

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTRUTURA POPULACIONAL EM OVINOS
SANTA INÊS DE REBANHOS DA REGIÃO NORDESTE**

ANA CARLA BORGES BARBOSA

**SALVADOR-BAHIA
SETEMBRO-2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTRUTURA POPULACIONAL EM OVINOS
SANTA INÊS DE REBANHOS DA REGIÃO NORDESTE**

ANA CARLA BORGES BARBOSA
Bióloga

**SALVADOR-BAHIA
SETEMBRO-2016**

ANA CARLA BORGES BARBOSA

**PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTRUTURA POPULACIONAL
EM OVINOS SANTA INÊS DE REBANHOS DA REGIÃO
NORDESTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Zootecnia.

Área de Concentração:
Melhoramento Animal

Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando Batista Pinto

Co-orientador: Prof. Dr. Victor Breno Pedrosa

**SALVADOR-BAHIA
SETEMBRO-2016**

AN532 BARBOSA, ANA CARLA BORGES
PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTRUTURA POPULACIONAL EM OVINOS
SANTA INÊS DE REBANHOS DA REGIÃO NORDESTE / ANA CARLA BORGES
BARBOSA. -- SALVADOR, 2016.
75 f.

Orientador: LUIS FERNANDO BATISTA PINTO.
Coorientador: VICTOR BRENO PEDROSA.
Tese (Doutorado - PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA) --
Universidade Federal da Bahia, UFBA, 2016.

1. Endogamia. 2. Herdabilidade. 3. Parâmetros populacionais.
4. Progresso genético. 5. Variabilidade genética. I. PINTO,
LUIS FERNANDO BATISTA. II. PEDROSA, VICTOR BRENO. III. Título.

**PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTRUTURA POPULACIONAL EM
OVINOS SANTA INÊS DE REBANHOS DA REGIÃO NORDESTE**

Ana Carla Borges Barbosa

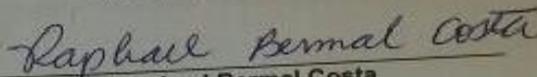
Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia

Salvador, 16 de setembro de 2016

Comissão examinadora:



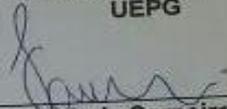
Dr. Luis Fernando Batista Pinto
UFBA
Orientador / Presidente



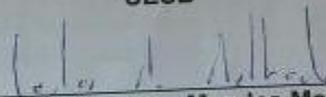
Dr. Raphael Bernal Costa
UFBA



Dr. Victor Breno Pedrosa
UEPG



Dr. Paulo Luiz Carneiro de Souza
UESB



Dr. Carlos Henrique Mendes Malhado
UESB

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho. ”

Abraham Lincoln

Dedico este trabalho aquela que está do meu lado, mesmo quando não mereço. Luz dos meus olhos, meu espelho e inspiração, sempre me apoiando, me amparando e me ensinando a cada dia ser uma pessoa melhor ou pelo menos metade do ser humano especial que és. À minha MÃE, todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus, agradeço por nunca ter me deixado desanimar, por ter me permitido chegar até aqui, pelo privilégio de ser rodeada de pessoas do bem, por proteger sempre minha família e meus amigos;

À minha família, minha base emocional, meu porto seguro, meu chão, todo meu amor;

Aos meus pais (Ana e Carlos) por estarem ao meu lado, sempre que preciso;

À minha mãe (Ana), pela palavra certa no momento errado, ombro amigo, nobreza de alma e coração, te agradeço por tudo que teve de abrir mão por nós, pelo exemplo de ser humano. Parece ser frágil como uma rosa, mas de certo és forte como uma rocha, eu te amo!

Ao meu irmão (Carlos), pela parceria de sempre e sempre, estamos juntos pra o que der e vier, exemplo de garra, determinação, honestidade e caráter. Te amo!

À minha tia Terezinha, pela ajuda incondicional, me permitindo um lar durante minha estadia em Salvador;

As minhas primas-irmãs, Sheila, Natalie, Cris, Rita, obrigada por ter me deixado “roubar” o lugar de vocês, obrigada por todos os momentos, sinto-me honrada de ter vocês tão próximas de mim e poder chamá-las de irmãs;

À minha querida priminha Clarinha, obrigada por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis e solitários;

À minha família aqui em Salvador, minha amiga Adelaide, o que seria de mim sem seus almoços aos domingos, sem aquela gelada que levavam sempre a conversas desnecessárias e sem propósitos, sem a sua companhia e irmandade;

Às minhas amigas parceiras (Luana, Luciana, Tity), por todos os momentos, tristes e alegres, sei que estaremos sempre juntas;

Aos meus amigos de toda uma vida, obrigada por serem os melhores;

Às minhas amigas do mestrado pra vida: Lores, Manu, Aracele, Binha, Eva, Laaina, obrigada por fazerem parte de minha vida;

Aos poucos amigos que fiz durante o doutorado, Ariana, Mayara, Gabi, Jonatan, Tatiana, Taiana, Caio, Geraldo, Alessandro, levarei a amizade de vocês pra sempre;

Agradeço em especial a Gabi e Jonatan, pela ajuda incansável desde a qualificação até a finalização da tese, jamais poderei retribuir tudo que fizeram por mim;

À minha banca examinadora da qualificação: professora Alexandra, professor Gusmão e professor Paulo, as contribuições foram essenciais para meu amadurecimento enquanto estudante de doutorado;

À minha banca examinadora, Professores Paulo Carneiro e Carlos Malhado, pela maestria nos ensinamentos e pela amizade, pelo exemplo de profissionais competentes e comprometidos, pais e seres humanos, minha eterna admiração; ao professor e co-orientador Victor Pedrosa pela gentileza e cavalheirismo nas orientações, pela disponibilidade de ajuda, pelo exemplo de profissional e ao professor Raphael Bernal pela disponibilidade de ajuda e troca de conhecimentos;

Meus sinceros agradecimentos ao meu professor e orientador Luis Fernando, pela disponibilidade nos ensinamentos, paciência, ética e competência, todo meu respeito, admiração e gratidão;

Ao professor José Bento e a ASCCO, pela disponibilização do banco de dados para a realização deste trabalho;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, Fapesb, pela concessão da bolsa de estudo;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de crescimento científico que me proporcionaram;

A todos que sempre estiveram do meu lado, me incentivando, apoiando, torcendo por mim, com uma palavra amiga sempre que preciso, serei eternamente grata.

MUITO OBRIGADA!

LISTA DE TABELAS

Capítulo 01 - Parâmetros genéticos para características de crescimento em ovinos da Raça Santa Inês

Página

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis em estudo.....	42
Tabela 3. Herdabilidade direta e materna reportados em outros estudos com a raça Santa Inês, para pesos ao nascimento (PN), desmama (PD) e idades posteriores (Pi).....	47
Tabela 4. Correlações genéticas (diagonal superior) e correlações fenotípicas (diagonal inferior) entre as características.....	51

Capítulo 02 - Estrutura populacional de rebanhos Santa Inês oriundos da região Nordeste do Brasil

Tabela 1. Números de observações e de grupos de contemporâneos.	58
Tabela 2. Intervalos de gerações das quatro passagens gaméticas e intervalo médio de geração da Raça Santa Inês.....	65
Tabela 3. Distribuição dos animais por ano de nascimento e coeficientes de endogamia.....	65
Tabela 4. Valores em porcentagem do Coeficiente médio de Endogamia (F) e Coeficiente de Parentesco Médio da população (CR) por geração.....	68
Tabela 5. Parâmetros genealógicos de probabilidade de origem do gene, na raça Santa Inês.	68
Tabela 6. Número médio de gerações traçadas, incremento da consanguinidade (ΔF) e número efetivo (N_e) por tipo de geração considerada.	72

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 02 - Estrutura populacional de rebanhos Santa Inês oriundos da região Nordeste do Brasil

- Figura 1.** Distribuição dos registros da Raça Santa Inês, por período de avaliação. 61
- Figura 2.** Integralidade do pedigree dos animais e nível de identificação dos ancestrais até a terceira geração. 62
- Figura 3.** Coeficiente de endogamia (F), tamanho efetivo populacional (Ne) e número de animais (n), distribuídos em função do ano de nascimento.....66

LISTA DE SIGLAS

- ASCCO - Associação Sergipana dos Criadores de Caprinos e Ovinos
- CV - Coeficiente de Variação
- GC - Grupo de Contemporâneo
- CR - Coeficiente médio de relacionamento
- IG - Intervalo de geração
- F - Coeficiente de endogamia
- ΔF - Incremento da endogamia
- f_a - Número efetivo de ancestrais
- f_e - Número efetivo de fundadores
- h^2_d - herdabilidade direta
- h^2_m - herdabilidade materna
- N_e - Tamanho efetivo da população
- σ^2_a - variância genética aditiva direta
- σ^2_m - variância genética aditiva materna
- σ_{am} - covariância genética entre os efeitos aditivos direto e materno
- σ^2_{ep} - variância de ambiente permanente
- σ^2_e - variância ambiental
- σ^2_p - variância fenotípica
- rg_{am} - correlação genética entre os efeitos aditivos direto e materno

SUMÁRIO

Página

INTRODUÇÃO GERAL	16
REVISÃO DE LITERATURA	17
Ovinocultura Brasileira	17
Raça Santa Inês	20
Características de crescimento	22
Parâmetros genéticos	24
Estrutura Populacional	27
REFERÊNCIAS	31
RESUMO	41
ABSTRACT	42
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	54
RESUMO	57
ABSTRACT	58
INTRODUÇÃO	59
MATERIAL E MÉTODOS	59
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	73
CONSIDERAÇÕES GERAIS FINAIS	75

BARBOSA, A.C.B. **Parâmetros genéticos e estrutura populacional de ovinos Santa Inês no Nordeste do Brasil**, Salvador – BA, 2016 (Tese – Doutorado em Zootecnia, linha de pesquisa – Melhoramento Genético Animal).

RESUMO GERAL

Estudos com foco no melhoramento genético da Raça Santa Inês e aqueles com foco na conservação deste recurso genético naturalmente adaptado, são ainda escassos. Pode se dizer que essa escassez é oriunda da falta de bancos de dados com anotações de fenótipos de interesse e controle adequado do pedigree, um problema que não afligi apenas esta raça de ovinos no Brasil. No entanto, algumas iniciativas regionais surgiram com o objetivo de reverter esse cenário e acabaram gerando bancos de dados que já permitem fazer uma inferência genético-quantitativa para fins de melhoramento da raça. No presente estudo foi avaliado o banco de dados da Associação Sergipana de Criadores de Caprinos e Ovinos (ASCCO), o qual dispõe de informações coletadas entre 2003 e 2011 em ovinos Santa Inês de diferentes rebanhos. No primeiro capítulo desta tese foram estimados os parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações) para escores visuais de musculosidade da perna e do pelo aos 270 dias de idade, pesos ao nascimento (PN), 60 (P60), 180 (P180) e 270 (P270) dias de idade, além dos ganhos de peso do nascimento a desmama (GP1), da desmama aos 270 dias (GP2), ganhos de peso diário do nascimento a desmama (GDP1) e da desmama aos 270 dias (GPD2). Os coeficientes de herdabilidade direta variaram de 0,10 a 0,66, enquanto os coeficientes de herdabilidade materna foram maiores que 0,17. Esses resultados indicaram que é possível obter ganhos genéticos via seleção se as variáveis aqui estudadas forem utilizadas como critérios de seleção e evidenciaram também a importância de se incluir o componente materno nas avaliações das pesagens pré-desmama. As estimativas de correlações genéticas entre as características variaram de quase nula a alta magnitude, dependendo do par de variáveis. Contudo, não foram observadas correlações que se caracterizem como desfavoráveis. Já o segundo capítulo desta tese teve como objetivo analisar a estrutura populacional a partir do pedigree disponibilizado pela ASCCO. Foram estimados o coeficiente médio de endogamia, o coeficiente médio de parentesco, o tamanho efetivo da população e o intervalo de gerações. Os coeficientes médios de endogamia (1,40%) e de parentesco (0,47%) foram baixos, o que pode ser explicado pela manutenção do número efetivo de animais em limites satisfatórios, mantendo assim uma boa variabilidade genética no rebanho. Contudo, o pedigree da população aqui estudada apresentou baixo nível de integralidade, com muitas perdas de informações de uma geração para outra, o que indica a necessidade de melhorar o controle genealógico dos animais.

Palavras-chave: endogamia, herdabilidade, parâmetros populacionais, progresso genético, variabilidade genética.

BARBOSA, A.C.B. **Genetic parameters and population structure of Santa Ines herds from Northeast of Brazil**, Salvador – BA, 2016 (Thesis – Doctorate degree in Animal Science – Animal Breeding area).

ABSTRACT

Studies about genetic improvement as well as those about conservation of naturally adapted genetic resources are still scarce for Santa Ines breed, due small dataset with phenotype records of economic important traits and pedigree control, a problem that affects several sheep breeds in Brazil. However, some regional initiatives have emerged in order to reverse this scenario and generating datasets for quantitative genetic inference for the Santa Ines breed. In the present study, was evaluated a dataset of the Sergipe State Association of Goat and Sheep Breeders (ASCCO), which provides phenotypic information records from 2003 to 2011 in different Santa Ines herds. In the first chapter of this thesis, genetic parameters were estimated (heritability and correlations). Visual scores for leg's muscle and hair at 270 days of age, weights at birth (W1), 60 (W60), 180 (W180) and 270 (W270) days old, total weight gain (WG1) and daily weight gain (DWG1) from birth to weaning, and total weight gain (WG2) and daily weight gain (DWG2) from weaning to 270 days were the traits used. The direct heritability coefficients ranged from 0.10 to 0.66, while the maternal heritability coefficients were higher than 0.17 indicating that it is possible to obtain genetic gain through selection, if the variables studied were used as selection criteria and the maternal component is very importance for pre-weaning traits evaluation. Estimates of genetic correlations between traits ranged from almost zero to high magnitude, depending on the set of variables considered. However, no correlations were found that were characterized as unfavorable. The second chapter aimed to analyze the genetic population structure from the pedigree provided by ASCCO. Was succesfully estimated the average of inbreeding coefficient, average of relationship coefficient, effective population size and generation internals. The average of inbreeding coefficient (1.40%) and average of relationship coefficient (0.47%) were low, which may be explained by maintaining the effective number of animals in satisfactory limits, thereby keeping a good genetic variation in the herds. However, the pedigree of the population studied showed a low level of integrality, with much loss of information from one generation to another, being recommended improving the pedigree control.

Keywords: population parameters, genetic progress, herd, genetic variability.

INTRODUÇÃO GERAL

A criação de ovinos pode ser encontrada em todo o território brasileiro, porém está concentrada no estado do Rio Grande do Sul com raças lanadas, e na região Nordeste, com as raças deslanadas. É na região Nordeste, em áreas semiáridas tropicais, que a produção de pequenos ruminantes vem se destacando apesar da baixa capacidade de investimento e alta exploração de raças adaptadas ao clima tropical, que apresentam alta rusticidade e são exploradas para produção de carne e peles (JUCÁ et al., 2014), mas com índices zootécnicos geralmente inferiores aqueles observados em raças altamente especializadas em produção de carne. Assim, as raças deslanadas carecem de programas de melhoramento genético pautados em avaliações genéticas.

Uma das principais raças de ovinos deslanados é a Santa Inês, que teve sua origem no Nordeste do Brasil, possivelmente pelo cruzamento aleatório de raças africanas, europeias e nacionais, seguido de seleção por parte dos criadores (CARNEIRO et al., 2006). Algumas pesquisas no âmbito do melhoramento animal, já foram realizadas com ovinos Santa Inês, como pode ser observado em Lôbo et al. (2006), Sarmento et al. (2006), Teixeira Neto et al. (2013), Carvalho et al. (2014), Teixeira Neto et al. (2016).

A Associação Sergipana de Criadores de Caprinos e Ovinos é uma das poucas que mantém um controle zootécnico de razoável duração em ovinos Santa Inês. Por isso, hoje dispõe de um banco de dados que permite estimar, com qualidade aceitável, parâmetros de interesse no melhoramento genético de animais. Uma vez estimados, tais parâmetros podem indicar as estratégias mais adequadas de melhoramento das características de importância econômica. Dentre os parâmetros estimáveis, os coeficientes de herdabilidade indicam que características podem melhor responder ao processo de seleção. Enquanto as correlações genéticas indicam que possíveis respostas correlacionadas podem resultar desse processo de seleção. Além disso, com um banco de dados que engloba um número maior de anos é possível avaliar tendências genéticas para identificar os possíveis ganhos genéticos obtidos com a seleção (BEHZADI et al., 2007). Assim, o objetivo do primeiro capítulo desta tese foi estimar parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações) para pesos, ganhos de peso e escores visuais de características corporais importantes; além de avaliar as tendências genéticas ao longo do período avaliado.

Os programas de melhoramento genético muitas vezes negligenciam o conhecimento dos parâmetros populacionais, os quais permitem avaliar a variabilidade genética existente no rebanho e servem como elemento norteador de ações futuras dentro do programa (MALHADO et al., 2008). Estimativas dos coeficientes de endogamia e parentesco, do tamanho efetivo da população e do intervalo de gerações ajudam a definir como está o funcionamento do programa de melhoramento, para que o mesmo atinja o objetivo de elevar o mérito genético dos animais e se mantenha em uma tendência linear de ganho genético por muitas gerações. Portanto, o segundo capítulo desta tese teve por objetivo estimar os parâmetros populacionais para ovinos Santa Inês oriundos do programa de melhoramento da Associação Sergipana de Criadores de Caprinos e Ovinos.

REVISÃO DE LITERATURA

Ovinocultura Brasileira

O Brasil, segundo os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), possui um efetivo de 17,291 milhões de cabeças de ovinos em seu rebanho, colocando o país na 18^o posição no cenário mundial. O consumo individual de carne ovina no Brasil gira entre 0,7 e 1,5 kg / habitante / ano sendo atualmente um mercado em crescente demanda. Essa produção de carne é uma atividade que vem se desenvolvendo gradativamente no país, sendo que os anos de 2011 e 2012 sofreu com uma variação negativa causada principalmente por fatores relacionados ao clima, em que a região Nordeste do Brasil passou por uma grande seca nesse período (AGÊNCIA BRASIL, 2013). O crescimento foi retomado em 2013, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, estimuladas por diversos segmentos da cadeia produtiva (IBGE, 2014).

