, o que torna a interpretação de todas as variáveis mais complicada (Hair et al., 2009). No geral, os valores do R^2 ajustado obtidos indicam que os modelos explicam em mais de 50% a variância da variável dependente

A precisão dos dados modelados também foi quantificada usando a estatística do erro quadrático médio (RMSE). De acordo com Williams e Esteves (2017), o valor RMSE é frequentemente expresso como uma porcentagem, onde valores mais baixos indicam menos variância residual e, portanto, melhor desempenho do modelo. Os valores do RMSE obtidos no presente estudo variaram de 3,32 a 2,85 para a raça Moxotó e de 2,97 a 2,78 para a raça Canindé (Tabela 1). As variáveis CC para raça Moxotó e AC para Canindé, quando incluídas nos modelos, melhoraram o desempenho do modelo. Este resultado, está de acordo com referido por Sharma, Machiwal e Jha (2019), que asseguram que RMSE melhora progressivamente à medida que mais parâmetros são adicionados ao modelo.

É importante destacar que o valor RMSE fornece uma medida quantitativa de quão bem o modelo se ajusta aos dados com base na média dos dados (Williams; Esteves, 2017). De acordo com Kambezidis (2012), quanto menor for o valor do RMSE, melhor será o desempenho do modelo. Ritter e Muñoz-Carpena (2013) consideram que os valores de RMSE iguais a zero indicam um ajuste perfeito. Assim, sugerimos os modelos 2 (RMSE = 2,85) e 3 (RMSE = 2,78) para as raças Moxotó e Canindé, respectivamente, pois apresentaram os melhores desempenhos (Tabela 1). Estes resultados demonstram uma pequena diferença entre os valores previstos pelos modelos e os valores realmente observados, indicando maior precisão preditiva do modelo.

A seleção dos melhores modelos também foi verificada através da estatística Cp de Mallows (Tabela 1). Para a raça Moxotó, a medida de adequação variou de 275,18 a 2,00 quando adicionamos à característica CC. Assim também os valores Cp obtidos para raça Canindé variaram de 70,3 a 4,00 quando adicionamos às variáveis CC e AC. Diante destes resultados, sugerimos os modelos 2 (Cp = 2,00) e 3 (Cp = 4,00) para as raças Moxotó e Canindé, respectivamente, porque apresentaram os melhores desempenhos, uma vez que obtiveram os menores valores (Tabela 1).

Segundo Hair Júnior et al. (1998), a estatística Cp é delineada contra o número de parâmetros no modelo (p), ou seja, quanto mais próximo for Cp de p, menos tendenciosas são as estimativas dos parâmetros e melhor é o modelo. Estes resultados indicam que o modelo é relativamente preciso e possui variância pequena na estimativa verdadeira dos coeficientes da

regressão e na previsão de respostas futuras. Além disso, os valores baixos de C_p indicam modelos de regressão parcimoniosos, mas ainda com boa capacidade preditiva (Miyashiro; Takano, 2015).

Portanto, com base nos resultados apresentados e discutidos, sugerimos para as cabras adultas da raça Moxotó, como melhor modelo de predição do peso corporal, aquele que considera duas variáveis preditoras (PT e CC) no modelo, apresentando R_{aj}^2 de 0,65 com RMSE de 2,85 e C_p de 2,00. A medição dessas duas características é uma prática simples em condições de campo, indicando que elas podem ser facilmente utilizadas para a estimativa do peso corporal. Para fêmeas adultas pertencentes a raça Canindé, consideramos como melhor modelo de predição do peso corporal aquele que considera três variáveis preditoras (PT, CC e AC) no modelo apresentando R_{aj}^2 de 0,70 com RMSE de 2,78 e C_p de 4,00.

4 CONCLUSÕES

Os modelos multivariados obtidos pela análise de regressão múltipla podem ser utilizados com certa precisão na estimativa de peso corporal de caprinos localmente adaptados brasileiros. O melhor para modelo para raça Moxotó deve incluir as variáveis PT e CC e para Canindé as variáveis PT, CC e AC.

5 REFERÊNCIAS

ABDEL-MAGEED, I.; GHANEM, N. Predicting Body Weight and Longissimus Muscle Area Using Body Measurements in Subtropical Goat Kids. **Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences**, v. 8, n. 1, p. 95–100, 2013.

ADAMU, H. et al. Morphometric characteristics of Red Sokoto and Sahel goats in Maigatari Local Government Area of Jigawa State. **Nigerian Journal of Animal Production**, v. 47, n. 4, p. 15–23, 2020.

AFOLAYAN, R. A; ADEYINKA, I. A; LAKPINI, C. A. M. The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. **Czech Journal of Animal Science**, v. 51, n. 8, p. 343–348, 2006.

