

Estimativa dos componentes de variância da produção de leite diária da cabra Serrana - Ecótipo Transmontano

Francisco José Sá Pereira

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança
para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologias Animais*

Orientado por

Professor Doutor Vasco Augusto Pilão Cadavez

Co-orientado por

Professor Doutor Renato Nuno Pimentel Carolino

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus filhos:
Francisco, Guilherme e Beatriz.

Agradecimentos

Ao terminar este trabalho, desejamos expressar os nossos sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para levar a bom termo o trabalho que nos propusemos desenvolver.

Ao Prof. Dr. Vasco Cadavez, orientador desta Dissertação, pela ajuda sempre manifestada, e pelo contributo dado para a realização deste trabalho.

Ao Doutor Nuno Carolino, co-orientador desta Dissertação, pelas informações e esclarecimentos dados para que fosse possível realizar este trabalho.

À Associação Nacional de Caprincultores da Raça Serrana pela cedência dos dados raça caprina Serrana.

A todos os criadores de caprinos de raça Serrana, que pelos seus registos, possibilitaram a realização deste trabalho.

A todos os técnicos da Ancras pela paciência nas trocas de serviço que me proporcionaram a realização deste grau académico.

Ao Eng.º Manuel Silveira e à Ruralbit pela disponibilidade sempre demonstrada e esclarecimentos prestados para a realização deste trabalho.

A todos os que, de um modo geral, contribuíram, directa ou indirectamente, para a realização deste trabalho, o meu sincero obrigado.

Resumo

O objectivo deste trabalho foi desenvolver um modelo para a avaliação genética, baseado na produção de leite diária, para os caprinos de raça Serrana - Ecótipo Transmontana. Foram utilizados 2934 registos de contrastes de produção de leite diário da primeira, segunda e terceira lactações. Os registos obtidos nos sete dias imediatamente a seguir ao parto e 200 dias após o parto foram removidos da análise. A produção de leite diária média foi de 0,855 ($\pm 0,309$) kg para o conjunto das três lactações, 0,787 ($\pm 0,268$) para a primeira lactação, 0,903 ($\pm 0,309$) para a segunda lactação e 0,931 ($\pm 0,341$) para a terceira lactação. O pedigree continha 1264 animais (31 bodes e 1233 cabras) e, destes, 488 eram animais base. O método REML, implementado no software VCE-5, foi utilizado para estimar os componentes de co-variância. Foram testados e comparados dois modelos, o Modelo 2.1 continha o tipo de parto, a ordem de lactação, a interacção entre o ano e a estação de parto e a interacção entre o ano e a estação de contraste como efeitos fixos, e os efeitos do rebanho e genético aditivo directo como efeitos aleatórios; o Modelo 2.2 foi melhorado incluindo o estágio de lactação (como classes de 30 dias de intervalo) como efeito fixo, e o efeito do ambiente permanente como efeito aleatório. As estimativas da heritabilidade foram de 0,32 para o Modelo 2.1 e 0,18 para o Modelo 2.2. O Modelo 2.2 mostrou-se bastante eficiente para prever os efeitos genético aditivo directo e do ambiente permanente que, numa primeira fase, poderá ser utilizado para a selecção dos reprodutores a incluir no programa de melhoramento.