A criação de ovinos no Brasil, tem atraído investidores e expandiu, tanto em quantidade quanto em qualidade, desde o início da década de 2000 (RAINERI et al., 2015). O mercado, impulsionado pelo aumento do poder aquisitivo da população, permitiu uma expansão no rebanho em quase 24%, no período entre 2002 e 2011, atingindo 17,29 milhões de cabeças no ano de 2013, e mantendo ainda perspectivas de crescimento (IBGE, 2014). Contudo, considerando que 50% da carne ovina consumida no Brasil são importadas do Uruguai, Argentina e Nova Zelândia (LEITE, 2002) e que

existe demanda deste tipo de produto em classes sociais com maior poder aquisitivo e com preferência por carnes com menos gordura (LANDIM et al., 2011), fica claro que existe um amplo mercado a ser conquistado.

O consumo *per capita* de carne ovina no Brasil ainda é pequeno, embora a atividade esteja em plena expansão. Cuenca et al. (2008) relataram um consumo médio de aproximadamente 700 gramas/habitante/ano. Situação diferente é verificada em países como a Nova Zelândia e a Austrália que apresentam um consumo médio de 40 quilos/habitantes/ano. Martins et al. (2008) atribuíram esse baixo consumo nacional à comercialização de animais velhos, o que reflete diretamente na baixa qualidade da carcaça e da carne. Este fato direciona a aceitabilidade da carne ovina por parte dos consumidores, que preferem o consumo de outras carnes como a de bovinos, aves e pescados. Entretanto, Costa (2007) identificou o aumento da procura por carne ovina de qualidade, onde o estado de São Paulo é o maior e mais exigente mercado consumidor no Brasil. O autor ainda visualiza a oportunidade de crescimento da ovinocultura de corte nas regiões Nordeste e Centro Oeste. Estas regiões possuem frigoríficos com capacidade ociosa, área disponível para o aumento do número de cabeças e disponibilidade de tecnologias desenvolvidas nas áreas de reprodução, alimentação e sanidade.

As duas regiões com maior produção possuem tradições diferentes em relação à atividade da ovinocultura. O Nordeste, apesar de possuir a maior parte do rebanho total brasileiro, ainda possui uma produção muito ligada à subsistência familiar, frágil financeiramente e com pouco acesso ao crédito (SEBRAE, 2005). Os animais pertencem a raças deslanadas, adaptadas ao clima tropical, que apresentam alta rusticidade e produzem carne e pele. Já a criação ovina no Sul do Brasil é baseada em ovinos de raças mais especializadas em produção de carne, laneiras e mistas, adaptadas ao clima subtropical, onde se obtém o produto lã e carne (VIANA, 2008).

Embora ainda de pouca expressão econômica dentro do agronegócio brasileiro de carnes, o sistema agroindustrial da carne ovina tem experimentado um expressivo crescimento e desenvolvimento em todas as regiões do país, em função do fortalecimento de uma demanda crescente por produtos cárneos ovinos nos grandes centros urbanos do país (SOUZA, 2009). É importante salientar que, de acordo com McManus et al. (2003), existe interesse no consumo de carne ovina por todo o Brasil. Diante disto, torna-se necessário melhorar as práticas de manejos sanitário, nutricional e reprodutivo, assim

como a seleção dentro das raças. Madruga et al. (2005) também comentam que a ovinocultura vem se apresentando como uma atividade promissora no agronegócio brasileiro, em virtude do Brasil possuir baixa oferta para o consumo interno da carne ovina e dispor dos requisitos necessários para ser um exportador desta carne: extensão territorial para pecuária, clima tropical, muito verde, mão-de-obra barata, produzindo animais a baixo custo. O Brasil apresenta potencial para competir com os maiores produtores de carne ovina no mundo (China, Índia, Austrália e Nova Zelândia). Entretanto, o Brasil ainda importa carne ovina de países como Argentina e Uruguai por não atender a demanda interna de carne ovina.

Existem dois problemas básicos na criação de ovinos no Brasil. Um deles diz respeito ao gerenciamento das propriedades. De acordo com Barbieri et al. (2013), a falta de gerenciamento e controle contábil das propriedades é um fator que prejudica as tomadas de decisões na ovinocultura, seja ela relativa à compra de animais ou de algum processo de manejo. Isso demonstra a importância de adequar um sistema simples para gerenciamento da atividade, para que o próprio produtor analise se é viável a sua permanência nesse ramo da pecuária e consiga tomar decisões de investimento e de vendas com mais certeza dos resultados. O outro problema diz respeito a qualidade do produto. De acordo com McManus et al. (2013) no Brasil a maior parte da carne ovina ofertada ainda é proveniente de animais com baixa qualidade de carcaça o que, provavelmente, está relacionado à genética e aos manejos nutricional e sanitário. No entanto, para que o produto seja competitivo e atenda à demanda do mercado consumidor, é essencial que os produtores disponibilizem carne ovina de qualidade.

Para a pesquisa, o desafio é encontrar soluções e apresentar propostas para modificar essa realidade produtiva. Uma das soluções é melhorar o patrimônio genético dos rebanhos, utilizando ferramentas do melhoramento genético animal, como a seleção (BUENO et al., 2006). Tal ferramenta, tradicionalmente efetuada mediante a multiplicação de reprodutores e matrizes superiores, deve ser realizada via avaliações genéticas que permitam identificar os animais geneticamente superiores. Uma vez identificados, seria possível organizar o rebanho em questão e direcionar compras eventuais de reprodutores e aplicar biotecnologias, como a inseminação artificial, que contribuam para a disseminação do melhoramento genético nos rebanhos (BARBOSA et al., 2006). No entanto, esse processo demanda maior nível organizacional dos criadores,

com ampliação do controle zootécnico, maior assistência técnica e, conseqüentemente, maior investimento no sistema de produção.

Raça Santa Inês

A raça Santa Inês foi desenvolvida no Nordeste Brasileiro, resultante dos cruzamentos não orientados das raças Bergamácia, Morada Nova, Somalis Brasileira, além de outras raças sem padrão racial definido – SPRD (ARCO, 2001). Ovinos Santa Inês têm ganhado maior interesse entre os criadores de várias regiões do país, devido a sua capacidade de adaptação e rendimento de carcaça aceitável (OIVEIRA et al., 2010). Apresentam estro durante todo ano (poliétricas não estacionais) em condições tropicais, possibilitando três parições em dois anos, aumentando assim o número de cordeiros nascidos ao ano. Contudo, seus cordeiros apresentam menor velocidade de ganho de peso e carcaças de pior conformação, quando comparados às raças de corte especializadas (ALCALDE et al., 2004).

Nesse sentido, Santos (2007) relata como padrão racial dos ovinos Santa Inês, um animal deslanado, com pelos curtos e sedosos, de grande porte, carne de boa qualidade e baixo teor de gordura, pele de boa qualidade, rústico e precoce, adaptável a qualquer sistema de criação e a diversos tipos de pastagens. As fêmeas são muito prolíferas, com boa aptidão materna, boa produção de leite e altas taxas de gestação gemelar.

Segundo Geraseev et al. (2006) os ovinos da Raça Santa Inês, quando em confinamento, apresentam peso ao nascer de 4,63 kg para machos e 3,47 kg para fêmeas; exibem peso ao desmame (45-60 dias) entre 13-16 kg e ganhos de peso diário de 220 e 200g nos períodos de pré e pós desmame, respectivamente (BUENO et al., 2006). Os rendimentos de carcaça fria e quente de ovinos Santa Inês abatidos aos 138 dias de idade, são de 49,6% e 48,8%, nas mesmas ordens (RODRIGUES et al., 2008).

A fertilidade, a habilidade materna e a produção de leite dessa raça estão entre as características utilizadas no marketing para sua expansão e preferência. É importante ressaltar que o potencial de crescimento dos cordeiros nas primeiras semanas de vida é dependente da produção de leite das mães e do período de amamentação (PILAR et al. 2002).

A seleção desta raça ocorreu sem nenhum planejamento, objetivo ou metas de produção. O seu padrão racial está homologado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e praticado pela Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (ARCO). Constitui-se em ovino deslanado, de grande porte, mocho, com pelagem variada, apresentando os machos adultos cerca de 80 a 100 kg e as fêmeas adultas de 60 a 70 kg. Assim, esse padrão racial orienta a avaliação dos animais controlados nos livros de registro, passando-se, na maioria das vezes, por registros intermediários, até obter a classificação de pureza racial. A responsabilidade das ações para registro é compartilhada por criadores, associações e pelo Serviço de Registro Genealógico (ARAÚJO e SIMPLÍCIO, 2002). O primeiro registro de um animal puro por cruza (PCOD) e puro de origem (PO) da raça Santa Inês ocorreu em 1973 e 1986, respectivamente. No período entre os anos de 1996 e 2006, foram registrados 359.308 animais, sendo, atualmente, a raça com maior número de registros no Brasil (ARCO, 2008). No entanto, a despeito do interesse dos criadores pela raça Santa Inês, justificado, principalmente, pelo seu porte e velocidade de crescimento, esse grupo genético é relativamente novo e, de certa forma, pouco conhecido em relação a seus potenciais genético e produtivo (CARNEIRO et al., 2007).

De acordo com Azevedo et al. (2008), o melhoramento praticado nesta raça ficou restrito à seleção dos animais para características morfológicas, ou seja, raciais. Isso resultou em animais com pobre conformação para a produção da carne, havendo a necessidade do melhoramento genético com base nas características produtivas.

Na década de 1990 a EMBRAPA caprinos e ovinos realizou o primeiro trabalho de melhoramento da raça Santa Inês com o projeto: “Seleção de ovinos deslanados para o melhoramento genético dos rebanhos experimentais e privados no Nordeste do Brasil”, mas foi encerrado cinco anos depois por falta de adesão dos criadores e associações. Lôbo (2008) relata a existência do Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de Corte (GENECOC), desenvolvido em 2003 pela EMBRAPA Caprinos, que tem como principal objetivo dar suporte ao produtor na utilização dos recursos genéticos à sua disposição, otimizando seu sistema de produção; e o Programa de Avaliação de Desempenho de Ovino Santa Inês, criado pela Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-PB), onde são realizadas provas de ganho de peso de

ovinos da raça Santa Inês, em parceria com a Associação Paraibana de Criadores de Caprinos e Ovinos.

De acordo com McManus et al. (2010), relata diversas iniciativas de programas de melhoramento e avaliação genética de ovinos no Brasil, incluindo os gerenciados por órgãos federais ou estaduais, por exemplo, o GENECOC da EMBRAPA Ovinos e Caprinos, o SANTAGEN da UFPI (Universidade Federal do Piauí), o PROMOSI do EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba); o programa da Associação Sergipana de Criadores de Ovinos e Caprinos (ASCCO), juntamente com a USP (Universidade de São Paulo), ou por empresas privadas, como, o OviGol ® da Abacus Limited com Áries Reprodução e Melhoramento Genético Ovino Ltda e a PROAG BRASIL da Pecuária Brasil Assessoria junto com o CTAG (Centro Técnico para Avaliação Genética). No entanto, não se tem no presente momento a disponibilidade de sumários de avaliação genética de ovinos no Brasil, pois os programas supracitados entraram em ruína devido à baixa adesão dos criadores.

Características de crescimento

Segundo Pereira (2004), o crescimento é medido pelos pesos e ganhos de peso, que resultam das mudanças de forma, composição do organismo e do aumento da massa corporal, sendo determinado pelo genótipo e ambiente. Assim, o peso padronizado a determinadas idades e taxas de ganho de peso em um dado período tem sido as características mais comumente utilizadas em programas de melhoramento genético de animais para produção de carne, principalmente, por apresentarem facilidade de obtenção e por responderem favoravelmente aos processos de seleção impostos, uma vez que apresentam coeficientes de herdabilidade geralmente elevados (LÔBO et al., 2002).

Os pesos corporais mensurados durante o período de crescimento pré-desmama dependem de efeitos genéticos diretos, intrínsecos ao próprio animal, e de efeitos genéticos maternos, que estão relacionados com a habilidade materna das ovelhas. Assim, separar esses dois componentes é fundamental para o processo de avaliação não só dos animais jovens, mas também das matrizes que compõem o rebanho.

Nos programas de melhoramento de ovinos os parâmetros peso ao nascer e peso a desmama tem merecido especial destaque. O peso ao nascer (PN) indica o

desenvolvimento intrauterino do animal, sendo também a primeira informação importante para acompanhar o seu desenvolvimento (LÔBO et al. 1992). Ele é determinado pelos aspectos genéticos e pelas condições ambientais disponíveis à ovelha durante a gestação, principalmente relacionados à nutrição. O PN do cordeiro depende do sexo, tipo de parto e peso da ovelha à cobertura e ao parto (SANTANA e MARTINS FILHO, 1996). Ainda conforme os autores, a influência do tipo de parto sobre a variação do peso ao nascer e nas demais idades em ovinos tem sido observada pôr vários autores, deixando claro que os animais oriundos de partos simples são mais pesados que os de partos múltiplos. O tipo de parto influencia o peso ao nascer e aos 30 dias dos borregos (ALCALDE et al., 2004), bem como o ganho de peso, tanto na fase pré-desmame quanto na fase pós-desmame (TORRES et al., 2010). Essa condição pode ser explicada pela competição intra-uterina na fase gestacional e pelo leite na fase pré-desmame. Vários trabalhos com ovinos deslanados de diferentes raças relataram influência significativa sobre peso ao nascimento e à desmama atribuídas ao efeito do sexo das crias, sendo os machos superiores as fêmeas nos pesos estudados (OLIVEIRA et al., 1992). De acordo com Gaskins et al. (2005), quando borregas são submetidas a coberturas precocemente essas podem apresentar valores reduzidos de concepção, o que não se observa em coberturas realizadas em períodos posteriores. A influência do peso da matriz e da ordem de parição são bastante significativos para o desenvolvimento ponderal em cordeiros deslanados, pois as condições anátomo-fisiológicas e estado nutricional da ovelha podem afetar os pesos e ganhos de peso das crias, principalmente durante a fase de amamentação. As matrizes necessitam de um manejo nutricional mais adequado durante o estado gestacional, evitando desta forma crias fracas ao nascimento, oriundas de partos múltiplos ou simples, como também dando suporte para o desenvolvimento ponderal futuro desses animais.

Em ovinos Santa Inês a média de peso ao nascimento geralmente está acima de 3 kg, como pode ser observado nos estudos de Geraseev et al. (2006) variando de 3,47 a 4,63 kg. Altas taxas de mortalidade na fase pré-desmama, principalmente em animais que nascem muito leves, com menos de 2kg, tratando-se de uma característica que precisa ser constantemente monitorada no rebanho.

A desmama é a fase em que ocorre a supressão total da ingestão de leite pelo cordeiro. Portanto, trata-se de uma fase crítica e pode interferir no ganho de peso na fase

pós-desmama (PACHECO e QUIRINO, 2008). O peso ao desmame também depende da habilidade materna, sendo importante para avaliação genética das matrizes e delimita o início do desempenho que depende apenas do próprio animal e do ambiente em que vive (PINHEIRO, 2004).

O desenvolvimento do animal no período pós-desmame expressa o potencial genético do mesmo para ganhar peso, assim como reflete o efeito residual da habilidade materna, que vai reduzindo com o aumento da idade (LOBO, 1996).

Parâmetros genéticos

O melhoramento genético é uma das principais ferramentas e a que mais merece atenção dentre as utilizadas para o crescimento e desenvolvimento de uma atividade pecuária. Logo, esforços concentrados no mesmo promovem a mudança nos genótipos existentes de forma a permitir avanços produtivos e assim requerer novas pesquisas nas demais áreas do conhecimento. Pode-se assim dizer que o melhoramento genético é a mola propulsora do desenvolvimento de uma exploração pecuária (LÔBO e LÔBO, 2007).

Componentes de (co) variância são parâmetros populacionais essenciais, tanto para a pesquisa, como para a prática de melhoramento genético animal, uma vez que possibilita a estimação de parâmetros (coeficientes de herdabilidade e correlações) e a predição de valores genéticos. De acordo com Koots et al. (1994), esses parâmetros são inerentes a determinada população e podem mudar com o tempo, devido a mudanças em sua estrutura genética e decisões de manejo. Através dos componentes de variância é possível estimar os parâmetros genéticos, importantes na predição do mérito genético dos indivíduos, das respostas direta e correlacionadas à seleção e para a definição do método de seleção mais apropriado.

A resposta esperada via seleção só será possível se as estimativas dos parâmetros genéticos para as características de interesse econômico forem realizadas de forma precisa. Contudo, a acurácia das estimativas destes parâmetros depende de um conjunto de fatores, destacando-se o número de informações utilizadas, o modelo estatístico e o método de estimação dos componentes de (co) variância (BARBOSA et al., 2006; BERGMANN, 2012; MORAIS, 2012). Nesse mesmo sentido, de acordo com McManus

e Miranda (1998) programas de melhoramento só podem ser bem elaborados quando há conhecimento dos parâmetros genéticos da espécie a ser trabalhada. No Brasil, há poucas estimativas destes parâmetros para ovinos.

É necessário o conhecimento de parâmetros genéticos para características de crescimento em várias idades, tais como os coeficientes de herdabilidade e as correlações genéticas entre as variáveis (BEHZADI et al., 2007). As estimativas dos parâmetros genéticos podem ser realizadas por meio de análises unicaracterística ou multicaracterísticas.

Segundo Falconer e Mackay (1996), a herdabilidade é utilizada para avaliar a confiança do valor fenotípico como indicador do valor genético. Os autores também relataram a importância de compreender que a herdabilidade é propriedade de um caráter para toda população. Como ela depende da magnitude dos componentes de variância, a mudança em qualquer um deles afetará o valor da estimativa. A variação ocorrida entre os indivíduos é resultado de uma combinação de efeitos genéticos e de ambiente por meio da estimativa do coeficiente de herdabilidade é possível definir se a maior parcela dessa variabilidade se deve a efeitos genéticos ou de ambiente.