AGAMY, R. et al. Using linear body measurements to predict body weight and carcass characteristics of three Egyptian fat-tailed sheep breeds. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 7, p. 335–344, 2015.

- AGOSSOU, D. J.; KOLUMAN, N. Sustainability of Local Goat Genetic Resources in the Mediterranean Region. *In: SIMÕES, J.; GUTIÉRREZ, C. Sustainable Goat Production in Adverse Environments: Volume I*. 1. ed. Cham: Springer, 2017. p. 15-29
- ALLU, S. K. et al. Seasonal ground level ozone prediction using multiple linear regression (MLR) model. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 6, n. 4, p. 1981–1989, 2020.
- ARANDAS J. K. G et al. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, n. 1, p. 152–158, 2016.
- BEDADA, Z. E.; GILO, B. N.; DEBELA, G. T. Morphometric and Physical Characterization of Borana Indigenous Goats in Southern Oromia, Ethiopia. **Universal Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 1, p. 25–31, 2019.
- BERHE, W. G. Relationship and Prediction of Body Weight from Morphometric Traits in Maefur Goat Population in Tigray, Northern Ethiopia. **Journal of Biometrics & Biostatistics**, v. 08, n. 05, 2017.
- BIRTEEB, P. T.; OZOJE, M. O. Prediction of Live Body Weight From Linear Body Measurements of West African Long-Legged and West African Dwarf Sheep in Northern Ghana. **online Journal of Animal and Feed Research**, v. 2, n. 5, p. 427–434, 2012.
- CAM, M. A.; OLFAZ, M.; SOYDAN, E. Body measurements reflect body weights and carcass yields in Karayaka sheep. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 5, n. 2, p. 120–127, 2010.
- CHENG, C. L.; SHALABH; GARG, G. Coefficient of determination for multiple measurement error models. **Journal of Multivariate Analysis**, v. 126, p. 137–152, 2014.
- COUTINHO, L. S. DE A. L. et al. Modelagem do tempo de execução de obras civis: estudo de caso na Universidade Federal do Pará. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 243–256, 2012.
- EYDURAN, E. et al. Prediction of live weight from morphological characteristics of commercial goat in Pakistan using factor and principal component scores in multiple linear regression. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 23, n. 6, p. 1532–1540, 2013.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), Animal production and health. **Phenotypic characterization of animal genetic resources**. No. 11. Rome: FAO, 2012.
- G.J. Hahn. The coefficient of determination exposed! **Chemical Technology**, v. 03, p. 609–614, 1973.

HAIR J. F. J. et al. **Multivariate Data Analysis**. 5. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1998.

HAIR, J. F. J. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAREL, O. The estimation of R² and adjusted R² in incomplete data sets using multiple imputation. **Journal of Applied Statistics**, v. 36, n. 10, p. 1109–1118, 2009.

HEGDE, N. Goat development: an opportunity to strengthen rural economy in Asia and Africa. **Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences**, v. 5, n. 4, p. 30–47, 2020.

HEGDE, N. G.; DEO, A. D. Monitoring Body Weight Gain of Goat Kids for Improving Productivity. **Asian Journal of Research in Zoology**, v. 3, n. 2, p. 14–22, 2020.

JIBIR, M. et al. Linear Body Measurements and Slaughter Characteristics of Meat Goats in the Semi-Arid Zone of North-Western Nigeria. **Journal of Animal Science Advances**, v. 3, n. 6, p. 297, 2013.

KAMBEZIDIS, H. D. **The solar resource**. Earth and Planetary Sciences. v. 3, p. 27-84, 2012.

MAHIEU, M.; NAVÈS, M.; ARQUET, R. Predicting the body mass of goats from body measurements. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, n. 9, p. 1–9, 2011.

MEDEIROS, R. B. N. et al. Is multivariate analysis a useful tool to assess the morphometric profile of endangered goats? **Small Ruminant Research**, v. 190, 2020.

MIYASHIRO, R.; TAKANO, Y. Subset selection by Mallows' Cp: A mixed integer programming approach. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 1, p. 325–331, 2015.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NAES, T. et al. **A user-friendly guide to multivariate calibration and classification**. 6. ed. Chichester: NIR publications, 2002.

OLIVEIRA, J. C. V et al. Caracterização e perfil genético visível de caprinos nativos no estado de Pernambuco. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 63–73, 2006.

PESMEN, G.; YARDIMCI, M. Estimating the live weight using some body measurements in Saanen goats. **Archiva Zootechnica**, v. 11, n. 4, p. 30–40, 2008.