Palavras chave: Cabras, Avaliação genética, Heritabilidade, Leite

Abstract

The objective of this study was to develop a model, based on the test-day milk records, for the genetic evaluation for the breed Serrana - Ecótipo Transmontana dairy goats. Data comprising 2934 test-day records from the first, second and third lactations of 629 goats were used in analysis of daily milk yield (DMY). Records before 7 and after 200 days in milk were discharged. Average daily milk yield was 0,855 ($\pm 0,309$) kg for all lactations, 0,787 ($\pm 0,268$) for the first lactation, 0,903 ($\pm 0,309$) for the second lactation, and 0,931 ($\pm 0,341$) for the third lactation. The pedigree file contained 1264 animals (31 bucks and 1233 goats), and 488 animals were base animals. The REML method, as implemented in the VCE-5 programme, was applied for the estimation of (co)variance components of two models. Two models were tested, Model 2.1 contained parity type, lactation number, interaction year with season of lambing, interaction of year and season of testing as fixed effects, and owner and direct additive genetic effects were treated as random. Model 2.2 was upgraded including the stage of lactation (as 30 days in milk class) as fixed effect, and permanent environment as random effect. The heritability estimates were 0,32 for Model 2.1 and 0,18 for Model 2.2. There is a potential for using Model 2.2 to predict the additive genetic and permanent environmental effects for the genetic evaluation of the Serrana goats.

Keywords: Goats, Genetic evaluation, Heritability, Milk

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
I Revisão bibliográfica	1
Capítulo 1 Estudo dos efeitos ambientais e genéticos na produção de leite de caprinos	3
1.1 Introdução	3
1.2 Caracterização da raça caprina Serrana	4
1.2.1 Origem	4
1.2.2 Área de dispersão	5
1.2.3 Características morfológicas	6
1.2.4 Aptidões produtivas	9
1.2.5 Importância da raça	10
1.3 Sistema de exploração	10
1.3.1 Maneio alimentar	11
1.3.2 Maneio reprodutivo	12
1.3.3 Maneio sanitário	12
1.4 Evolução do efectivo	13
1.4.1 Estrutura dos rebanhos	13
1.4.2 Dados de produtivos	14
1.5 Diversidade genética	14

1.6	Métodos para estudar a profundidade do pedigree das populações de animais zootécnicos	16
1.6.1	Qualidade do pedigree	16
1.6.2	Intervalo entre gerações	17
1.6.3	Tamanho efectivo da população	17
1.6.4	Coeficientes de consanguinidade e de parentesco	17
1.7	Factores que afectam a produção de leite	18
1.7.1	Genótipo	18
1.7.2	Estádio da lactação	18
1.7.3	Idade ao parto	19
1.7.4	Época de parto	20
1.7.5	Lactação	20
1.7.6	Grupos contemporâneos	21
1.7.7	Ambiente permanente	21
1.8	Avaliação genética	21
1.8.1	Avaliação genética pela produção de leite por lactação	22
1.8.2	Avaliação genética pelos contrastes diários	23
1.8.3	Estratégias para utilizar os modelos de TDM	24
1.8.3.1	TDM de dois passos	25
1.8.3.2	TDM de um passo	25

II Trabalho experimental 27

Capítulo 2 Estimativa dos componentes de variância da produção de leite diária da cabra Serrana - Ecótipo Transmontano 29

2.1	Introdução	29
2.2	Material e métodos	30
2.2.1	Dados	30
2.2.2	Dados de desempenho	30
2.2.3	Dados de pedigree	31
2.2.3.1	Construção do pedigree	31

2.2.3.2	Qualidade do pedigree	31
2.2.4	Modelos estatísticos	32
2.2.4.1	Componentes de co-variância	34
2.3	Resultados e discussão	34
2.3.1	Qualidade do pedigree	34
2.3.2	Consanguinidade	36
2.3.3	Intervalo entre gerações	37
2.3.4	Modelação dos efeitos fixos	38
2.3.4.1	Tipo de parto	39
2.3.4.2	Ordem de lactação	39
2.3.4.3	Interação entre o ano e a estação de parto	40
2.3.4.4	Interação entre o ano e a estação de contraste	41
2.3.5	Estimativa dos componentes de variância	41
2.4	Conclusões	43