Para características pré-desmama o coeficiente de herdabilidade pode ser estimado para os efeitos direto, que refletem a expressão dos genes presentes nos próprios animais que estão sendo amamentados, e maternos, que refletem a ação de genes nas ovelhas lactantes. Sousa (2004) estimou herdabilidade direta para a característica peso ao nascer em ovinos da raça Santa Inês de 0,15, maior que as encontradas por Sousa et al. (1999), que obtiveram estimativas de herdabilidade direta de baixa magnitude variando de 0,11 a 0,16, indicando pequena resposta à seleção direta para todas as características que eles avaliaram. Silva e Araújo (2000), trabalhando com ovinos Santa Inês, no Ceará, encontraram herdabilidades de moderada a alta magnitude para pesos e ganho de peso do nascimento aos 112 dias (desmame), variando de 0,36 a 0,56. As herdabilidades para ganho de peso pré-desmame relatados na literatura variam de baixa a moderada magnitude. Sousa et al. (2004) estimaram efeitos genéticos e diretos dos pesos e ganhos de peso do nascimento a desmama em ovinos Santa Inês e encontraram herdabilidades direta e materna de $0,15 \pm 0,08$ e $0,12 \pm 0,08$.

Altas estimativas de herdabilidade materna para pesos pré-desmama indicam grande influência da mãe sobre o desenvolvimento das crias e essa influência é mais

visível em características de crescimento, principalmente até a desmama, diminuindo posteriormente. Sarmiento et al. (2006) confirmaram que a não inclusão do efeito materno no modelo de análise superestimou as variâncias e os coeficientes de herdabilidade para o efeito direto, quando comparado ao modelo que não incluiu o efeito genético aditivo materno. Os mesmos autores reportaram coeficientes de herdabilidade moderados para os efeitos genéticos maternos de, respectivamente, 0,06; 0,05; 0,17; 0,23, e 0,18, para os pesos ao nascer, aos 56, 112, 168 e 196 dias de idade, respectivamente. Utilizando dados de ovinos puros e mestiços Santa Inês, Somalis Brasileira, Dorper e Poll Dorset, provenientes de uma fazenda localizada em Goiás e assistida pelo programa de melhoramento GENECOC, Barbosa Neto et al. (2010) estimaram coeficientes de herdabilidade materna de $0,04 \pm 0,04$ para o ganho de peso diário do nascimento ao desmame.

As correlações entre características têm uma importância marcante no melhoramento genético. Várias características podem ser relacionadas geneticamente (correlações genéticas) porque elas são afetadas pelos mesmos genes. Por outro lado, a correlação fenotípica mede a associação linear entre duas características, que se relacionam porque são afetadas pelo manejo e fatores ambientais. Portanto, o conhecimento sobre as correlações genéticas entre as várias características de interesse econômico é extremamente importante, pois permite que seja escolhido os caminhos mais adequados para o melhoramento genético de uma população. Naser et al. (2001) estimaram correlação positiva e moderada para PN e de moderada a alta, mas negativa para peso à desmama, Duguma et al. (2002) obtiveram estimativas negativas e moderadas para PN e baixas e positivas para peso à desmama.

Todo programa de seleção deve ser acompanhado periodicamente para que se possam corrigir rumos de forma rápida. Uma das maneiras de se promover o monitoramento dos resultados é por meio da avaliação da mudança genética ao longo do tempo. Desta forma, com o objetivo não só de avaliar o progresso genético que vem sendo alcançado, mas, principalmente, para que os resultados sirvam de elementos norteadores de ações futuras, torna-se de grande importância avaliar a tendência genética ao longo do tempo (Euclides Filho et al., 1997b). No entanto, na Raça Santa Inês, estimativas de tendências genéticas são praticamente inexistentes.

Estrutura Populacional

O estudo da estrutura das populações pode definir importantes circunstâncias que afetam seu histórico genético (VALERA et al., 2005) e, em populações comerciais, pode monitorar o progresso genético (EUCLIDES FILHO et al., 2000), podendo ser feito a partir da análise do *pedigree* sem a necessidade de genotipagem de animais. Segundo Boichard et al. (1997), um dos caminhos para descrever a variabilidade genética e sua evolução no tempo é a análise de informações contidas nos *pedigrees* dos animais. Enquanto, Malhado et al. (2009) citam que as análises genealógicas apresentam vantagem econômica quando comparadas com os custos dos estudos com marcadores moleculares. Contudo, a qualidade e a precisão das estimativas dos parâmetros dependem diretamente da qualidade dos *pedigrees* disponíveis. Problemas como informações errôneas, *pedigree* incompleto e introdução recente de animais na população podem levar à subestimação ou superestimação dos parâmetros (BOICHARD et al., 1997; GUTIERREZ et al., 2003). Ressalta-se que a integridade das informações dos livros genealógicos também depende da quantidade de descendentes presentes no *pedigree*, sendo de grande importância ter informações de pais, avós, bisavós e demais ancestrais, dos antepassados conhecidos ao longo das gerações, por meio das vias paternas e maternas (NAVARRO, 2008).

A estrutura genética de uma população deve ser bem conhecida de modo que se possa direcionar o desenvolvimento de estratégias para um gerenciamento adequado dos recursos genéticos para a preservação e o aproveitamento da máxima diversidade (OLIVEIRA et al. 2011). Nesse sentido, ferramentas de análise do *pedigree* têm importância, por permitir obter informações da estrutura populacional de determinada raça, sendo necessário dados genealógicos confiáveis e envolvendo múltiplas gerações (SIDERITS et al., 2013). De acordo com Barros et al. (2011) o conhecimento de um maior número de gerações é importante porque todos os parâmetros estimados são consequência da integralidade do *pedigree* e quanto mais completo for o *pedigree* mais precisas e confiáveis serão as estimativas.

O nível de integridade do *pedigree* pode ser avaliado pelos seguintes fatores: 1) O número de gerações completas é definido como a geração mais distante do animal na qual todos os ancestrais são conhecidos; 2) O número máximo de gerações é o número de gerações separando o indivíduo do ancestral mais distante. Os ancestrais sem registros

dos genitores são considerados fundadores; 3) O equivalente de gerações completas é calculado como a soma de $(1/2)^n$, em que n é o número de gerações separando o indivíduo de cada ancestral conhecido (GUTIÉRREZ e GOYACHE, 2005). Uma boa maneira de descrever a qualidade de um pedigree é o número equivalente de gerações (BAUMUNG e SOLKNER, 2003). Outro parâmetro importante a ser conhecido é o grau de profundidade do *pedigree* (MACCLUER et al.1983), pois nele são traçadas as proporções percentuais de identificação dos antepassados conhecidos (pais, avós, bisavós etc.) em uma representação gráfica, distinguindo as vias paternas e maternas (GUTIÉRREZ et al., 2003). Quando mais profunda, melhor será a qualidade dos demais parâmetros avaliados na população. Dessa forma, para que o cálculo dos parâmetros populacionais seja o mais acurado possível, maior deve ser o número de ancestrais considerados, ou seja, maior deve ser a integralidade do pedigree (GOYACHE et al., 2003).

Todos os genes presentes numa população descendem de algum dos seus fundadores, porém, a representação de cada um deles, em todos os indivíduos tomados por referência na população, varia consideravelmente por conta do uso preferencial de alguns reprodutores. Portanto, a probabilidade de origem genética passa a ser uma informação de grande importância quando se trata do conhecimento de fluxo gênico e, conseqüentemente, da estrutura genética da população (CERVANTES, 2008).

Os conceitos de fundador e ancestral costumam ser confundidos constantemente. São considerados animais fundadores aqueles que formam a população base, ou seja, aqueles indivíduos com pai e mãe desconhecidos (CERVANTES, 2008). O número efetivo de fundadores (f_e) é definido como o número de fundadores com contribuições balanceadas que seriam esperados para produzir a mesma diversidade genética como na população em estudo (LACY, 1989). Quando os fundadores contribuem para a população de referência de forma equilibrada o f_e tende a ser maior. Quando alguns fundadores contribuem muito mais que outros fundadores, o f_e tende a ser menor.

O número efetivo de ancestrais (f_a) é o número mínimo de antepassados, não necessariamente fundadores, que explica a diversidade genética completa de uma população (BOICHARD et al., 1997). Quanto maior a distância entre f_a e f_e , menor é a participação dos animais fundadores na população ao longo das gerações. O ideal é que o número efetivo de animais fundadores seja igual ao número efetivo de animais ancestrais, ou que a diferença entre eles seja sempre a menor possível (ALBUQUERQUE,

2010). Pedrosa et al. (2010), em estudo com a raça Santa Inês, observaram valores de f_e e f_a equivalentes a 211 e 156 animais, respectivamente. Rodrigues et al. (2009), com ovinos Morada Nova, obtiveram valores iguais de f_e e f_a .

A instalação de uma população com um número pequeno de fundadores tem como principal resultado a redução do tamanho efetivo, da variação genética dentro da população, elevação da homozigose e, conseqüentemente, perdas de alelos pela oscilação genética, evento conhecido como gargalo genético (CARNEIRO et al., 2007).

Um indivíduo consanguíneo é aquele resultante de pais que são parentes. O fato de os pais de um indivíduo serem geneticamente semelhantes aumenta a probabilidade de que ele receba de seus pais genes idênticos que representam cópias de um mesmo gene presente em um ancestral comum (VOZZI, 2004 e PEREIRA, 2008). Para estes indivíduos é possível calcular o coeficiente de endogamia, também conhecido com coeficiente de consanguinidade o qual é importante em estudos de estrutura populacional, porque sua estimativa permite avaliar o grau de variabilidade genética na população considerada. Este parâmetro, associado ao número efetivo (N_e) e intervalo de gerações permite avaliar a situação de risco ou grau de ameaça de uma raça (FALCONER, 1987). Essa associação se faz necessária já que, segundo Goyache et al. (2003), nenhuma ferramenta é útil, por si só, para caracterizar o status da variabilidade genética de uma população.

A intensificação do uso de métodos de avaliação genética e de biotécnicas reprodutivas que difundem o material genético superior mais rapidamente, têm contribuído para que os programas de melhoramento não apenas acelerem o progresso genético, mas também promovam o aumento da endogamia. Isso ocorre porque os métodos atuais de avaliação, ao utilizarem informações de pedigree, induzem a seleção mais frequente de parentes, uma vez que animais aparentados têm valores genéticos similares (QUEIROZ et al., 2000). Pereira (2008) destaca como efeito principal da consanguinidade o aumento da homozigose no rebanho e, em consequência, redução da heterozigose, sendo este efeito tanto maior quanto maior for o parentesco entre os indivíduos que se acasalam. Carneiro et al. (2006) citam, ainda, o favorecimento da identificação de genes recessivos indesejáveis ou de efeitos deletérios. A maioria destes genes está relacionada com a baixa fertilidade, alta mortalidade, redução do vigor e do valor adaptativo dos animais. Estes efeitos dependem da intensidade da consanguinidade

e da característica em questão. Raça, sexo e linhagem também são fontes de variação importantes nos efeitos da consanguinidade. A perda do vigor reprodutivo devido à endogamia pode ser denominada como depressão endogâmica (FALCONER, 1987).

O coeficiente médio de relação (CR) de um indivíduo é a probabilidade de um alelo escolhido aleatoriamente na população pertencer a um dado animal no pedigree. Para medir a variabilidade genética e conhecer as consequências das estratégias de acasalamentos utilizadas em uma população, uma das informações mais significantes é o coeficiente médio de relação (NAVARRO, 2008). A média de coeficiente de parentesco fornece informações adicionais para explicar as relações entre parentes (GUTIÉRREZ et al., 2003). Segundo Cervantes (2008), este parâmetro pode ser usado para medir a variabilidade genética e conhecer as consequências das estratégias de acasalamentos utilizadas em uma população, podendo ser empregado também como medida de endogamia, pois no seu cálculo são considerados a endogamia individual e os coeficientes de coancestralidade.

O tamanho efetivo é acordo com Wright (1931) como sendo o número de indivíduos de ambos os sexos que estão contribuindo geneticamente numa dada população, isto é, o número efetivo representa a relação entre o número de machos e fêmeas que estão sendo usados na reprodução numa dada população. Ele influencia diretamente no coeficiente médio de endogamia, em razão da maior probabilidade de acasalamento entre indivíduos aparentados em populações de menor tamanho efetivo em comparação com as de maior tamanho (BREDA et al., 2004).

Goddard e Smith (1990) sugeriram um tamanho efetivo mínimo de 40 animais por geração para aumentar o retorno econômico. Enquanto Meuwissen & Woolliams (1994) recomendaram entre 31 e 250 animais para prevenir decréscimos no valor adaptativo da população. Frankham (1995) sugeriu um N_e da ordem de 500 animais para a manutenção do potencial evolutivo indefinidamente, mas frisou que o N_e de 50 animais seria suficiente para a prevenção de depressão endogâmica, mesmo nível recomendado pela FAO (1998) para populações de conservação.

Populações de menor N_e apresentam maior probabilidade de acasalamento entre indivíduos aparentados, o que pode ocasionar maiores coeficientes de endogamia, redução da variância genética aditiva e, possivelmente, do valor fenotípico (BREDA et al., 2004; POGGIAN, 2008; CAROLINO; GAMA, 2008). Isso ocorre, principalmente,

em razão do uso intensivo de poucos machos melhorados nos rebanhos e do aumento da variação do número de progênes por reprodutor em gerações sucessivas (LAAT, 2001; CUNHA et al., 2006). Pedrosa et al. (2010) observaram que, entre os anos de 1998 e 2008, o tamanho efetivo diminuiu de 145 para 70 enquanto que a endogamia total aumentou de 0,5 para 3,5%, reforçando a relação inversa existente entre o tamanho efetivo (N_e) e o coeficiente de endogamia (F), citada anteriormente.

O intervalo entre gerações, definido como a idade média dos pais no nascimento dos filhos. Ele é calculado para os quatro caminhos (pai-filho, pai-filha, mãe-filho e mãe-filha) para os filhos que produziram descendentes e os que não produziram (GUTIÉRREZ e GOYACHE, 2005). A redução do Intervalo de Geração permite aumentar o ganho genético anual, levando a maiores retornos econômicos para o programa (FARIA et al., 2001). Entretanto, para aumento nos ganhos genéticos anuais, são necessários, além da redução do intervalo de geração, o uso de reprodutores avaliados e o controle dos acasalamentos de animais aparentados (MALHADO et al., 2008).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL. **Aumento de preços de ração e seca reduzem rebanho nacional em 2012**. Brasília: Correio Braziliense, 2013. Disponível em: <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2013/10/10/internas_economia,392649/aumento-de-precos-de-racao-e-seca-reduzem-rebanho-nacional-em-2012.shtml>. Acesso em: 25 de julho de 2016.
- ALBUQUERQUE, A.L.S. **Estrutura populacional de um rebanho leiteiro da raça Pardo-Suíça no estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 2010. 51p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- ALCALDE, C.R.; SAKAGUTI, E.S.; MARTINS, E.N.; ZUNDT, M.; YAMAMOTO, S.M.; MACEDO, R.M.G. Desempenhos Reprodutivo e Produtivo de Ovelhas Santa Inês Suplementadas em Diferentes Fases da Gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.658-667, 2004.
- ARAÚJO, A. M.; SIMPLÍCIO, A. A. **Melhoramento genético em caprinos e ovinos no Brasil: importância do padrão racial**. In: III Simpósio Nacional de Melhoramento Animal. Anais, Belo Horizonte, 2002. p. 191-193.

- ARCO, **Associação Brasileira de Criadores de Ovinos**. Manual Técnico. 2001. Bagé, RS 80 p.
- AZEVEDO, D. M. M. R., SILVA, D. C. da, PESSOA, R. S., MOURA JUNIOR, P. N. **A ovinocultura no mundo e no Brasil: Uma realidade**. 2008. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/capriovis/arquivos/file/Artigo%206.pdf>>. Acesso em 23 de julho de 2016.
- BARBIERI, M.; ÁVILA de, V.S.; BURIN, A.P.; DORR, A.C. **Influência da tomada de decisão no manejo produtivo de ovinos do município de São Sepé – RS**. REMOA - V. 13, N. 13 (2013): OUT - DEZ, p. 2846 – 2850.
- BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J. et al. Avaliação de características de qualidade da carne de suínos por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1639-1645, 2006.
- BARROS, E.A.; RIBEIRO, M.N.; ALMEIDA, M.J.O.; ARAÚJO, A.M. Estrutura populacional e variabilidade genética da raça Marota. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.543-552, 2011.
- BAUMUNG, R.; SOLKNER, J. *Pedigree* and marker information requirements to monitor genetic variability. **Genetics Selection Evolution**, v.35, p. 369-383, 2003.
- BEHZADI, M. R. B; E.F SHAHROUDI; L. D VAN VLECK. Estimates of genetic parameters for growth traits in Kermani sheep. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.124, n.5, p.296-301, 2007.
- BERGMANN, J.A.G. **Avaliação genética**. In: PEREIRA, J. C.C. Melhoramento genético aplicado à produção animal.5ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2012.
- BOICHARD D., MAIGNEL L., VERRIER E. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. **Genetics Selection Evolution**, v.29, p.5-23, 1997.
- BREDA, F. C.; EUCLIDES, R. F.; PEREIRA, C. S.; TORRES, R. A.; CARNEIRO, P. L. S.; SARMENTO, J. L. R.; TORRES FILHO, R. A.; MOITA, A. K. F. Endogamia e Limite de Seleção em Populações Seleccionadas Obtidas por Simulação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2017-2025, 2004.
- BUENO, M.S.; CUNHA, E.A.; SANTOS, L.E dos; VERÍSSIMO, C.J. **Santa Inês: uma boa alternativa para a produção intensiva de carne de cordeiros na região Sudeste**.

2006. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/SantaInes/index.htm> Acesso em 23 de julho de 2016.

CARNEIRO, P.L.S. et al. Oscilação genética em populações submetidas a métodos de seleção tradicionais e associados a marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.84-91, 2006.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; SOUZA JÚNIOR, A.A.O. et al. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p.991-998, 2007.