PLONSKY, L.; GHANBAR, H. Multiple Regression in L2 Research: A Methodological

Synthesis and Guide to Interpreting R2 Values. **Modern Language Journal**, v. 102, n. 4, p. 713–731, 2018.

QUARESMA, M. et al. Estimation of Live Weight by Body Measurements in the Miranda Donkey Breed. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 79, p. 30–34, 2019.

RAJA, T. V.; RUHIL, A. P.; GANDHI, R. S. Comparison of connectionist and multiple regression approaches for prediction of body weight of goats. **Neural Computing and Applications**, v. 21, n. 1, p. 119–124, 2012.

RIBEIRO, M. N. et al. Caracterización, evaluación y conservación de caprinos Moxotó en el Estado de Pernambuco, Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v. 12, n. 4, p. 54-58, 2004.

RIBEIRO, M. N. et al. Raças de cabras ameaçadas dos trópicos: o impacto do cruzamento com cabras estrangeiras. In: SIMÕES, J.; GUTIÉRREZ, C. **Sustentável Goat produção em ambientes adversos: Volume I**. 1. ed. Cham: Springer, 2017. p. 101-110.

RITTER, A.; MUÑOZ-CARPENA, R. Performance evaluation of hydrological models: Statistical significance for reducing subjectivity in goodness-of-fit assessments. **Journal of Hydrology**, v. 480, p. 33–45, 2013.

ROCHA, L. L.; BENÍCIO, R. C.; OLIVEIRA, J. C. V.; et al. Avaliação morfoestutural de caprinos da raça Moxotó. **Archivos de Zootecnia**, v.56, p.483-488, 2007.

SCHNEIDER, A.; HOMMEL, G.; BLETTNER, M. Lineare regressionsanalyse - Teil 14 der serie zur bewertung wissenschaftlicher publikationen. **Deutsches Arzteblatt**, v. 107, n. 44, p. 776–782, 2010.

SHARMA, P.; MACHIWAL, D.; JHA, M. K. **Overview, current status, and future prospect of stochastic time series modeling in subsurface hydrology**. GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science. p. 133–151, 2019.

SHIRZEYLI, F. H.; LAVVAF, A.; ASADI, A. Estimation of body weight from body measurements in four breeds of Iranian sheep. **Songklanakarinn Journal of Science and Technology**, v. 35, n. 5, p. 507–511, 2013.

SILVA, J. V.; RIBEIRO, M. N.; PIMENTA FILHO, E. C.; SERENO, J. R. B. Caracterización fenotípica de caprinos naturalizados en Brasil. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, n.

prelo, 2004.

SINGH, R. K.; CHAURASIA, R. K.; BORKOTOKY, D. Morphometric Attributes of Nagaland Long Hair Goat of Zunheboto District, Nagaland. **Journal of Krishi Vigyan**, v. 7, n. 1, p. 154–157, 2018.

SRIVASTAVA, A. K.; SRIVASTAVA, V. K.; ULLAH, A. The coefficient of determination and its adjusted version in linear regression models. **Econometric Reviews**, v. 14, n. 2, p. 229–240, 1995.

SUN, M. A. et al. Different body measurement and body weight prediction of Jamuna Basin sheep in Bangladesh. **SAARC Journal Agriculture**, v. 18, n. 1, p. 183–196, 2020.

TESEMA, Z. et al. Statistical modeling of carcass traits, primal carcass cuts, body weight and morphological traits of pure central highland and crossbred Boer goats. ID - 20203162614. **Journal of Applied Animal Science**, v. 12, n. 1, p. 39–55, 2019.

UTAAKER, K. S. et al. Global Goat! Is the Expanding Goat Population an Important Reservoir of Cryptosporidium? **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 183, 2021.

WAHEED, H. M. et al. Prediction of monthly body weight from body measurements in beetal goats reared under field and farm conditions. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 30, n. 1, p. 25–31, 2020.

WILLIAMS, J. J.; ESTEVES, L. S. Guidance on Setup, Calibration, and Validation of Hydrodynamic, Wave, and Sediment Models for Shelf Seas and Estuaries. **Advances in Civil Engineering**, v. 2017, p. 1–25, 2017.

YILMAZ, O.; CEMAL, I.; KARACA, O. Estimation of mature live weight using some body measurements in Karya sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 1, p. 397–403, 2012.

ZEPEDA, D. J. S. et al. Estudio de los recursos genéticos de México: características morfológicas y morfoestructurales de los caprinos locales de Puebla. **Archivos de Zootecnia**, v.51, p.53-64, 2002.

ZHANG, D. A Coefficient of Determination for Generalized Linear Models. **American Statistician**, v. 71, n. 4, p. 310–316, 2017.