Lista de Tabelas

Tabela 1.1	Média de produção de leite normalizada (l), duração da lactação (dias) e produção média diária (l) dos quatro ecótipos da raça Serrana (ANCRAS, 2012)	14
Tabela 2.1	Estrutura do pedigree dos animais utilizados neste trabalho	35
Tabela 2.2	Número equivalente de gerações conhecidas (NEGC) e número médio de ancestrais conhecidos (NMAC) da população de cabras de raça Serrana - Ecótipo Transmontano	36
Tabela 2.3	Intervalo entre gerações (L) para os quatro caminhos Progenitor-Descendente das cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana	38
Tabela 2.4	Resultados da análise de variância para o Modelo 2.1	38
Tabela 2.5	Resultados da análise de variância para o Modelo 2.2	39
Tabela 2.6	Componentes de variância para a produção de leite das cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana	43

Lista de Figuras

Figura 1.1	Mapa de distribuição dos quatro ecótipos da raça Serrana (dados de referentes a Outubro de 2012 (ANCRAS, 2012)	6
Figura 1.2	Ecótipo Jarmelista	8
Figura 1.3	Ecótipo da Serra	8
Figura 1.4	Ecótipo Ribatejano	9
Figura 1.5	Ecótipo Transmontano	9
Figura 1.6	Evolução dos efectivos da raça caprina Serrana	13
Figura 1.7	Curva de lactação na primeira e segunda lactações de cabras Serranas - Variedade Transmontana	19
Figura 2.1	Efeito do tipo de parto na produção de leite das cabras de raça Serrana - Ecotipo Transmontana	39
Figura 2.2	Efeito da ordem da lactação na produção de leite	40
Figura 2.3	Efeito da estação do ano e do parto na produção de leite	41
Figura 2.4	Efeito da interacção entre o ano e a estação de contraste na produção de leite	42

Abreviaturas

ANCRAS Associação Nacional de Criadores de Caprinos de Raça Serrana

BLUP Best linear unbiased prediction

CL Contraste diário

DNA Ácido desoxirribonucleico

F Coeficiente de consanguinidade

f Coeficiente de parentesco

IG Intervalo entre gerações

LogLik estatística log-likelihood

Mm Número de machos

Ne Tamanho efectivo

NEGC Número equivalente de gerações conhecidas

Nf Número de fêmeas

NMAC Número médio de ancestrais conhecidos

pe Ambiente permanente

RAE Interação Rebanho-Ano-Estação

RDC Interacção Rebanho-Dia-Contraste
SQL Structured query language
TDM test-day-model (Modelo de contrastes diários)
VG Valor genético

Parte I

Revisão bibliográfica

Capítulo 1

Estudo dos efeitos ambientais e genéticos na produção de leite de caprinos

1.1 Introdução

O efectivo da raça Serrana representa cerca de 45% do efectivo caprino nacional, inscrito em Livros genealógicos, pelo que apresenta uma grande importância na economia regional e nacional. A produção destes animais contribui para a fixação de população no meio rural, pois permite explorar as áreas marginais do território para a produção de produtos de elevado valor económico (carne, leite e queijo). O sistema de exploração actual, baseado no pastoreio de percurso, proporciona aos animais uma alimentação diversa, o que contribui para a obtenção de produtos de elevada qualidade. Destes, destacamos os produtos com Denominação de Origem Protegida (DOP): “Cabrito Transmontano” e “Queijo de Cabra Transmontano” e os produtos com Indicação Geográfica Protegida (IGP): “Cabrito do Barroso”, “Cabrito do Caramulo”, “Cabrito das Terras Altas do Minho” e “Cabrito da Beira”.

Desde 1986, o estado português, através da Direcção Geral de Veterinária, apoia os planos de selecção das raças autóctones, tendo em vista melhorar a produtividade das raças nacionais e, desta forma, aumentar a sua competitividade face a raças exóticas. O programa de selecção e de melhoramento tem permitido aumentar, apesar de forma muito lenta, a produção de leite das cabras de raça Serrana. Esta evolução lenta está, necessaria-

mente, associada aos estrangulamentos que a fileira enfrenta, nomeadamente o sistema de produção extensivo e a reduzida capacidade de organização dos criadores.