CAROLINO, N.; GAMA, L.T. Indicators of genetic erosion in an endangered population: The Alentejana cattle breed in Portugal. **Journal of animal science**, v.86, p.47–56, 2008.

CARVALHO, G.C.; BARBOSA, L.T.; OLIVEIRA, T.M. de; FONSECA, F.É.P.; MUNIZ, E.N.; AZEVEDO, H.C. Estimação de parâmetros genéticos de ovinos da raça Santa Inês utilizando modelos uni e bicaracterística. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.111-116, 2014.

CERVANTES, I. **Estructura genética del caballo de pura raza árabe español y su influencia en razas derivadas: aplicación de nuevas metodologías en el cálculo del tamaño efectivo**. 2008, 180f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Facultad de Veterinária/ Universidad Complutense de Madrid.

COSTA, N. G. A. **Cadeia produtiva de carne ovina no Brasil, rumo às novas formas de organização da produção** / Nívia Guimarães da Costa; orientação de Josemar Xavier de Medeiros. – Brasília, 2007. 182 p.: II Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2007.

CUENCA, M. A. G. **Caracterização do consumo das carnes caprina e ovina na cidade de Salvador** / Manuel Alberto Gutiérrez Cuenca. ... [et al.]. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2008. 21 p.

CUNHA, E.E.; EUCLIDES, R.F.; TORRES, R.A.; CARNEIRO, P.L.S. Simulação de dados para avaliação genética de rebanhos de gado de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.381-387, 2006.

DUGUMA, G.; SCHOEMAN, S.J.; CLOETE, S.W.P. et al. Genetic parameter estimates of early growth traits in the Tygerhoek Merino flock. **South African Society for Animal Science**, n.32, p.66-75, 2002.

EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L.O.C.; ALVES, R.G.O.; FIGUEREIDO, G.R. **Tendências genéticas na raça Guzerá**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34. Juiz de Fora: SBZ, 1997.

EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L.O.C.; ALVES, R.G.O. et al. Tendência genética na raça Gir. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 787-791, 2000.

FALCONER, D.S. **Pequenas populações: mudanças da frequência gênica sob condições simplificadas**. In: _____. Introdução à Genética Quantitativa. 1.ed. Viçosa, MG: UFV, 1987.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction of quantitative genetics**. 4th ed. New York: Longman, 1996. 464 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. 1998. **Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans**. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Indust/primary.pdf>>. Acesso em: 23 de julho de 2016.

FRANKHAM, R. Conservation genetics. **Annual Review of Genetics**, v. 29, p. 305-327, 1995.

GASKINS, C.T.; SNOWDER, G.D.; WESTMAN AND M. EVANS, M. K. Influence of body weight, age, and weight gain on fertility and prolificacy in four breeds of ewe lambs. **Journal Animal Science**, v.83, p.1680-1689, 2005.

GERASEEV, L. C.; PEREZ, J. R. O.; OLIVEIRA, R. P.; QUINTÃO, F. A.; PEDREIRA, B. C. Efeito da restrição alimentar durante o final da gestação sobre o peso ao nascer de cordeiros Santa Inês. **Ciência Agrotecnica**, v. 30, n. 2, p. 329-334, 2006.

GODDARD, M.G.; SMITH, C. Optimum number of bull sires in dairy cattle breeding. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 1113-1122, 1990.

GOYACHE, F. GUTIÉRREZ, J. P.; FERNANDEZ. Using pedigree information to monitor genetic variability of endangered populations: the Xalda sheep breed of Asturias as an example. **Journal Animal Breeding Genetics**, v.120, p. 95-103, 2003.

GUTIÉRREZ, J.G; ALTARRIBA, J.; DÍAZ, C. et al. Pedigree analysis of eight spanishbeef cattle breeds. **Genetics Selection. Evolution**, v.35, p.43-63, 2003.

- GUTIÉRREZ, J.P.; GOYACHE, F. A note on ENDOG: a computer program for analyzing pedigree information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 122, p. 172-176, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 25 de julho de 2016.
- JUCÁ, A.F.; FAVERI, J.C.; MELO FILHO, G.M.; RIBEIRO-FILHO, A.L.; AZEVEDO, H.C.; MUNIZ, E.N.; PINTO, L.F.B. Performance of the Santa Ines breed raised on pasture in semiarid tropical regions and factors that explain trait variation. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, p.1249–1256, 2014.
- KOOTS, K.R., GIBSON, J.P., SMITH, C. et al. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 1-Heritability. **Animal Breeding Abstracts.**, 62. p.309-338, 1994.
- LAAT, D.M. **Contribuição genética dos fundadores e ancestrais na raça Campolina**. Belo Horizonte: UFMG, 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.
- LACY R.C. Analysis of founder representations in pedigrees: founder equivalents and founder genome equivalents. **Zoo Biology**, v. 8, 1989.
- LANDIM, A.V.; CASTANHEIRA, M.; FIORAVANTI, M.C.S.; PACHECO, A.; CARDOSO, M.T.M.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C.M. Physical, chemical and sensorial parameters for lambs of different groups, slaughtered at different weights. **Tropical Animal Health and Production**, v. 43, p. 1089-1096, 2011.
- LEITE, E.R. Ovinocaprinocultura: A modernização do Agronegócio. **Caprinos News. Jornal do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos**, v. 6, n.15, Sobral, 2002.
- LÔBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R.; FERNADES, A.A.O. Efeito de fatores genéricos e de ambiente sobre o peso ao nascimento de ovinos da raça Morada Nova no sertão do Ceará. **Ciência Animal. Fortaleza**, v.2 n.1, p. 95-104, 1992.
- LÔBO, R. N. B. **Correlação entre circunferência escrotal e medidas corporais de ovinos da raça Morada Nova no Estado do Ceará**. Fortaleza: 1996. 107p. Tese (Mestrado em Produção e Reprodução de Pequenos Ruminantes da Universidade Estadual do Ceará - UECE, 1996).
- LÔBO, R.N.B.; MARTINS, J.A.M.; MALHADO, C. H. M.; MARTINS FILHO, R.; MOURA, A.A.A. Correlações entre características de crescimento, abate e medidas

corporais em tourinhos da raça Nelore. **Revista Ciência Agronômica**, v.33, n.2, p.5-12, 2002.

LÔBO, R.N.B.; VILLELA, S.C.V.; LOBO, A.M.B.O.; PASSOS, J.R. de S.; OLIVEIRA, A.A. de. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.35, n.3, p.1012-1019, 2006

LÔBO, R.N.B.; LÔBO, A.M.B.O. Melhoramento Genético Como Ferramenta Para O Crescimento E O Desenvolvimento Da Ovinocultura De Corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal.** v.31, n.2, p.247-253, 2007.

LÔBO, A.M.B.O. **Estudo genético de características de importância econômica em uma população multirracial em ovinos de corte: uma abordagem quantitativa e molecular.** Dissertação de Mestrado, em Produção e Reprodução de Pequenos Ruminantes da Universidade Estadual do Ceará - UECE, Fortaleza, Fevereiro de 2008.

MACCLUER, J., BOYCE, B., DYKE, L. et al. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses. **Journal Heredity**, v.74, p. 394-399, 1983.

MADRUGA, M.S.; SOUSA, W. H.; ROSALES, M. D.; CUNHA, M. D. G.; RAMOS, J. L. F. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados em diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 344, n.1, p. 309-315, 2005.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; PEREIRA, D. G.; MARTINS FILHO, R. Progresso genético e estrutura populacional do rebanho Nelore no Estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 9, p. 1163-1169, 2008.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P.L.S; MARTINS FILHO, R.; AZEVEDO, D.M.M.R. Histórico genético e populacional do rebanho Nelore Puro de Origem no Sertão Nordeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.7, p.713-718, jul. 2009.

MARTINS, E. C. **Caracterização do consumo das carnes caprina e ovina em Alagoas** / Espedito Cezário Martins. ...[et al.]. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2008. 23 p.: il. color. (Documentos / Embrapa Caprinos e Ovinos.

McMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L.A.C. et al. Curvas de crescimento de ovinos Bergamácia criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1207- 1212, 2003.

McMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; SASAKI, L. C.B.; BIANCHINI, E.; BERNAL, F. E.M.; PAIVA, S.R.; PAIM, T. P. Skin and coat traits in sheep in Brazil and

- their relation with heat tolerance. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, p. 1, 2010.
- McMANUS, C.; PAIM, T. do P.; LOUVANDINI, H.; DALLAGO, B.S.L.; DIAS, L.T.; TEIXEIRA, R.A. Avaliação ultrasonográfica da qualidade de carcaça de ovinos Santa Inês. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.14, n.1, p. 8-16, jan./mar. 2013.
- MEUWISSEN, T.H.E; WOOLLIAMS, J.A. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. **Theory Applied Genetic** , v.89, p.1019-1026, 1994
- MORAIS, O.R. **Melhoramento genético dos ovinos no Brasil**. In: PEREIRA, J. C.C. Melhoramento genético aplicado à produção animal. 6ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2012.
- NAVARRO, C.I. **Estructura genética del caballo de pura raza Árabe Español y su influencia em razas derivadas: aplicación de nuevas metodologías em El cálculo Del tamaño efectivo**. 2008. Tese (Doutorado) - Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2008.
- NESER, F.W.C.; ERASMUS, G.J.; VAN WYK, J.B. Genetic parameter estimates for pre-weaning weight traits in Dorper sheep. **Small Ruminant Research**, v.40, p.197-202, 2001.
- OLIVEIRA, A.B.M.; SUNADA, N.S.; ORRICO, A.C.A.; ORRICO JR.; M.A.P.; LIMA S.R.N.; CENTURION, S.R. **Avaliação do desempenho e características de carcaça de diferentes genótipos de ovinos terminados em confinamento**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. Anais...Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010.
- OLIVEIRA, P. S. et al. Estrutura populacional de rebanho fechado da raça Nelore da linhagem Lemgruber. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.6, p.639-647, 2011.
- PACHECO, A.; QUIRINO, C. L. **Estudo das características de crescimento em ovinos**. PUBVET, Londrina, v. 2, n. 29, Ed. 40, Art. 293, 2008.
- PEDROSA, V.B.; SANTANA JR., M.L.; OLIVEIRA, P.S. et al. Population structure and inbreeding effects on growth traits of Santa Inês sheep in Brazil. **Small Ruminant Research**, v.93, p.135-139, 2010.
- PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2004. 555 p.

- PEREIRA, J.C.C., **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 5.ed. FEPMVZ Editora, Belo Horizonte. 2008.
- PILAR, R. C.; PÉRZ, J.R.; SANTOS, C. L., **Manejo reprodutivo da ovelha: recomendações para uma parição a cada 8 meses**. Boletim Agropecuário (50). p. 1 – 28. 2002.
- POGGIAN, C. F. **Variabilidade genética e endogamia na população guzerá sob seleção para produção de leite**. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG.
- QUEIROZ, S. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; LANZONI, N. A. Efeito da Endogamia sobre Características de Crescimento de Bovinos da Raça Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1014-1019, 2000.
- RAINERI, C., NUNES, B. C. P.; GAMEIRO, A. H. Caracterização tecnológica dos sistemas de produção de ovinos no Brasil. **Ciência Animal Journal**, v.86, p.476- 485, 2015.
- RODRIGUES, D.S.; RIBEIRO, M.N.; OLIVEIRA, S.M.P. et al. Estrutura populacional de um rebanho da raça morada nova como contribuição para a conservação. **Ciência Animal**, v.19, p. 103-110, 2009.
- SANTANA, A. F.; MARTINS FILHO, R. 1996. Fatores que influenciam no desenvolvimento ponderal de ovinos jovens deslanados. **Arquivos da Escola de Medicina Veterinária – UFBA**, Salvador, v.18, n.1, p.41-60.
- SANTOS, R. **Santa Inês: A raça fundamental**. Uberaba – MG, Editora Agropecuária Tropical, 568 p. 2007.
- SARMENTO, J.L.R. et al. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.435-442, 2006.
- SEBRAE. **Informações de mercado sobre caprinos e ovinos**. SEBRAE Série Mercados: Relatório Final, 2005. 73 p.
- SIDERITS, M.; BAUMUNG, R.; FUERST-WALTL, B. Pedigree analysis in the German Paint Horse: Genetic variability and the influence of pedigree quality. **Livestock Science**, v. 151, n. 2-3, p. 152–157, 2013.
- SOUSA, W.H. et al. Estimativas de componentes de (co)variância e herdabilidade direta e materna de pesos corporais em ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1252-1262, 1999.

- SOUSA, J.E.R. **Parâmetros Genéticos e Fenotípicos de Pesos do Nascimento aos 120 dias e de Ganho de Peso do Nascimento aos 90 dias de Idade em Ovinos da Raça Santa Inês**. 2004. 43 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- SOUZA, D. A. **SAG da carne ovina brasileira: resultados 2008 e perspectivas. 2009**. Disponível em: <www.beefpoint.com.br>. Acesso em 24 de julho de 2016.
- TEIXEIRA NETO, M.R.T.; CRUZ, J.F. da; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; FARIA, H.H.N. Parâmetros populacionais da raça ovina Santa Inês no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.12, p.1589-1595, 2013.
- TEIXEIRA NETO, M.R.; CRUZ, J.F. da; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; FARIA, H.H.N. SOUZA, E.S. Descrição do crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelos não-lineares selecionados por análise multivariada. **Revista brasileira de saúde e produção animal**. v.17, n.1, p.26-36, 2006.
- TORRES, R.A. **Efeito da heterogeneidade de variância na avaliação genética de bovinos da raça Holandesa no Brasil**. 1998. 124f. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- VALERA, M.; MOLINA, A.; GUTIÉRREZ, J.P.; GOMEZ, J.; GOYACHE, F. Pedigree analysis in the Andalusian horse: population structure, genetic variability and influence of the Carthusian strain. **Livestock Production Science**, v. 95, p. 57-66, 2005.
- VIANA, J.G.A. Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, Porto Alegre, Ano 4, Nº 12, Março de 2008.
- VOZZI, P.A. **Análise da estrutura e variabilidade genética dos rebanhos do Programa de Melhoramento Genético da raça Nelore**. Ribeirão Preto: Departamento de Genética. 2004. 77 p. Tese (Doutorado) FMRP-USP, 2004.
- WRIGHT S. Mendelian analysis of the pure breeds of livestock. The measurement of inbreeding and relationship. **Journal Heredity**, v.14, p.339-348, 1922.

CAPÍTULO 01

ESCORES VISUAIS DE PELO E MUSCULOSIDADE DA PERNA COMO CRITÉRIOS DE SELEÇÃO EM OVINOS SANTA INÊS

RESUMO

Este estudo tem por objetivo estimar parâmetros genéticos para escores visuais em ovinos de Santa Inês para identificar se os mesmos são bons critérios de seleção e como estão correlacionados com pesos e ganhos de peso em diferentes idades. Foi utilizada uma base de dados com registros de 10.121 animais nascidos entre 2003 e 2011. Foram medidas os escores visuais para a musculabilidade da perna e pelo aos 270 dias de idade. Peso ao nascimento (PN), a 60 (P60), a 180 (P180) e 270 (P270) dias de idade, além de ganho de peso do nascimento a desmama (GP1), ganho de peso da desmama aos 270 dias (GP2), ganho de peso diário do nascimento a desmama (GDP1), ganho de peso diário da desmama aos 270 dias (GDP2) também foram avaliados. Os parâmetros genéticos foram estimados por REML em um modelo animal multi-característica. As estimativas dos coeficientes de herdabilidade foram de $0,18 \pm 0,02$ para PN, $0,20 \pm 0,03$ para P60, $0,34 \pm 0,03$ para P180, $0,26 \pm 0,03$ para P270, $0,35 \pm 0,04$ para GP1, $0,10 \pm 0,03$ para GP2, $0,66 \pm 0,06$ para GDP1, $0,47 \pm 0,01$ para GDP2, $0,19 \pm 0,04$ para escore visual de musculabilidade da perna e $0,22 \pm 0,04$ para escore visual de pelo. Assim, os coeficientes de herdabilidade para escores visuais mostraram que são bons critérios de seleção para melhoramento animal e seu uso proporcionará ganho genético em médio prazo. Além disso, as estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e outras características variaram de -0,02 a 0,75 e não indicam qualquer possibilidade de resposta indesejável correlacionada para pesos ou ganhos de peso.

Palavras-chave: correlação, herdabilidade, mensuração corporal, peso corporal.

ABSTRACT

This study aims to estimate genetic parameters for visual scores in Santa Ines sheep to identify whether they are good selection criteria and how are correlated with weights and weight gains in different ages. A database with records of 10,121 animals born between 2003 and 2011 was used. Visual scores for leg's muscle and hair at 270 days of age were measured. Weights at birth (W1), at 60 (W60), at 180 (W180) and at 270 (W270) days old, total weight gain (WG1) and daily weight gain (DWG1) from birth to weaning, and total weight gain (WG2) and daily weight gain (DWG2) from weaning to 270 days were evaluated too. Genetic parameters were estimated by REML in a multi-trait animal model. Heritability coefficients estimates were 0.18 ± 0.02 for W1, 0.20 ± 0.03 for W60, 0.34 ± 0.03 for W180, 0.26 ± 0.03 for W270, 0.35 ± 0.04 for WG1, 0.10 ± 0.03 for WG2, 0.66 ± 0.06 para DWG1, 0.47 ± 0.01 for DWG2, 0.19 ± 0.04 for visual leg score, and 0.22 ± 0.04 for visual hair score. Thus, the heritability coefficients for visual scores showed that are good selection criterion for animal improvement and their use will provide genetic gain in mid-term. Besides, the estimates of genetic correlations between visual scores and other traits ranged from -0.02 to 0.75 and they not indicate any possibility of undesirable response correlated for weights or weight gains.

Keywords: correlation, heritability, body measurement, body weight.