O plano de melhoramento genético da raça Serrana é essencial para valorizar esta raça e para a proteger da substituição por outras raças exóticas, teoricamente mais produtivas. Desta forma, recentemente a ANCRAS procedeu à genotipagem de cerca de 12000 animais, para melhorar o pedigree da raça. Esta informação será muito útil para implementar o sistema de avaliação genética com base na metodologia de avaliação genética em larga escala, usualmente designada por BLUP. No futuro, a ANCRAS pretende implementar um sistema de inseminação artificial para testar os candidatos a reprodutores e para a difusão do ganho genético alcançado com o programa de melhoramento.

A ANCRAS tem interesse em desenvolver e implementar um plano de selecção e de melhoramento atractivo para os actores principais, os produtores, que visem melhorar os resultados económicos das suas explorações. De facto, estes têm um papel vital para o processo de desenvolvimento da raça caprina Serrana, aceitando a introdução de novas técnicas e tecnologias para que o progresso genético seja efectivo e mais rápido. O sistema de recolha de dados é uma ferramenta essencial para o apoio à tomada de decisões de maneio, bem como para o programa de selecção e de melhoramento genético da raça. Assim, o objectivo principal deste trabalho foi analisar os dados constantes na base de dados da raça, tendo em vista definir um modelo de avaliação genética. Como objectivos específicos tivemos o estudo dos efeitos ambientais na produção de leite, bem como estimar os parâmetros genéticos necessários a avaliação genética da raça.

1.2 Caracterização da raça caprina Serrana

1.2.1 Origem

De acordo com Miranda do Vale (1949), as cabras domésticas têm origem em três troncos de ancestrais selvagens: *Capra aegagrus*, *Capra falconeri* e a *Capra prisca*. Todavia, alguns autores consideram a *Capra aegagrus* (Bezoar) como o único ascendente das cabras domésticas (Miranda do Vale, 1949). As ondas migratórias das cabras selvagens, através das cadeias montanhosas, estabeleceu um grupo bem-sucedido na Península Ibérica, desig-

nadas por *Capra pyrenaica*. Assim, é, actualmente, aceite que a raça Serrana teve origem na Serra da Estrela, tendo com ascendente a *Capra pyrenaica* que é, de facto, considerada como antecessora das raças caprinas da península ibérica.

Até final do século XIX, existia em Portugal a *Capra lusitanica*, cabra selvagem da Serra do Gerês, podendo ser considerada como o ancestral mais próximo das raças de caprinos portuguesas actuais (FONSECA, 1989, citado por Almendra, 1994). Todavia, as opiniões sobre a origem das cabras, dos diferentes zoólogos e zootécnicos, são muito divergentes. Alguns ligam-na à espécie *Capra hircus*, que dizem ter derivado da *Capra aegagrus* nas montanhas do Cáucaso e da Pérsia, enquanto outros a ligam às raças Europeias; derivando as outras raças da *Capra falconeri*, oriunda das montanhas da Índia; que é de todas as espécies monteses a que tem mais afinidades de caracteres com a cabra doméstica (Pinto, 1914).

As raças caprinas portuguesas reflectem a influência: de origens étnicas que se perdem na memória dos tempos, anteriores à fundação da nacionalidade portuguesa; de um comércio de caprinos exercido principalmente com a Espanha, que teve períodos de grande actividade, como por exemplo, no século passado; de sucessivos cruzamentos com raças diferentes; condicionalismos derivados do relevo e dos alimentos disponíveis nas diversas épocas e a evolução dos sistemas de produção (Fonseca, 1988)

1.2.2 Área de dispersão

O efectivo da raça Serrana representa cerca de 45% do efectivo caprino nacional (DGV, 1987), pelo que é, sem dúvida, a cabra com maior representatividade no nosso país. Esta raça povoa grande parte do território (Figura 1.1), encontrando-se em cerca de 2/3 do território nacional. Predomina a norte do Tejo, à excepção do distrito de Castelo Branco, existindo ainda na península de Setúbal. Actualmente, os fatos encontram-se dispersos nas terras altas do Centro e do Norte do país e observa-se uma procura de cabras de raça Serrana para povoar outras regiões, tal como o Minho. No entanto, os problemas sanitários, que atingem este efectivo pecuário, representam um enorme entrave à expansão da raça para outras regiões.