INTRODUÇÃO

A raça Santa Inês tem sido muito utilizada no Brasil para produção de carne, por estar bem adaptada as regiões tropicais do país. Essa adaptação foi demonstrada em estudos como Cruz-Junior et al. (2016), que encontraram maior tolerância ao calor do Santa Inês se comparada a outras raças (Bergamasca, Dorper, Texel, Ile de France e Hampshire Down). McManus et al. (2009) e Correa et al. (2013) citam que essa adaptação pode estar parcialmente associada a características da pelagem. No entanto, não há indícios de que os criadores tenham selecionado seus animais em função de características da pelagem. Portanto, se trata de um atributo advindo da seleção natural, proporcionado pelo longo período de criação desta raça em região tropical semiárida. O melhoramento da raça Santa Inês tem sido pautado na seleção para aumentar os ganhos de peso e evitar que essa seleção elimine a tolerância ao calor é um desafio. Para este fim, foi proposto por uma associação de criadores a utilização de um escore visual de pelagem, mas não há estudos quanto a viabilidade desse escore como critério de seleção, nem tão pouco como ele estaria correlacionado com variáveis de crescimento como pesos e ganhos de peso em diferentes idades.

Como qualquer raça criada para fins de produção de carne, o Santa Inês também precisa de contínuo processo de seleção para melhorar seus atributos de crescimento e carcaça. Ganhos em crescimento podem ser obtidos via seleção, pois muitos estudos com Santa Inês indicaram a existência de variabilidade genética para pesos em diferentes idades (Silva et al., 1996; Sousa et al., 1999; Sousa et al., 2006; Sarmiento et al., 2006; e Carvalho et al., 2014). Contudo, a seleção de animais apenas com informação de valor genético para pesos tende a elevar o tamanho da raça a médio ou longo prazo. Isso traz consequências negativas para o sistema de produção como, por exemplo, o aumento da demanda de energia de manutenção, um problema que se agrava em condições de criação a pasto em regiões tropicais semiáridas.

Avaliações por escores visuais apresentam baixo custo e podem ajudar a identificar animais com melhor desenvolvimento muscular, os quais não são necessariamente os maiores animais da raça. Estimativas de herdabilidade para escores visuais de musculabilidade em ovinos, como na raça Suffolk (Somavilla et al., 2012), mostram que é possível obter ganhos genéticos via seleção. No entanto, estimativas de herdabilidade para essa variável permanecem desconhecidas na Raça Santa Inês. Assim, este trabalho

teve como objetivo avaliar dois escores visuais quanto ao seu potencial como critérios de seleção para melhorar o desenvolvimento muscular e resistência ao calor em ovinos da raça Santa Inês. Além disso, foi avaliado se estes escores estão geneticamente correlacionados com pesos e ganhos de peso nesta raça.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do banco de dados

Foram utilizados dados da raça Santa Inês provenientes da Associação Sergipana dos Criadores de Caprinos e Ovinos (ASCCO), com registros de até 10.121 animais, nascidos no período de 2003 a 2011. As características analisadas foram: pesos ao nascer (PN), 60 (P60), 180 (P180) e 270 (P270) dias de idade, além de ganho de peso do nascimento a desmama (GP1), ganho de peso da desmama aos 270 dias (GP2), ganho de peso diário do nascimento a desmama (GDP1), ganho de peso diário da desmama aos 270 dias (GPD2) e medidas de escores visuais de musculabilidade da perna e do pelo aos 270 dias de idade. Valores estatísticos descritivos dessas variáveis podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis em estudo

Características ¹	N ²	GC ³	Média	DP ⁴
Peso ao nascer	10121	290	3,63	0,77
Peso aos 60 dias	5144	319	17,02	4,89
Peso aos 180 dias	4372	403	31,71	10,16
Peso aos 270 dias	3104	373	39,49	12,59
Escore de musculabilidade da perna aos 270 dias	3237	332	2,29	0,92
Escore de pelo aos 270 dias	3307	334	4,37	1,21
Ganho de peso do nascimento a desmama	6248	319	11,38	4,42
Ganho de peso da desmama aos 270	2660	373	23,45	9,96
Ganho de peso diário do nascimento a desmama	8179	308	0,163	0,071
Ganho de peso diário da desmama aos 270	2659	372	0,112	0,054
Matrizes	4742	----	----	----
Reprodutores	391	----	----	----

¹Pesos e ganhos de peso em quilogramas; ²número de observações; ³número de grupos de contemporâneos; e ⁴Desvio-padrão.

A Associação Sergipana dos Criadores de Caprinos e Ovinos (ASCCO) usa os seguintes critérios para a avaliação das medidas de escores: o escore visual de musculosidade da perna é obtido através de uma avaliação com escores de 1 a 5 e quanto maior o valor deste escore mais musculosa é a perna do animal; o escore visual do pelo é obtido através de uma avaliação de 1 a 6 e quanto maior o valor deste escore mais adequado é o pelo do animal às condições tropicais, portanto trata-se de uma característica indicadora da adaptabilidade do animal ao ambiente tropical.

Análise dos dados

O modelo de análise para as variáveis PN, P60, GP1 e GDP1 incluiu os efeitos aleatórios genéticos aditivos direto e materno, a covariável idade da mãe (efeitos linear e quadrático) e a idade do animal aos 60 dias (efeito linear e quadrático) somente para P60 e GP1. Além disso, foi considerado o efeito fixo de grupo de contemporâneos (GC), o qual constituíram-se de animais da mesma fazenda, ano, sexo, tipo de parto e estação de nascimento. Grupos de contemporâneos com menos de três animais foram retirados da análise e o número de grupos de contemporâneos na análise de cada variável está descrito na Tabela 1. O modelo matricial pode ser descrito como $y = Xb + Za + Zm + e$, no qual y é o vetor de observações das variáveis em estudo; b é o vetor de efeitos fixos de GC, covariável idade da mãe e idade do animal; X é a matriz de incidência que relaciona as observações aos efeitos fixos; a é o vetor dos efeitos aleatórios aditivo direto, m é o vetor dos efeitos aleatórios aditivo materno; e é o vetor dos erros aleatórios; Z é a matriz de incidência que relaciona os efeitos aleatórios ao vetor de observações.

Os modelos para P180, P270, GP2, GDP2 e escores de avaliação visual do pernil e do pelo aos 270 dias de idade, incluíram o efeito aleatório genético aditivo direto, a covariável idade do animal aos 180 dias para P180 e idade aos 270 dias para as demais características (efeitos linear e quadrático), além do efeito fixo de grupo de contemporâneos (GC). Para estas características o modelo matricial adotado foi semelhante ao mencionado anteriormente, mas sem inclusão do componente materno (Zm). Para obtenção das estimativas dos componentes de variâncias, requeridos para estimar os parâmetros genéticos, empregou-se o método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), por meio de modelo animal multicaracterística, com uso dos programas VCE6 (Groeneveld, 2010) e PEST (Groeneveld, 2006).

O banco de dados analisado tinha um elevado número de matrizes se comparado ao número de mensurações em cada variável (Tabela 1), o que é uma consequência do reduzido número de partos por ovelha. Assim, quando o efeito de ambiente permanente materno foi inserido nos modelos supracitados, não houve um bom ajuste, apresentando problemas que foram desde a falta de convergência até obtenção de estimativas de parâmetros pouco coerentes. Portanto, optou-se pela não inclusão do efeito de ambiente permanente materno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as covariâncias e, conseqüentemente, as correlações entre os efeitos genéticos aditivo direto e materno para PN e P60, GP1 e GDP1 foram negativas (Tabela 2). Outros estudos com ovinos Santa Inês também obtiveram correlações negativas entre os efeitos diretos e maternos. Sousa et al. (1999) reportaram valores de $-0,15 \pm 0,23$ para PN e $-0,31 \pm 0,21$ para PD. Sarmiento et al. (2006) estimaram $-0,47$ para PN e $-0,24$ para PD. Enquanto Carvalho et al. (2014) citam $-0,83 \pm 0,35$ para PN e $-0,87 \pm 0,47$ para PD. Estes autores atribuem o valor negativo da covariância entre os efeitos direto e materno a fatores não incluídos no modelo, do que propriamente a causas biológicas. Percebe-se nestes estudos, assim como no presente trabalho, que em muitos casos essas correlações possuem elevados erros-padrão. Logo, não se pode afirmar que de fato exista um antagonismo entre os efeitos dos genes relacionados ao potencial de crescimento do cordeiro e à habilidade materna da ovelha. No estudo de Souza et al. (1999) fica evidente que ajustar essa covariância para zero praticamente não causa impacto nas estimativas dos coeficientes de herdabilidade na raça Santa Inês. Além disso, David et al. (2015) avaliaram o impacto da covariância entre os efeitos genéticos aditivos direto e materno em ovinos, coelhos e suínos, concluindo que esse parâmetro tem pouca influência sobre as avaliações genéticas.

Para peso ao nascimento os valores de herdabilidade direta e materna estimados em outros estudos (Tabela 3) com o Santa Inês variaram de 0,12 a 0,27 (herdabilidade direta) e 0,16 a 0,41 (herdabilidade materna). Portanto, as estimativas de herdabilidade direta e materna aqui obtidas para peso ao nascimento se encontram dentro do intervalo de estimativas reportadas com outros rebanhos da mesma raça (Silva et al., 1996; Sousa et al., 1999; Sousa et al., 2006; Sarmiento et al., 2006; e Carvalho et al., 2014). Percebe-se

que a herdabilidade materna foi superior a herdabilidade direta para PN no presente estudo (Tabela 2), bem como em outros trabalhos com a raça Santa Inês (Tabela 3). Isso revela a importância de inclusão do efeito materno no modelo de análise, pois apenas com ele é possível não superestimar o efeito aditivo direto para peso ao nascimento, o que pode ter ocorrido no trabalho de Silva et al. (1996). Ressalta-se, porém, que a herdabilidade materna aqui apresentada pode estar superestimada, pois não foi possível incluir no modelo o efeito de ambiente permanente materno, visto que muitas ovelhas tinham apenas um parto. Sousa et al., (1999) quando não incluíram esse efeito estimaram para PN coeficientes de herdabilidade direta e materna de 0,12 e 0,21, respectivamente, mas quando incluíram o ambiente permanente materno as estimativas foram 0,13 e 0,12, respectivamente. Portanto, espera-se uma diminuição da herdabilidade materna com a inclusão do efeito de ambiente permanente materno. A seleção para maiores pesos ao nascimento deve aumentar os valores de algumas variáveis, especialmente P60, P180, P270 e GP1 cujas correlações genéticas foram positivas e variaram de 0,65 a 0,86 (Tabela 4).

O coeficiente de herdabilidade direta para peso a desmama (P60) foi moderado (Tabela 2) e está dentro do intervalo de estimativas reportadas em outros estudos com a raça Santa Inês, cujos valores vão de 0,00 a 0,29 (Tabela 3). A estimativa de 0,29 reportada por Silva et al. (1996) pode estar superestimada, pois eles não incluíram o efeito materno e todos os demais estudos da Tabela 3 encontraram valores bem inferiores (0,00 a 0,16). Ressalta-se que no presente estudo a idade de desmama foi 60 dias, enquanto nos estudos já conduzidos com a raça Santa Inês os animais foram desmamados com 90 dias ou mais (Tabela 3). Observa-se também que o efeito materno apresentou grande influência sobre P60 e este resultado reforça a importância de se considerar o efeito materno até a desmama. Ignorar tal efeito pode induzir a uma conclusão equivocada sobre a possibilidade de resposta à seleção direta, uma vez que a estimativa de herdabilidade direta tornam-se inflacionadas quando apenas o efeito genético aditivo direto é incluído no modelo de análise. Sarmiento et al. (2006) observaram para peso a desmama herdabilidade direta igual a 0,43 quando não incluíram o efeito materno, mas herdabilidade direta igual a zero quando este efeito foi considerado. Da mesma forma que observado para PN, a seleção para elevar P60 deve aumentar o peso em outras idades e os ganhos de peso diário, pois as correlações genéticas foram positivas e altas (Tabela 4).

Tabela 2. Estimativas dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos

Características	σ_a^2	σ_m^2	σ_{am}	σ_e^2	σ_p^2	h_d^2	h_m^2	r_{Gam}
Peso ao nascimento	0,0907	0,1211	-0,02	0,3249	0,4967	0,18±0,02	0,24±0,02	-0,20±0,13
Peso aos 60 dias (Desmama)	2,4360	2,0382	-0,42	8,6835	12,3126	0,20±0,03	0,17±0,02	-0,19±0,10
Peso aos 180 dias	14,3670	----	-----	28,1329	42,4999	0,34±0,03	-----	-----
Peso aos 270 dias	17,3624	----	-----	48,0069	65,3693	0,26±0,03	-----	-----
Ganho de peso do nascimento a desmama	4,9054	0,0684	-0,09	9,2344	14,0200	0,35±0,04	0,30±0,02	-0,44±0,14
Ganho de peso diário do nascimento a desmama	0,0020	0,0012	-0,0001	0,00010	0,0030	0,66±0,06	0,39±0,01	-0,09±0,01
Ganho de peso total da desmama aos 270	5,2746	----	----	44,1111	49,3857	0,10±0,03	-----	-----
Ganho de peso diário da desmama aos 270	0,0007	----	-----	0,00076	0,0014	0,47±0,01	-----	-----
Escore visual de musculosidade da perna	0,0809	-----	-----	0,35235	0,4332	0,19±0,04	-----	-----
Escore visual de pelo	0,2483	-----	-----	0,89208	1,1404	0,22±0,04	-----	-----

σ_a^2 = variância genética aditiva direta; σ_m^2 = variância genética aditiva materna; σ_{am} = covariância genética entre os efeitos aditivos direto e materno; σ_e^2 = variância ambiental; σ_p^2 = variância fenotípica; h_d^2 = herdabilidade direta; h_m^2 = herdabilidade materna; r_{Gam} = correlação genética entre os efeitos aditivos direto e materno.

Tabela 3. Herdabilidade direta e materna reportados em outros estudos com a raça Santa Inês, para pesos ao nascimento (PN), desmama (PD) e idades posteriores (Pi).

h ²	Características			Referências
	PN	PD	P _i	
Direta	0,27±0,11	0,29±0,12	-	Silva et al. (1996)
Materna	-	-	-	PD = 112 dias
Direta	0,12±0,04	0,04±0,04	0,06±0,03	Sousa et al. (1999)
Materna	0,21±0,04	0,26±0,04	0,10±0,02	PD = 90 a 112 dias e P _i = 196 dias
Direta	0,15±0,06	0,16±0,08	-	Sousa et al. (2006)
Materna	0,16±0,08	0,06±0,08	-	PD = 120
Direta	0,20	0,00	0,00	Sarmiento et al (2006)
Materna	0,32	0,24	0,18	PD = 112 dias e P _i = 196 dias
Direta	0,21±0,05	0,07±0,06	-	Carvalho et al. (2014)
Materna	0,41±0,06	0,20±0,07	-	PD = 90 dias

Apenas Sousa et al. (1999) e Sarmiento et al. (2006) reportaram estimativas de herdabilidade para pesos pós-desmama em ovinos Santa Inês. Em ambos os estudos a idade foi de 196 dias e os coeficientes de herdabilidade estimados foram próximos de zero (Tabela 3). No presente estudo as pesagens pós-desmama foram feitas aos 180 e 270 dias de idade e os coeficientes de herdabilidade estimados foram de moderada magnitude (Tabela 2). Vale mencionar também que a correlação genética entre P180 e P270 foi muito alta (Tabela 4), indicando ser desnecessário fazer estas duas pesagens se o objetivo for apenas a seleção para maiores pesos pós-desmama. Neste caso recomenda-se manter as pesagens aos 180 dias, visto apresentar maior estimativa de herdabilidade direta (Tabela 2). Além disso, após 180 dias muitos criadores já iniciam a comercialização dos animais e por isso é mais difícil obter a pesagem de 270 dias. As correlações genéticas envolvendo P180 e P270 com as pesagens pré-desmama e os ganhos de peso foram todas positivas (Tabela 4), assim a seleção para aumentar o valor destas variáveis irá aumentar o valor das demais pesagens também e acelerar o ganho de peso dos animais.

Mesmo com a inclusão do efeito materno no modelo de análise das variáveis GP1 e GDP1, ainda foi observada estimativa de herdabilidade direta moderada e alta para essa variável. Os valores encontrados são consideravelmente maiores que aquelas estimadas para PN e P60, que são as outras duas variáveis de crescimento pré-desmama avaliadas no presente estudo. Assim, dentre as variáveis aqui estudadas, GDP1 é a que tem maior potencial de

resposta a seleção para o objetivo de melhorar o crescimento pré-desmama em ovinos Santa Inês. Já no período pós-desmama, o ganho de peso diário não é o melhor critério de seleção e a pesagem aos 180 dias é a variável que provavelmente apresentará melhor resposta como critério de seleção para crescimento pós-desmama. Ressalta-se que este é o primeiro estudo a reportar estimativas de herdabilidade para ganhos de peso diário nos intervalos de tempo aqui considerados. Silva et al. (1996) reportaram herdabilidade direta para ganhos de peso diário em ovinos Santa Inês, porém eles consideraram os intervalos de tempo do nascimento a 28 dias, 28-56, 56-84 e 84-112 dias, todos no período pré-desmama, mas não consideraram o ganho de peso diário no intervalo do nascimento ao desmame (112 dias). Silva et al. (1996) também identificaram o ganho de peso diário pré-desmama como sendo um critério de seleção melhor que as pesagens para o objetivo de melhorar o crescimento da raça Santa Inês no período pré-desmama.

Os pesos e ganhos de peso aqui estudados apresentaram variância genética aditiva que permite obter ganhos genéticos via seleção, conforme observado nas estimativas de herdabilidade obtidas (Tabela 2). Contudo, a seleção com base apenas nessas variáveis pode levar ao aumento de porte dos animais, o que tem como consequência o aumento da demanda de energia de manutenção. Ressalta-se que os ovinos Santa Inês já são animais de porte elevado, como pode ser observado em estudos como Jucá et al. (2014). Se a seleção para pesos e ganhos de peso continuar a elevar o tamanho da raça Santa Inês, será difícil manter o atual sistema de produção a pasto nas regiões tropicais semiáridas, onde se encontra a maior parte dos rebanhos Santa Inês no Brasil, devido à baixa oferta de energia deste sistema. O uso de escores visuais para musculabilidade pode ajudar a contornar em parte esse problema, ao permitir identificar animais com maior desenvolvimento muscular, os quais não são necessariamente os animais de maior porte.