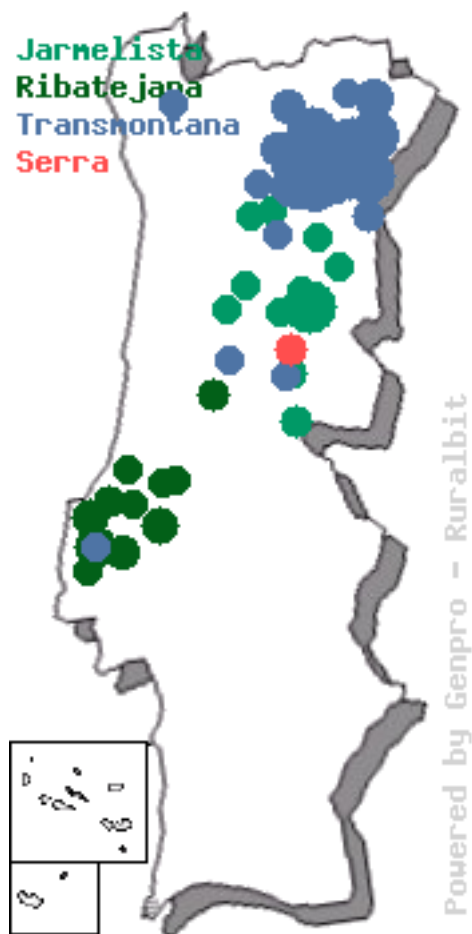


Figura 1.1: Mapa de distribuição dos quatro ecótipos da raça Serrana (dados de referentes a Outubro de 2012 (ANCRAS, 2012)

1.2.3 Características morfológicas

Os caprinos de raça Serrana são animais eumétricos, de perfil sub-côncavo e de aptidão predominantemente leiteira (DGV, 1987). De acordo com o Regulamento do Registo Zootécnico Português da raça caprina Serrana, o padrão racial é o seguinte:

1. Cabra de estatura média, com uma altura de 64 cm na cernelha e um peso adulto de 35 a 50 kg;
2. Pelagem preta, castanha e ruça, poderão apresentar coloração amarela nas regiões

superiores do abdómen, nos membros, no focinho, na face, nas arcadas orbitárias e nas orelhas;

3. A pele é pigmentada, fina, elástica, e revestida de pelo comprido, liso e sedoso;
4. Cabeça de tamanho médio, com fronte ampla e ligeiramente abaulada, face triangular, chanfro largo, rectilíneo e com depressão na união com o frontal. O focinho é fino terminando numa boca pequena e de lábios delgados. As orelhas são curtas e horizontais. Cornos de secção triangular, rugosos, dirigidos para trás, divergentes e espiralados. Existem indivíduos mochos. A grande maioria dos animais apresenta barba, com predomínio nos machos;
5. Pescoço comprido, mal musculado, de bordos rectilíneos, geralmente com brincos.
6. Tronco de regular desenvolvimento, achatado lateralmente. Linha dorso-lombar oblíqua de trás para diante, dorso e rins descarnados, mas rectilíneos, garupa descaída, a cauda é curta e arrebitada;
7. Úbere bem desenvolvido, globoso, por vezes pendente. Tetos pequenos e cónicos, dirigidos para a frente ou levemente para os lados, e bem destacados. Nalguns casos, os tetos são cilíndricos e compridos;
8. Membros finos e resistentes, com unhas pequenas e muito duras.

A raça serrana é constituída por quatro ecótipos ou variedades, distribuídos por regiões distintas, a saber:

Jarmelista: Predominam os animais de pelagem preta ou castanha, com tons amarelos. Trata-se de uma variedade com animais inermes, de úbere bem conformado, de maior vocação leiteira e de maior prolificidade. Encontram-se nos concelhos da Guarda, Pinhel, Almeida e Sabugal (Figura 1.2).



Figura 1.2: Ecótipo Jarmelista

Da Serra Animais de pequena estatura, de cor preta e de cornos curtos em forma de sabre. É explorada nos concelhos da Guarda, de Manteigas e da Covilhã (Figura 1.3).



Figura 1.3: Ecótipo da Serra

Ribatejano Animais que, normalmente, apresentam cornos e de boa capacidade leiteira. Povoam a província do Ribatejo, estendendo-se, ainda, para o oeste (Figura 1.4).



Figura 1.4: Ecótipo Ribatejano

Transmontano Animais de pelagem ruça, em regra, é o ecótipo menos explorado para a produção de leite e, como o nome indica, é explorado na província de Trás-os-Montes (Figura 1.5).

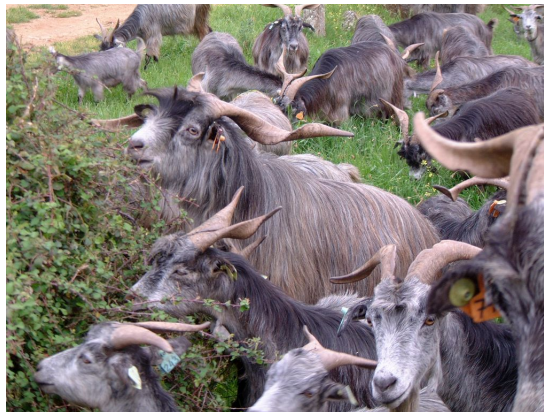


Figura 1.5: Ecótipo Transmontano

1.2.4 Aptidões produtivas

Os animais desta raça estão completamente adaptados ao meio, pelo que podem ser considerados como rústicos, sendo utilizados, fundamentalmente, para a produção de leite. A produção de leite é bastante variável, pois depende dos efeitos climáticos da zona de produção, bem como do manejo de cada um dos produtores. Todavia, existem cabras que

produzem cerca de 600 litros de leite, por vezes mais, em 210 dias de lactação. Em Trás-os-Montes, a ordenha é, maioritariamente, efectuada de forma manual e no sul observa-se um importante uso da ordenha mecânica. De uma forma geral, os cabritos são vendidos entre os 30 e os 60 dias de idade, com peso vivo que pode variar entre 6 e 8 kg, que representam os pesos mais procurados e apreciados pelos consumidores portugueses (Almendra, 1991).

1.2.5 Importância da raça

A produção caprina é, geralmente, praticada em zonas de marginais (Almendra, 1992), pelo que apresenta elevado interesse para o aproveitamento dos recursos naturais destas regiões. Os apoios financeiros ao sector, no âmbito de ajudas ligadas e desligadas da produção, têm suportado esta actividade tal como se observa pela manutenção do efectivo de cabras Serranas.

A actividade agro-pecuária, com base nas raças autóctones de caprinos, pode desempenhar um papel importante na fixação das populações no meio rural, contribuindo para o desenvolvimento dos sectores secundário e terciário regionais, assim como para o equilíbrio do espaço rural através da diversificação e da complementaridade da ocupação do solo (Almendra, 1991).

1.3 Sistema de exploração

Em Trás-os-Montes, os caprinos são explorados num sistema de pastoreio de percurso, em cabradas que variam entre 40 a 110 cabras adultas, todavia observa-se um predomínio de cabradas de 70 a 80 cabeças. A maioria das explorações não efectua qualquer suplementação ou complementação da alimentação base (pastoreio), pelo que no Verão e no Inverno, épocas de reduzida disponibilidade alimentar, observa-se uma acentuada redução da produção de leite. Nas regiões do Centro, Ribatejo e Oeste a produção de leite é muito importante, pelo que os produtores fornecem alguns alimentos à manjedoura e na sala de ordenha.