O coeficiente de herdabilidade para o escore visual de musculabilidade da perna (Tabela 3) pode ser considerado moderado e, portanto, indica que essa variável pode ser um critério de seleção na raça Santa Inês para atingir o objetivo de melhorar o desenvolvimento muscular. A utilidade de escores visuais como critério de seleção para musculabilidade já foi reportado em ovinos da raça Suffolk por Somavilla et al. (2012), embora estes autores não tenham utilizado a avaliação visual especificamente da musculatura da perna, como no presente estudo. Na literatura são escassos os trabalhos que estimam parâmetros genéticos para escores visuais em ovinos de corte, bem como a relação entre este escore e o peso vivo, mas o presente trabalho reforça a importância dessa avaliação. O escore de musculabilidade da perna só teve correlação genética alta com GP2, enquanto as demais correlações genéticas variaram de 0,11 a 0,30 em

valores absolutos (Tabela 4). Ressalta-se que o erro-padrão destas correlações foi alto e, portanto, não se pode afirmar que elas diferem de zero. Esse resultado sugere que o escore de avaliação visual de musculosidade da perna pode ajudar a identificar no rebanho animais com superior desenvolvimento muscular da perna, os quais não são necessariamente os de maior porte. A identificação destes animais pode resultar em uma raça mais adequada as condições de criação a pasto em regiões de clima tropical, com animais mais musculosos e de menor porte. A correlação genética positiva com GP2 também indica que estes animais podem atingir a idade de abate mais precocemente, o que é outro fator desejável para o sistema de produção.

Estudos como McManus et al. (2009), Correa et al. (2013) e Cruz-Junior et al. (2016) indicam que a raça Santa Inês apresenta boa tolerância ao calor. Portanto, os programas de melhoramento da raça Santa Inês não podem deixar que essa tolerância se perca em função da seleção dos animais apenas para variáveis como pesos e ganhos de peso, ou mesmo para o escore de musculosidade aqui estudado. Segundo McManus et al. (2009) e Correa et al. (2013), um dos fatores que explicam a tolerância ao calor na raça Santa Inês é a pelagem. Assim, foi proposto por uma associação de criadores a utilização de um escore de avaliação visual da pelagem, o qual sendo aplicado no programa de seleção dessa associação. Não há até o presente momento relatos na literatura sobre a utilização de escores de avaliação visual da pelagem em ovinos para fins de melhoria da tolerância ao calor. Contudo, a estimativa moderada de herdabilidade encontrada no presente estudo (Tabela 2) indica que se trata de um critério de seleção que pode ajudar a manter a tolerância ao calor dos ovinos Santa Inês e deve ser agora avaliado em outras raças, sobretudo aquelas criadas em regiões tropicais.

As correlações genéticas envolvendo o escore visual de pelo variaram de 0,02 a 0,29 (Tabela 4), em termos absolutos. A correlação mais alta foi com P60 e o erro padrão dessa correlação foi pequeno. Já as demais correlações genéticas envolvendo o escore visual de pelo tiveram baixos valores e erros-padrão elevados e, por isso, não é possível afirmar que estas correlações diferem de zero. Assim, aparentemente a seleção para o escore de avaliação visual de pelo não deve interferir nos pesos e ganhos de peso diário, sendo possível incluir no programa de seleção uma variável que ajude a monitorar e manter a boa tolerância da raça Santa Inês ao calor dos trópicos.

O presente estudo foi o primeiro a avaliar os escores de avaliação visual para musculosidade de perna e características de pelagem, bem como para os ganhos de peso diário pré-desmama e pós-desmama. No que diz respeito ao crescimento pré-desmama, os coeficientes de herdabilidade estimados indicam que a variável que melhor responde a seleção é o ganho de peso diário do nascimento a desmama. Já para o crescimento pós-desmama é a seleção para

peso aos 180 dias de idade que resultará em maiores ganhos genéticos, não sendo recomendado o uso das variáveis de ganho de peso em detrimento desta pesagem.

Com o presente trabalho também foi possível concluir que os escores de avaliação visual de musculabilidade da perna e de pelo são bons critérios de seleção para atingir os objetivos de melhorar o desenvolvimento muscular dos ovinos Santa Inês e impedir que a seleção para peso reduza a tolerância ao calor que o Santa Inês possui. Ressalta-se ainda que as estimativas de correlações genéticas entre estes escores e as avaliações de peso foram próximas de zero, com elevados erros-padrão, o que indica que a seleção dos animais para estes escores não irá comprometer os pesos e ganhos de peso aqui avaliados. Assim, sugere-se que futuros estudos sejam realizados para propor a construção de um índice de seleção que reúna GP1, P180 e os escores de avaliação visual aqui avaliados, a fim de maximizar os ganhos com a seleção.

Tabela 4. Correlações genéticas (diagonal superior) e correlações fenotípicas (diagonal inferior) entre as características

Características	PN	P60	P180	P270	GP1	GP2	GDP1	GDP2	EP	EMP
PN	-----	0,86±0,06	0,65±0,07	0,65±0,09	0,79±0,09	0,31±0,21	0,11±0,1	0,32±0,07	0,08±0,05	0,11±0,07
P60	0,40±0,02	-----	0,89±0,04	0,92±0,06	0,98±0,01	0,35±0,30	0,55±0,1	0,43±0,01	0,29±0,01	0,15±0,08
P180	0,42±0,01	0,68±0,01	-----	0,96±0,02	0,99±0,03	0,85±0,08	0,10±0,01	0,55±0,01	-0,02±0,12	0,16±0,14
P270	0,37±0,02	0,56±0,02	0,81±0,01	-----	0,89±0,05	0,89±0,04	0,12±0,01	0,23±0,01	-0,16±0,12	0,30±0,15
GP1	0,23±0,02	0,98±0,01	0,66±0,02	0,57±0,03	-----	0,59±0,30	0,95±0,01	0,10±0,04	0,16±0,25	0,23±0,27
GP2	0,21±0,03	0,19±0,03	0,63±0,03	0,88±0,02	0,14±0,03	-----	0,22±0,01	0,96±0,02	-0,24±0,20	0,75±0,16
GDP1	-0,08±0,01	0,44±0,03	0,20±0,06	0,07±0,05	0,90±0,2	0,14±0,06	-----	0,13±0,04	0,02±0,01	0,02±0,01
GDP2	0,11±0,01	0,18±0,01	0,12±0,01	0,37±0,1	0,07±0,01	0,98±0,20	0,37±0,03	-----	0,07±0,01	0,13±0,01
EP	0,05±0,02	0,06±0,03	0,11±0,03	0,12±0,03	0,07±0,03	0,10±0,03	0,02±0,01	0,22±0,01	-----	-0,12±0,17
EMP	0,04±0,06	0,14±0,01	0,80±0,01	0,30±0,10	0,19±0,11	0,29±0,12	0,02±0,01	0,11±0,01	0,07±0,11	-----

Peso ao Nascer (PN), peso aos 60 dias (P60), peso aos 180 dias (P180), peso aos 270 dias (P270) de idades; GP1=ganho de peso do nascimento a desmama; GP2=ganho de peso da desmama aos 270 dias; GDP1=ganho de peso diário do nascimento a desmama; GDP2=ganho de peso diário da desmama aos 270 dias; EP – Escore de pelo; EMP – Escore de musculabilidade da perna.

CONCLUSÕES

Os escores visuais aqui avaliados apresentam coeficientes de herdabilidade direta que justificam sua utilização como critérios de seleção para obter ganhos genéticos em aumento da musculosidade da perna e melhoria da tolerância ao calor na raça Santa Inês. Além disso, não foram encontradas correlações genéticas desfavoráveis entre estes escores visuais e os pesos e ganhos de peso em diferentes idades, o que certamente contribui para o uso destas variáveis no programa de seleção.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, G.C.; BARBOSA, L.T.; OLIVEIRA, T.M.; FONSECA, F.É.P.; MUNIZ, E.N.; AZEVEDO, H.C. Estimação de parâmetros genéticos de ovinos da raça Santa Inês utilizando modelos uni e bicaracterística. **Ciência Rural**, v.44, p.111-116, 2014.
- CORREA, M.P.C.; DALLAGO, B.S.L.; PAIVA, S.R.; CANOZZI, M.E.A.; LOUVANDINI, H.; BARCELLOS, J.J.; MCMANUS, C. Multivariate analysis of heat tolerance characteristics in Santa Inês and crossbred lambs in the Federal District of Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v.45, p.1407–1414, 2013.
- CRUZ-JÚNIOR, C. A.; LUCCI, C. M.; PERIPOLLI, V.; TANURE, C. B.; SILVA, A. F.; MENEZES, A. M.; RAMOS, A. F.; McMANUS, C. Breed comparison for heat adaptation in rams using multivariate analysis. **Bioscience Journal**, v.32, n.1, p. 178-190, 2016.
- DAVID, I.; BOUVIER, F.; BANVILLE, M.; CANARIO, L.; FLATRES-GRALL, L.; BALMISSE, E.; GARREAU H. The direct-maternal genetic correlation has little impact on genetic evaluations. **Journal of Animal Science**, v.93, n.12, 5639-5647, 2015.
- GROENEVELD, E.; KOVAC, M.; MIELENZ, N. 2010. VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0. Institute of Farm Animal Genetics press, Neustadt. Disponível em: <ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/vce6/doc/vce6-manual-3.1-A4.pdf> [Acessado em 28/01/2016].

GROENEVELD, E. 2006. *PEST User's Manual*. Institute of Animal Science press, Neustadt. Disponível em: <<ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/pest/doc/pest-manual-Apr-2006.pdf>> [Acessado em 28/01/2016].

JUCÁ, A.F.; FAVERI, J.C.; MELO-FILHO, G.M.; RIBEIRO-FILHO, A.L.; AZEVEDO, H.C.; MUNIZ, E.N.; PINTO, L.F.B. Performance of the Santa Ines breed raised on pasture in semiarid tropical regions and factors that explain trait variation. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, p.1249-1256, 2014.

McMANUS, C.; PALUDO, G.R.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; SASAKI, L.C.B.; PAIVA, S.R. Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, p.95-101, 2009.

SARMENTO, J.L.R.; TORRES, R.A.; SOUSA, W.H.; et al. Estimação de parâmetros genéticos para características de crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelos uni e multicaracterísticas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.581-589, 2006.

SILVA, F.L.R.; FIGUEIREDO, E.A. P.; SIMPLÍCIO, A.A.; BARBIERI, M.E. Parâmetros genéticos e fenotípicos de características de crescimento de desmame de cordeiros Santa Inês, no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.845-852, 1996.

SOMAVILLA, A.L.; DIAS, L.T.; TEIXEIRA, R.A. Environmental and genetic effects on conformation, precocity and musculature traits at weaning in Suffolk lambs. **Small Ruminant Research**, v.102, p.131-134, 2012.

SOUSA, J.E.R.; OLIVEIRA, S.M.P.; LIMA, F.A.M.; SILVA, F.L.R.; SILVA, M.A. Efeitos genéticos e de ambiente para características de crescimento em ovinos Santa Inês no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.364-368, 2006.

SOUSA, W.H.; PEREIRA, C.S.; BERGMAN, J.A.G.; SILVA, F.L.R. Estimativa de componentes de (co)variância e herdabilidade direta e materna de pesos corporais em ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1251-1262, 1999.

CAPÍTULO 02

ESTRUTURA POPULACIONAL DE REBANHOS SANTA INÊS ORIUNDOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

O monitoramento de parâmetros populacionais é imprescindível para manutenção da variabilidade genética da população e para obtenção de maiores ganhos genéticos. Por isso o objetivo deste trabalho foi avaliar a estrutura genética populacional de animais da raça Santa Inês no Nordeste brasileiro, por meio de informações do pedigree. Foram utilizados 11.564 animais nascidos no período de 2003 a 2011, cujo banco de dados foi construído pela Associação Sergipana dos Criadores de Caprinos e Ovinos. O coeficiente médio de parentesco, o tamanho efetivo da população, os intervalos de gerações e o coeficiente médio de endogamia foram estimados para análise da estrutura populacional. Do total de animais estudados, 74,36%, 16,93% e 2,82% possuíam pedigree na primeira, segunda e terceira ascendência, respectivamente. Os coeficientes médios de endogamia (1,40%) e de parentesco (0,47%) encontrados na população podem ser considerados baixos, o que pode ser explicado pela manutenção do tamanho efetivo da população em limites satisfatórios, mesmo com oscilações em seus valores durante os anos avaliados. A média de intervalo de geração da população estudada foi de $3,30 \pm 1,7$ anos. O número de animais fundadores foi igual a 486,84 e o número efetivo de fundadores foi de 285. O número de ancestrais que explicam 50% da variabilidade genética total da população foi de 146. O número médio de gerações máximas, completas e equivalentes foram de 1,09%, 0,83% e 0,94%, respectivamente. A população estudada tem mantido sua variabilidade genética, pois apresenta baixos coeficientes médios de endogamia e de parentesco, além de tamanho efetivo populacional em níveis satisfatórios. No entanto, um melhor controle zootécnico se torna necessário, pois os resultados revelaram que a integridade do pedigree aqui estudado requer melhoria.

Palavras-chaves: ancestrais, endogamia, pedigree, variabilidade genética.

ABSTRACT

Monitoring population structure parameters is indispensable for the maintenance of genetic variability and to obtain greater genetic gains. Thus, this study aimed to assess the genetic structure of Santa Ines herds from northeast Brazil, through pedigree information. We used a pedigree with 11,564 animals, born from 2003 to 2011, whose database was record by the Association of Breeders of Goat and Sheep of Sergipe State. Coefficient of relationship, effective population size, generation intervals and the inbreeding coefficient were estimated. A total of 74.36%, 16.93% and 2.82% of animals had pedigree at first, second and third descent respectively. Coefficients of inbreeding (0.36%) and relationship (0.23%) found in the population can be considered low, which can be explained by the maintenance of population effective size in satisfactory limits, even with fluctuations in their values over the years evaluated. Generation interval was 3.30 ± 1.7 years. Number of founder was equal to 486.84 and the effective number of founders was 285. Number of ancestors that explain 50% of the total genetic variability was 146. While the number of maximum, complete and equivalent generations were 1.09%, 0.83% and 0.94%, respectively. Therefore, the present population has maintained your genetic variability because has low coefficients of inbreeding and relationship, as well as satisfactory levels of effective population size. However, it is necessary improving the pedigree record, since the pedigree studied had low integrity.

Keywords: ancestors, inbreeding, pedigree, genetic variability.

INTRODUÇÃO

Todo programa de melhoramento genético depende da existência de variabilidade genética na população, mas muitos programas negligenciam a avaliação constante dessa variabilidade. Uma das maneiras de se avaliar o impacto do processo seletivo sobre a variabilidade genética de uma população é realizar um estudo de sua estrutura populacional, o qual pode ser feito com base em dados de pedigree (Silva et al., 2007; Barros et al., 2011; Santana Jr. et al., 2012). Parâmetros populacionais tais como: tamanho efetivo e endogamia, intervalo de gerações, integridade do pedigree, dentre outros, precisam ser constantemente monitorados, de forma a evitar uma redução drástica na variabilidade genética do rebanho sob seleção. Porém, estudos de Pedrosa et al. (2010) e Teixeira Neto et al. (2013) foram os únicos a reportar resultados de análise de estrutura populacional com a raça Santa Inês. Contudo, tais trabalhos não avaliaram aspectos com o efeito da endogamia sobre variáveis de escore visual, como abordado no presente estudo. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estrutura populacional de rebanhos da raça Santa Inês no Nordeste brasileiro, por meio de informações do pedigree, no intuito de fornecer subsídios para a um programa de melhoramento genético da referida raça.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo referem-se às informações de pedigree de 11.564 ovinos da raça Santa Inês, criados na região Nordeste do Brasil, nascidos no período de 2003 a 2011. O banco de dados foi proveniente da Associação Sergipana dos Criadores de Caprinos e Ovinos (ASCCO). Os animais foram avaliados para pesos ao nascer (PN), 60 (P60), 180 (P180) e 270 (P270) dias de idades, além de GPND (ganho de peso diário do nascimento a desmama), GPD270 (ganho de peso diário da desmama aos 270 dias) e escores visuais da perna, corpo e pelo aos 270 dias de idade. Os números de animais em cada característica, bem como o número de grupos de contemporâneos, de matrizes e reprodutores, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Números de observações e de grupos de contemporâneos

Características	Número de observações	Número de grupos de contemporâneos
Peso ao nascer	10121	290
Peso aos 60 dias	5144	319
Peso aos 180 dias	4372	403
Peso aos 270 dias	3104	373
Escore visual de perna aos 270 dias	3237	332
Escore visual de pelo aos 270 dias	3307	334
Escore visual de corpo aos 270 dias	659	122
Ganho de peso do nascimento a desmama	6248	319
Ganho de peso da desmama aos 270 dias	2660	373
Matrizes	4742	
Reprodutores	391	

O programa Endog (GUTIÉRREZ E GOYACHE, 2005) foi utilizado para a análise do pedigree e estimação do coeficiente médio de parentesco (CR) e tamanho efetivo da população (Ne). O coeficiente de endogamia (F) foi estimado pelo programa PROPEP, como proposto por Meuwissen e Luo (1992). Para o cálculo do coeficiente médio de endogamia foram considerados os indivíduos que apresentaram algum grau de endogamia em sua composição genética. Também foram estimados o número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais. O número efetivo de fundadores representa o número de animais com igual contribuição que produziram a mesma variabilidade genética encontrada na população estudada. A aproximação clássica na determinação do número efetivo de fundadores foi dada por:

$$f_e = \frac{1}{\sum_{k=1}^f q_k^2}$$

Em que:

f_e = número efetivo de fundadores

q_k = probabilidade de o gene ser originado do fundador k

O número efetivo de ancestrais representa o número mínimo de animais (fundadores ou não) necessários para se explicar a diversidade genética total da população estudada. A determinação do número efetivo de ancestrais foi realizada computando-se a contribuição marginal de cada ancestral por:

$$f_a = \frac{1}{\sum_{j=1}^a q_j^2}$$

Em que:

f_a = número efetivo de ancestrais;

q_j = contribuição marginal de um ancestral j (não necessariamente fundador), ou seja, a contribuição genética de ancestral que não é explicada por um ancestral escolhido anteriormente.