O maneio tradicional, sem controlo reprodutivo, e a ausência de sazonalidade reprodutiva conduz à produção de cabritos ao longo do ano. De facto, as fêmeas desta raça

apresentam os partos distribuídos ao longo do ano, com uma maior incidência nos meses de Outubro a Abril, o que conduz a épocas de venda com preços mais elevados (Natal e Páscoa). Por outro lado, a criação do agrupamento de produtores potenciou, através da concentração de produtos na cooperativa, o desenvolvimento de produtos de qualidade, nomeadamente: o “queijo de Cabra Transmontano” e o “Cabrito Transmontano”.

Todavia, observa-se uma grande variedade de sistemas de produção, mesmo em localidades vizinhas, que formam autênticas micro-regiões (Fonseca, 1988). Os sistemas dividem-se, de forma clara, em dois tipos: 1) sistemas que se apoiam exclusivamente na utilização de recursos alimentares espontâneos; e 2) sistemas que se baseiam em forragens e pastagens. Nos sistemas de utilização exclusiva de alimentos espontâneos, os animais são sujeitos a períodos de carência alimentar o que condiciona a sua produtividade nas épocas de menor crescimento vegetativo (Inverno e Verão).

1.3.1 Maneio alimentar

No sistema de exploração tradicional, a alimentação está dependente das plantas da flora local, arbórea e arbustiva, destacando-se: o freixo, o choupo, o olmo, o amieiro, a giesta branca e preta, o salgueiro, a urze, a carqueja e a silva. Os sub-produtos agrícolas, sempre que disponíveis, são também utilizados, tal como: a rama da batata, a folha de oliveira, o restolho, as gramíneas espontâneas e outras plantas forrageiras (Almendra, 1994). O ferrejo ou ferrã, semeado em Outubro, é, também, muito utilizado e consiste no centeio, pastoreado em Janeiro e Fevereiro, época em que o crescimento das pastagens é reduzido (Almendra, 1994).

O comportamento alimentar da cabra caracteriza-se pela acentuada capacidade de selecção de plantas ou de partes das plantas de maior digestibilidade (Morand-Fehr, 1981). Os caprinos apresentam uma elevada capacidade para seleccionar os alimentos, logo são mais aptos para escolher as partes mais digestíveis dos alimentos (Almendra, 1991). Esta característica, conduz a maior refugo em situações de distribuição *de alimentos ad libitum*.

As cabras, exploradas para produzir leite, são alimentados com base em pastos naturais ou semeados e no pastoreio de campos após a colheita de várias culturas agrícolas e de matos. Há determinadas zonas do país onde se procede à suplementação com cereais ou com alimentos compostos; esta situação verifica-se principalmente no Ribatejo e na Serra

da Estrela (Cardigos, 1981).

1.3.2 Maneio reprodutivo

O controlo reprodutivo e alimentar são essenciais para melhorar a fertilidade e aumentar a prolificidade, bem como para aumentar a produção de carne e de leite através do ajuste da época de partos/lactação às disponibilidades alimentares. As raças caprinas nacionais não apresentam sazonalidade reprodutiva, pelo que a época de partos pode ser ajustada em função dos objectivos e das condições ambientais da exploração.