O coeficiente médio de parentesco calcula simultaneamente a consanguinidade e coancestralidade individual (GUTIÉRREZ et al., 2003). Esse parâmetro foi calculado utilizando-se um algoritmo para obter um vetor c' definido como:

$$c' = (1/n) 1'A \quad [1]$$

Em que: A é o numerador da matriz de parentesco de tamanho $n \times n$.

Por outro lado, o numerador da matriz de parentesco pode ser obtido da matriz P , onde P_{ij} é igual a 1 se j é pai de i e 0 caso não seja, o que define os pais dos animais (QUAAS, 1976), por meio de:

$$A = (I - \frac{1}{2} P) D (\frac{1}{2} P)' \quad [2]$$

Onde I é a matriz identidade e D é uma matriz diagonal com elementos não zero obtidos por:

$$d_{ii} = 1 - \frac{1}{4} a_{jj} - \frac{1}{4} a_{kk};$$

$d_{ii}=1$ se nenhum dos pais é conhecido; $d_{ii}=\frac{3}{4}$ se um dos pais é conhecido; e $d_{ii}=\frac{1}{2}$ se ambos os pais são conhecidos; j e k são os pais do indivíduo i .

A partir de [2] tem-se:

$$A (I - \frac{1}{2} P)' = (I - \frac{1}{2} P) D \quad [3]$$

Pré-multiplicando ambos os lados de [3] por $(1/n) 1'$ obtém-se:

$$(1/n) 1' A (I - \frac{1}{2} P)' = (1/n) 1' (I - \frac{1}{2} P) D$$

e usando [1]: $c' (I - \frac{1}{2} P)' = (1/n) 1' (I - \frac{1}{2} P) D$

Multiplicando c' entre parênteses e isolando c' :

$$c' = (1/n) 1' (I - \frac{1}{2} P) D + \frac{1}{2} c' P' \quad [4]$$

O número de gerações completas traçadas (g) é definido como a geração mais distante em que todos os ancestrais sejam conhecidos, ou seja, que separa a progênie da mais distante geração em que 2^g ancestrais do indivíduo são conhecidos. O número

máximo de gerações traçadas é o número de gerações que separam o indivíduo de seu ancestral mais remoto. O número equivalente de gerações completas, por sua vez, é obtido pelo somatório dos termos $(1/2)^n$ de todos os ancestrais conhecidos, em que n é o número de gerações que separa o indivíduo de cada ancestral conhecido (Maignel et al., 1996).

O intervalo médio de gerações foi estimado a partir dos passos: pai-filho, pai-filha, mãe-filho e mãe-filha, segundo a fórmula:

$$L = 1/4 (LPM + LPF + LMM + LMF)$$

Em que: LPM = intervalo médio entre pais e filhos; LPF = intervalo médio entre pais e filhas; LMM = intervalo médio entre mães e filhos; LMF = intervalo médio entre mães e filhas.

O N_e é uma medida de diversidade genética dentro de uma população. O tamanho efetivo da população é calculado usando $N_e = 1/2\Delta F$. A taxa de endogamia por geração foi calculada usando

$$\Delta F = F_t - F_{t-1} / 1 - F_{t-1}$$

onde: F_t e F_{t-1} são a endogamia média de filhos e seus pais, respectivamente (Falconer & MacKay, 1996).

Por fim, foi realizada uma análise de co-variância para identificar se o coeficiente de endogamia tem algum efeito sobre os fenótipos avaliados na população, usando o procedimento GLM do SAS STAT (2004). Utilizou 5% como nível de significância e quando o efeito da covariável coeficiente de endogamia foi significativo, estimou-se os parâmetros de regressão considerando um polinômio de primeira ordem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve oscilações no número de animais registrados por ano durante o período avaliado (Figura 1). O maior número (1662) de animais foi registrado em 2005 e o menor número (653) de animais em 2003. É importante destacar que a partir do ano de 2003, mesmo havendo oscilações, o número de animais registrados aumentou consideravelmente e esse fato pode ser justificado pelo melhor controle zootécnico e qualidade dos dados ocorrido nos anos subsequentes. Essa melhoria do controle zootécnico é de suma importância para o sucesso de um programa de melhoramento

genético, visto que permite estimar os parâmetros genéticos mais acurados. A diminuição no número de animais verificada a partir de 2010 foi provavelmente devido à forte seca que atingiu a região nordeste do Brasil no período entre 2010-2012, na qual os índices pluviométricos anuais variaram de 160 mm a 300 mm. Vale destacar que o Sertão Semiárido Nordestino, de acordo com o centro de meteorologia da Secretaria do Estado do meio ambiente e dos recursos hídricos (SEMARH), a *precipitação pluviométrica* anual é inferior a 800mm.

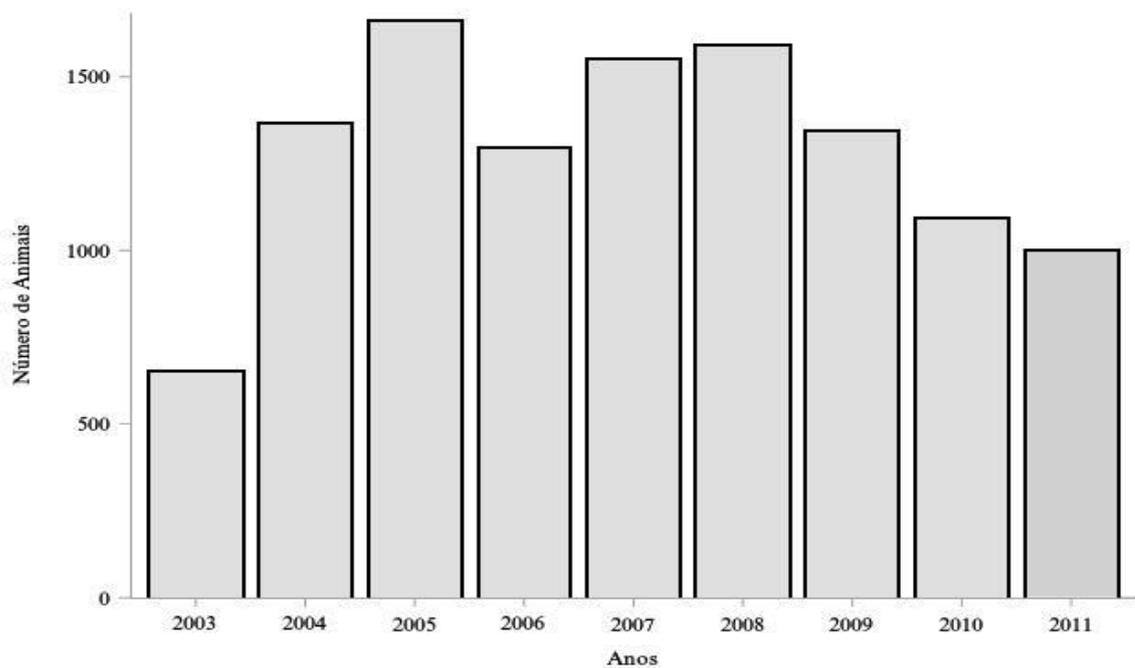


Figura 1. Distribuição dos registros da Raça Santa Inês, por período de avaliação

A identificação dos percentuais de animais com parentesco conhecido diminuiu com o passar das gerações. Dos 11.564 animais estudados, 74,36%, 16,93% e 2,82% possuíam pedigree na primeira, segunda e terceira ascendência, respectivamente (Figura 2). A ascendência pouco conhecida desses animais pode decorrer do fato de que a ASCCO começou a escrituração zootécnica a pouco tempo (3-4 gerações). A perda de informações de uma geração para outra ocorrida na raça Santa Inês foi maior do que as verificadas por Pedrosa et al. (2010) e Teixeira Neto et al. (2013) com outros bancos de dados desta mesma raça. Esses autores relataram, respectivamente, média de 77% e 80,84% registros de pais, 59,5% e 73,78% registros de avós e 38,75% e 67,75% registros de bisavós.

Considerando que até a terceira geração percentuais muito menores que 50% dos animais apresentaram genealogia conhecida, pode-se afirmar que o pedigree do rebanho Santa Inês aqui estudado apresenta baixo nível de integralidade. A informatização e o maior controle dos dados seriam importantes para este estudo, já que uma genealogia mais completa, com dados de todos os parentes em várias gerações, contribuiria tanto para os estudos populacionais quanto para a implantação de programas de melhoramento genético. Estes estudos são dependentes da qualidade do pedigree, principalmente para estimações mais acuradas do tamanho efetivo e do coeficiente endogamia da população, mas também para estimar parâmetros genéticos como herdabilidade e correlações genéticas, bem como os valores genéticos dos reprodutores e matrizes. A estimativa da integralidade do pedigree é importante, pois o coeficiente de endogamia de um indivíduo depende de quanto sua ascendência é conhecida e quanto maior for esse conhecimento, mais confiável será o valor estimado (Faria et al., 2010).

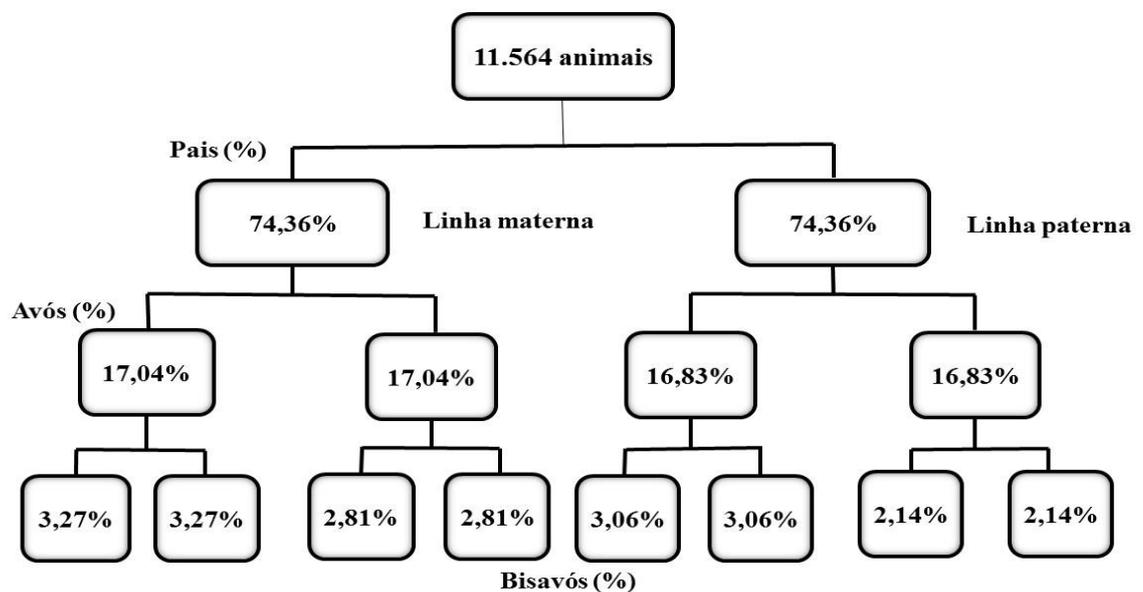


Figura 2. Integralidade do pedigree dos animais e nível de identificação dos ancestrais até a terceira geração

O intervalo de geração é um dos fatores chave que afetam a taxa de progresso genético e, por conseguinte, a estrutura genética da população. Como regra geral, quanto mais curto o intervalo de geração mais rápida é a mudança genética na população. A

média de intervalo de geração da população estudada foi de $3,3 \pm 1,7$ anos, sendo que para todas as passagens gaméticas os intervalos obtidos foram bem próximos (Tabela 2). Na literatura observa-se grande variação nos valores obtidos dos intervalos de geração dentro da espécie ovina. Isso se deve principalmente ao tipo de manejo adotado e a finalidade de criação de cada raça. Para a Raça Santa Inês, Pedrosa et al. (2010) apresentaram um intervalo de geração de 3,7 anos e Teixeira Neto et al. (2013) encontraram valor médio de $3,22 \pm 1,77$ anos. Ressalta-se que quanto menor o intervalo de geração maior é o ganho genético anual das características sob seleção (Carneiro et al., 2009). Além disso, a permanência de animais nos rebanhos por um maior período de tempo pode aumentar as chances de acasalamento entre indivíduos aparentados, podendo levar o coeficiente médio de endogamia. Os programas de melhoramento genético animal devem buscar intervalos de geração que gerem ganhos anuais satisfatórios, garantindo a manutenção da variabilidade genética do rebanho. Como esse rebanho é oriundo de um programa de melhoramento genético, os animais costumam permanecer pouco tempo no rebanho, permitindo mais ciclos de seleção em um determinado período de tempo, levando a menores intervalos de gerações e possibilidades de maiores ganhos genéticos anuais.

Tabela 2. Intervalos de gerações das quatro passagens gaméticas e intervalo médio de geração da Raça Santa Inês.

Passagens Gaméticas	Nº de Observações	Intervalos (anos)	Desvio-Padrão (anos)
Pai-filho	5.492	3,5	1,9
Pai-filha	6.083	3,3	1,7
Mãe-filho	5.492	3,4	1,8
Mãe-filha	6.083	3,3	1,7
Intervalo médio de geração	-----	3,3	1,7

O maior número de animais endogâmicos se concentraram na classe 1, entre 0-10% (Tabela 3), revelando um provável controle dos acasalamentos endogâmicos. Contudo, houve oscilações no número de animais endogâmicos com o avançar dos anos, com considerável aumento a partir de 2004, o que pode ser devido ao uso mais intensivo de poucos reprodutores e ao aumento do uso de tecnologias reprodutivas como a inseminação artificial. Também vale ressaltar que o fato do banco de dados ter pouca

informação anterior a 2003, dificulta determinar se os animais de 2003 são ou não endogâmicos.

O valor máximo de endogamia apresentado por algum indivíduo foi de 37,5% e a endogamia média da população foi 0,36%. Pedrosa et al. (2010) encontraram valor máximo de endogamia apresentado por algum indivíduo igual a 41,02% e endogamia média da população de 2,33%. Enquanto Teixeira Neto et al. (2013) encontraram valor máximo de endogamia apresentado por algum indivíduo de 54,83% e endogamia média para população de 6,92%. O baixo valor de endogamia média aqui encontrado pode ser também reflexo da necessidade de um melhor controle da genealogia, principalmente nos primeiros anos, o que dificulta a estimação desse parâmetro. Contudo, considerando os resultados aqui encontrados, pode se afirmar que neste rebanho a endogamia encontra-se controlada, mantendo com isso a variabilidade genética da população.

De acordo com Van et al. (2009), a taxa de endogamia deve ser limitada para manter a diversidade em um nível aceitável, de modo que a variação genética possa garantir que os animais respondam a futuras alterações no ambiente e à seleção. Sem variação genética, os animais não podem se adaptar a estas mudanças. De acordo com Norberg e Sorensen (2007) valores acima de 10% estão relacionados como prejudiciais ao desempenho produtivo de ovinos. Os rebanhos Santa Inês aqui estudados apresentaram maior número de animais dentro dos limites satisfatórios (0-10%). Os poucos animais da população estudada que apresentaram “altos” níveis de consanguinidade, pode ser reflexo do uso intensivo de alguns carneiros. O uso intensivo dos mesmos reprodutores, por meio da inseminação artificial, leva a um aumento no coeficiente de parentesco entre os animais, que contribui para aumentar a consanguinidade e diminuir a variabilidade genética da população. Adán et al. (2007) indicam o controle dos acasalamentos no rebanho como responsável pela manutenção dos baixos níveis de consanguinidade.

A endogamia provoca redução no mérito genético individual nas características produtivas, possivelmente, devido à ocorrência de fixação de alelos desfavoráveis. Contudo, o efeito depressivo é relativamente menor em baixos níveis de endogamia. Portanto, o monitoramento do parentesco entre os animais selecionados para a reprodução é indicado para manutenção ou redução da endogamia da população (Breda et al., 2004). Em ovinos, os efeitos da endogamia sobre as características de interesse econômico, costumam ser prejudiciais. No presente estudo as características P270 (peso aos 270 dias)

e escore de perna aos 270 dias foram afetadas pelas taxas de endogamia individual ($P < 0,05$). A equação estimada para efeito de endogamia sobre peso aos 270 dias de idade foi $P_{270} = 39,21147 - 0,4636(F)$. Assim, para cada 1% de incremento na endogamia o peso aos 270 dias diminui, aproximadamente, 464 gramas. Já para o escore de perna aos 270 dias (EP270) a equação estimada foi $EP_{270} = 2,30795 - 0,2079(F)$. Assim, o escore de perna diminui cerca de 0,21 unidades para cada 1% de incremento no coeficiente de endogamia. Pedrosa et al. (2010) observaram redução de 34 gramas no peso ao nascer em animais da raça Santa Inês, a cada 1% de aumento de endogamia. Barczak et al. (2009), estudando o efeito da endogamia sobre características de desenvolvimento ponderal em ovinos, observaram que um acréscimo de 1% no coeficiente de endogamia provoca uma mudança no desempenho individual de -11,8 e -29,65 gramas para os pesos ao nascer e quatro semanas de idade, respectivamente. Norberg e Sorensen (2007) observaram que a cada acréscimo de 10% de endogamia individual, o peso ao nascer de cordeiros foi reduzido em 2,6%, 2,0% e 2,0% em relação à média para as raças Texel, Shropshire e Oxford, respectivamente. Assim, o controle da endogamia se torna importante, pois taxas muito altas podem levar ao aparecimento de genes recessivos indesejáveis.

Tabela 3. Distribuição dos animais por ano de nascimento e coeficientes de endogamia.

Ano	Coeficiente de endogamia/Classes de Endogamia			
	0-10% (1)	11-20% (2)	21-30% (3)	31-40% (4)
2003	653	---	---	
2004	1362	1	3	
2005	1643	7	12	
2006	1269	15	14	
2007	1507	19	25	
2008	1524	37	31	
2009	1313	25	8	
2010	1050	23	17	3
2011	980	16	6	1

Houve oscilações nos valores de N_e entre os anos de 2004 a 2011, sendo os maiores valores obtidos para N_e em 2004 (664,8) e 2005 (182,4) e o menor valor em 2010 (44,8). O Coeficiente de Endogamia teve seu menor valor nos anos de 2004 (0,19%) e 2010 (0,53%). Os maiores valores de endogamia foram verificados nos anos de menores tamanhos efetivos, entre 2007 e 2008 variando de 1,94 a 2,86%, o que já seria esperado devido a relação inversa existente entre coeficiente de endogamia e tamanho efetivo populacional (Figura 3). Reduções no N_e significam que poucos são os animais que estão sendo utilizados na população para reprodução, aumentando a probabilidade de acasalamentos entre parentes, contribuindo para elevação dos níveis de endogamia e consequente redução da variabilidade genética da população.

Rodrigues et al. (2009), estudando a raça Morada Nova no Brasil, observaram variações de N_e por geração de 27 a 49, evidenciando a necessidade de um programa de gestão que minimize as perdas de variabilidade pelo uso de poucos reprodutores. Isso é válido também para o presente rebanho em estudo, visto que no ano de 2008 (48,8) e 2010 (44,8) estes valores (Figura 3) estão no limite do recomendado na literatura. Para FAO (1998), um número efetivo abaixo de 50 é considerado crítico para a manutenção de uma população. Enquanto Meuwissen (1994) afirma que o N_e deve ser mantido entre 50 e 100 por conta dos processos de mutação e deriva genética.

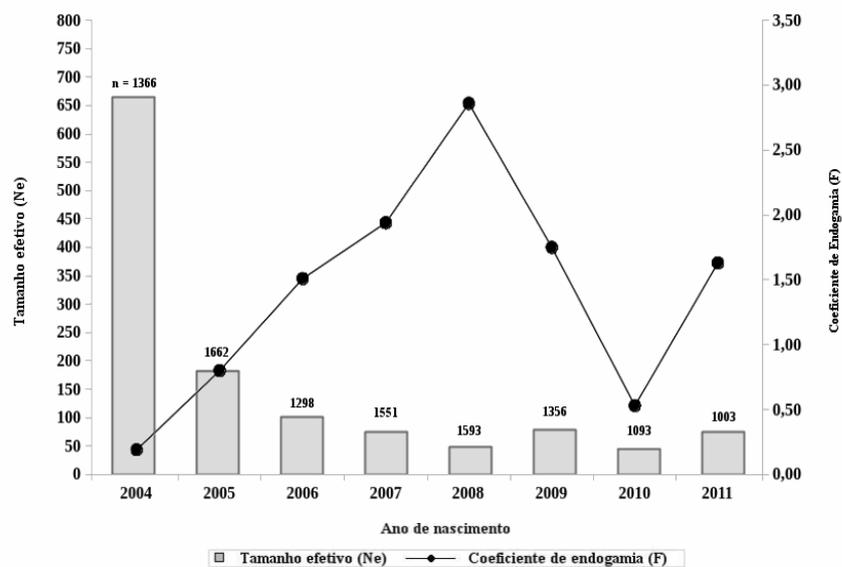


Figura 3. Coeficiente de endogamia (F), tamanho efetivo populacional (N_e) e número de animais (n), distribuídos em função do ano de nascimento.

O coeficiente médio de parentesco (CR) constitui-se em uma das informações mais importantes para medir a variabilidade genética e conhecer as consequências das estratégias de acasalamentos utilizadas em uma população e na presente população ele foi estimado em 0,47%. Pedrosa et al. (2010), estudando animais da raça Santa Inês, estimaram CR de 0,73%. Os baixos valores de CR (Tabela 4), tanto individual quanto populacional, demonstram que o presente rebanho se encontra em boa situação genética, aumentando as chances de reprodução entre indivíduos não aparentados ou pouco aparentados. Segundo Barros et al. (2011), o conhecimento do CR dos reprodutores é essencial para que se faça a escolha mais adequada dos animais a serem usados na reprodução. A forma mais eficiente para o controle da consanguinidade a longo prazo é dar preferência sempre ao uso de reprodutores com baixos valores de CR.

O coeficiente médio de endogamia (F) da população foi igual a zero na primeira geração (Tabela 4), provavelmente devido ao número reduzido de ancestrais conhecidos até então, o que impossibilitou a determinação desse parâmetro. Contudo, a partir da segunda geração ocorreu aumento do CR e do F. Os aumentos mais expressivos foram observados em F, o que pode indicar utilização mais intensiva de alguns carneiros. Rodrigues et al. (2009) verificaram a relação do F e CR, em estudo sobre a estrutura genética populacional de ovinos da raça Morada Nova. Esses autores observaram que entre as gerações 0 e 3 o F aumentou de 0% para 0,108% e o CR de 0,008% para 0,086%. O aumento do F e CR ao longo das gerações pode ser reflexo também de um melhor controle de pedigree do rebanho e conseqüentemente maior qualidade do banco de dados. Assim como o coeficiente de endogamia, o coeficiente de parentesco apresenta relação direta com o aumento do número de gerações conhecidas. Malhado et al. (2010) relataram que o conhecimento de mais gerações completas de um indivíduo aumenta a possibilidade de um ancestral importante aparecer diversas vezes no pedigree, o que justifica, em parte, os aumentos do F e CR.

O número efetivo de fundadores (f_e) teve valor bem abaixo do número total de animais pertencentes à população base (Tabela 5), que representa o número de animais fundadores. Além disso, durante a formação do rebanho, a contribuição desequilibrada pode ser verificada ao comparar o número de animais ancestrais com aqueles que contribuíram com 50% da variabilidade encontrada atualmente, reflexo dos baixos

valores do f_e e f_a encontrados (Tabela 5). Isso significa que alguns reprodutores foram utilizados na reprodução de maneira mais intensa em detrimento dos demais, o que contribuiu para a perda de variabilidade genética. O ideal seria que todos os animais contribuíssem de igual maneira ao longo das gerações.

Tabela 4. Valores em porcentagem do Coeficiente médio de Endogamia (F) e Coeficiente de Parentesco Médio da população (CR) por geração

Gerações	Número de animais	Coeficiente médio de Endogamia (F)	Coeficiente de Parentesco Médio da população (CR)
1	7562	0,00%	0,22%
2	2901	0,88%	0,45%
3	844	2,42%	0,51%
4	210	3,81%	0,51%
5	57	3,82%	0,52%
6	1	6,25%	0,43%

Tabela 1. Parâmetros genealógicos de probabilidade de origem do gene, na raça Santa Inês

População referência	11.564
Número de ancestrais	3.984
Número efetivo de fundadores (f_e)	285
Número de animais fundadores	486,84
Número efetivo de ancestrais (f_a)	273
Número de ancestrais que explicam 50%	146
Consanguinidade (F)	1,40%
Coeficiente médio de parentesco (CR)	0,47%

A relação entre o número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais (f_e/f_a) foi igual a 1,04. Rodrigues et al. (2009) encontraram para a população de ovinos da raça Morada Nova relação igual a 1. Barros (2012) estudando a Raça ovina Segureña encontram a relação próxima de 1,14, sugerindo que todos os animais eram fundadores e que alguns desses fundadores deixaram de contribuir de maneira efetiva para a população atual. Barros et al. (2011) estudando a raça caprina Marota encontraram o número efetivo

de ancestrais (f_a) igual ao f_e (48). Quanto maior a distância entre f_a e f_e , menor é a participação dos animais fundadores na população ao longo das gerações. O ideal é que o número efetivo de animais fundadores seja igual ao número efetivo de animais ancestrais, ou que a diferença entre eles seja sempre a menor possível (Albuquerque, 2010). Foi observado, neste estudo, baixos valores de f_e e f_a , quando comparados com os números das populações base e referência, o que fez com que o rebanho se desenvolvesse a partir de estreita base genética e gerou um gargalo genético com perdas de genes de origem.

Mesmo com o uso intenso de determinados reprodutores, os valores médios de consanguinidade (F) e de parentesco médio (CR) encontrados no rebanho Santa Inês ao longo dos anos foram baixos. Vale ressaltar que a quase inexistência de consanguinidade individual não se deve apenas ao fato de não haver animais consanguíneos dentro do rebanho, mas também pela dificuldade de estimar este parâmetro de maneira precisa, uma vez que o volume de informação das relações de parentesco ao longo das gerações existentes dentro do rebanho foi escasso.

O número de gerações pode ser estimado através de três parâmetros, o número máximo de gerações, o número de gerações completas e o número de gerações equivalentes para cada animal. Quando a relação entre o número máximo de gerações, completas e equivalentes é alta, a avaliação de uma população por meio de dados de pedigree tende a ser mais eficiente. Os valores obtidos aqui para esses parâmetros (Tabela 6) indicam que as relações de parentesco eram pouco conhecidas.

O número de gerações equivalentes é o parâmetro que melhor descreve a qualidade de um pedigree e quanto maior é seu valor, mais completo o pedigree e mais confiáveis serão as estimativas. No presente estudo seu valor foi de 0,94 e indica que mesmo com um número razoável de informações (11.564), há pouco conhecimento das relações de parentesco. Em trabalhos realizados com outros bancos de dados da raça Santa Inês foram encontrados valores maiores, 2,26 por Pedrosa et al. (2010) e 4,67 Teixeira Neto et al. (2013). Contudo, em outras raças há também relatos de valores baixos como o 1,23 estimado por Barros et al. (2011) e o 1,4 estimado por Goyache et al. (2010).

O número médio de gerações traçadas, o incremento da consanguinidade (ΔF) e o número efetivo (N_e) calculados para os diferentes tipos de gerações traçadas (Tabela 6) mostram que quanto maior o número de ancestrais conhecidos, maior a probabilidade de

acasalamentos consanguíneos. Ressalta-se que o valor de ΔF foi maior quando estimado a partir de gerações completas (Tabela 6).

Tabela 2. Número médio de gerações traçadas, incremento da consanguinidade (ΔF) e número efetivo (N_e) por tipo de geração considerada.

Tipo de geração	Número Médio (%)	ΔF (%)	N_e
Gerações Máximas	1,09	0,73	68,83
Gerações Completas	0,83	0,97	51,28
Gerações Equivalentes	0,94	0,95	52,62

Os valores de ΔF (Tabela 6) encontram-se baixos, para as diferentes gerações. Isto é consequência do número efetivo, já que este parâmetro é inversamente proporcional a consanguinidade. Em virtude dessa relação inversa de N_e e ΔF , pode-se dizer que o N_e de uma população está diretamente ligado ao seu estado de conservação. Populações submetidas a programas de melhoramento genético tendem a ter seu tamanho efetivo reduzido devido a aumento de intensidade de seleção praticada. No entanto, através da avaliação conjunta de todos os parâmetros é possível concluir que mesmo havendo oscilações nos valores de N_e , com valores de coeficiente médio de endogamia e coeficiente médio de parentesco baixos para toda a população, os rebanhos Santa Inês aqui estudados estão conseguindo manter sua variabilidade genética.

CONCLUSÕES

O pedigree da população aqui estudada apresenta baixo nível de integralidade, havendo perdas consideráveis de informações de uma geração para outra, o que requer melhor controle das informações de pedigree.

A população estudada parece estar conseguindo manter sua variabilidade genética, mesmo estando sob seleção, devido aos baixos coeficientes médios de endogamia e de parentesco.

O tamanho efetivo populacional, de acordo com as gerações traçadas (máximas, completas, equivalentes), encontram-se em níveis satisfatórios, mesmo havendo oscilações de valores no decorrer dos anos.

REFERÊNCIAS

- ADÁN, S.; FERNÁNDEZ, M.; JUSTO, J.R.; RIVERO, C. J.; ROIS, D.; LAMA, J. Análisis de la información genealógica en la raza ovina ovella Gallega. **Archives de Zootecnia**, V. 56, p. 587-592, 2007.
- ALBUQUERQUE, A.L.S. **Estrutura populacional de um rebanho leiteiro da raça Pardo-suíça no estado do Ceará**. 2010. 48f. Dissertação de Mestrado -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- BARROS, E.A.; RIBEIRO, M.N.; ALMEIDA, M.J.O.; ARAÚJO, A.M. Estrutura populacional e variabilidade genética da raça Marota. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.543-552, 2011.
- BARROS, E.A. **Estrutura populacional da raça ovina Segureña e os efeitos da endogamia sobre as características de crescimento**. 2012. 70f. Tese de Doutorado – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.
- BARCZAK, E.; WOLC, A.; WOJTOWSKI, J.; SLOSARZ, P.; SZWACZKOWSKI T. Inbreeding and inbreeding depression on body weight in sheep. **Journal Animal Feed Sci.**18, 42-50, 2009.
- BREDA, F.C.; EUCLYDES, R.F.; PEREIRA, C.S. et al. Endogamia e limite de seleção em populações selecionadas obtidas por simulação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.2017-2025, 2004.
- CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; MARTINS FILHO, R.; CARNEIRO, A.P.S.; SILVA, F.F.; TORRES, R.A. A raça Indubrasil no Nordeste brasileiro: melhoramento e estrutura populacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2327-2334, 2009.
- FAO. Secondary Guidelines for Development of National Farm Animal Genetic Resources Management Plans: Management of Small Populations at Risk. **FAO**, Rome, Italy, 1998.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Edinburgh : Longman Group Limited, 1996. 464p.
- FARIA, L.C. de; QUEIROZ, S.A. de; VOZZI, P.A.; LÔBO, R.B.; MAGNABOSCO, C. de U.; OLIVEIRA, J.A. de. Variabilidade genética da raça Brahman no Brasil detectada por meio de análise de pedigree. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1133-1140, 2010.
- GOYACHE, F.; FERNÁNDEZ, I.; ESPINOSA, M.A.; PAYERAS, L.; PÉREZ-PARDAL, L.; GUTIÉRREZ, J.P.; ROYO, L.J.; ALVAREZ, I. Análisis demográfico y genético de la raza ovina Mallorquina. **ITEA**, v.106, n.1, p. 3-14, 2010.
- GUTIÉRREZ, J.P.; ALTARRIBA, J.; DÍAZ, C.; et al. Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. **Genetic Selection Evolution**, v. 35, 43–64, 2003.
- GUTIÉRREZ, J.P.; GOYACHE, F. A note on ENDOG: a computer program for analyzing pedigree information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.122, p.172-176, 2005.

- MAIGNEL, L.; BOICHARD, D.; VERRIER, E. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. **Interbull Bull**, v.14, p.49-54, 1996.
- MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, A.C.M.; MARTINS FILHO, R.; BOZZI, R.; LADLE, R.J. Genetic improvement and population structure of the Nelore breed in Northern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1109-1116, 2010.
- MEUWISSEN T.I., LUO Z. **Computing inbreeding coefficients in large populations**. Genetics Selection Evolution, v.24, p.305–313, 1992.
- MEUWISSEN, T.H.E.; WOOLLIAMS, J. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. **Theoretical and Applied Genetics**, v.89, p.1019-1026, 1994.
- NORBERG, E., SORENSEN, A.C. Inbreeding trend and inbreeding depression in the Danish populations of Texel, Shropshire, and Oxford Down. **Journal of Animal Science**, 85, 299-304, 2007.
- PEDROSA, V.B.; SANTANA JUNIOR, M.L.; OLIVEIRA, P.S.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Population structure and inbreeding effects on growth traits of Santa Inês sheep in Brazil. **Small Ruminant Research**, v.93, p.135-139, 2010.
- RODRIGUES, D.S.; RIBEIRO, M.N.; OLIVEIRA, S.M.P.; LIMA, F.A.M.; VILLARROEL, A.B.S.; PACHECO, A.C.L.; SANTOS, L.H. Estrutura populacional de um rebanho da Raça Morada nova como contribuição para a conservação. **Ciência Animal**, v.19, n.1, p.103-110, 2009.
- SANTANA JÚNIOR, M.L.; OLIVEIRA, P.S.; ELER, J.P.; GUTIÉRREZ, J. P.; FERRAZ, J.B.S. Pedigree analysis and inbreeding depression on growth traits in Brazilian Marchigiana and Bonsmara breeds. **Journal of Animal Science**, v.90, p.99–108, 2012.
- SAS STAT, Users Guide. **SAS institute Inc.**, North Caroline, 2004.
- SILVA, M.V.G.B. DA, ABREU, U.G. DE; COBUCI J.A.; SERENO, J.R.B.; FERREIRA, W.J.; OLIVEIRA, P.R.P. Estimación de la variabilidad genética através de la genealogia en el ganado vacuno Mantiqueira. **Archivos de Zootecnia**, n.56 (214), p.265-268. 2007.
- TEIXEIRA NETO, M.R.T.; CRUZ, J.F. da; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; FARIA, H.H.N. Parâmetros populacionais da raça ovina Santa Inês no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.12, p.1589-1595, dez. 2013.
- VAN, W.Y.K.; J. B.; FAIR, M. D.; CLOETE, S.W.P. Case study: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. **Livestock Production Science**, v. 120, n. 3, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

Os resultados dos parâmetros genéticos e populacionais aqui apresentados permitem inferir que o rebanho Santa Inês, pertencente ao programa de melhoramento genético da ASCCO, apresenta potencial genético, que uma vez explorado, são passíveis de ganhos genéticos satisfatórios. No entanto, tanto as características de produção quanto as de medidas de escores precisam de um melhor controle zootécnico, visando aumentar o número de observações que permitam estimativas mais acuradas, principalmente com relação as medidas de escores, que necessitam ser implementadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético da raça.

Os níveis baixos de Endogamia e tamanho efetivo satisfatórios contribuíram para a manutenção da variabilidade genética observada no rebanho, que não a coloca numa situação de risco; no entanto todos os parâmetros populacionais avaliados (Tamanho efetivo, Coeficiente de Endogamia, Intervalo de geração, coeficiente de parentesco médio, parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene) precisam ser constantemente ajustados e monitorados, de forma a não interferir no progresso genético do rebanho. Tornar-se de suma importância a melhoria na qualidade do pedigree, visto que por apresentar uma baixa integralidade, dificultou a estimação de alguns parâmetros populacionais.