Nos caprinos, os machos e as fêmeas iniciam a actividade reprodutiva muito cedo, entre os 5 e os 6 meses de idade (Fonseca, 1988). Os machos, são capazes de cobrir aos sete meses de idade, todavia é conveniente que a primeira utilização ocorra entre os dez ou os onze meses de idade para evitar eventuais problemas resultantes de más experiências iniciais (Sales, 1978). As fêmeas apresentam, também, grande precocidade, pelo que o primeiro parto pode ocorrer aos 10 meses de idade. Todavia, partos muito precoces limitam a capacidade produtiva das fêmeas durante toda a sua vida, pelo que é recomendável que a primeira cobertura ocorra entre os 10 e os 12 meses de idade (Sales, 1978), para não comprometer a produtividade futura das jovens fêmeas. Em Trás-os-Montes, os produtores não separam os animais de substituição (animais com menos de 12 meses) dos animais adultos, pelo que não existe qualquer controlo sobre a idade ao primeiro parto. Desta forma, um elevado número de cabras apresentam problemas de crescimento, resultantes da gestação precoce, originando animais menos produtivos e mais susceptíveis a problemas de parto. Desta forma, recomenda-se a separação dos animais de substituição até a sua entrada à reprodução, que deverá ocorrer entre aos 10 e os 12 meses de idade.

1.3.3 Maneio sanitário

A implementação de um sistema de selecção e de melhoramento genético requer um sistema de controlo higio-sanitário eficiente, para evitar a transmissão de doenças entre os animais, mas também dos animais para o homem (Pereira, 1992). As doenças que mais preocupam os criadores de caprinos são a brucelose e a agaláxia nos adultos, e a pasteurelose e a coccidiose nos jovens (Cardigos, 1981). A brucelose caprina é uma doença transmis-

sível ao homem, conhecida por "febre de malta", de elevada gravidade para os animais e para o Homem. Nos primeiros, pela sua contagiosidade e pelos elevados prejuízos económicos que provoca; para o Homem, pelas graves consequências da doença que, por vezes, provoca sequelas para toda a vida (Vieira de Sá, 1990). Ferreira (1985) identificou, em função da incidência no país, as principais doenças dos ovinos e caprinos, a saber: a brucelose, a micoplasmose, a clamídiase, as enterotoxémias e a pasteurelose, a estrongilose gastrintestinal, a fasciolose e a hidatose.

1.4 Evolução do efectivo

Na Figura 1.6 apresenta-se a evolução do efectivo da raça Serrana, sem distinguir as quatro variedades. Assim, podemos observar que o número de animais registados, no livro genealógico, cresceu até 1999, mantendo-se mais ou menos constante até 2005, ano a partir do qual se observa uma redução do número de animais registados. De facto, nos últimos anos um elevado número de criadores abandonaram a actividade, pelo que o número de explorações, também, tem diminuído.

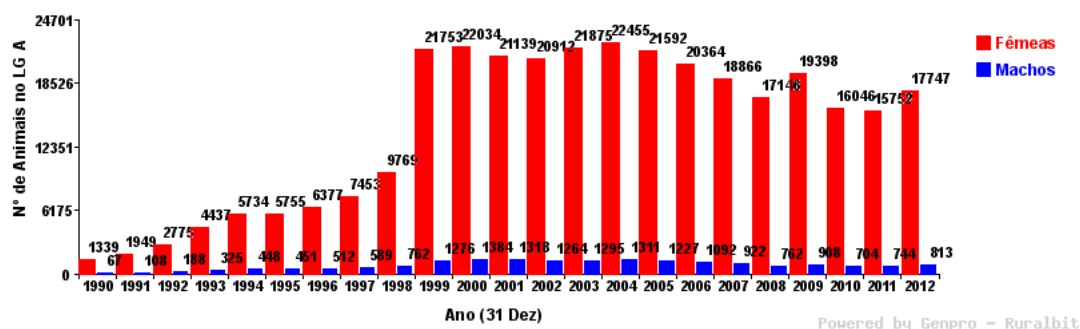


Figura 1.6: Evolução dos efectivos da raça caprina Serrana

1.4.1 Estrutura dos rebanhos

A produção caprina nacional caracteriza-se por fatos de pequena dimensão, associados a actividades de subsistência. No entanto, existem, também, explorações de grande

dimensão, localizadas na região Centro, onde a produção de leite em regime de produção “semi-intensivo” é mais frequente. Em Trás-os-Montes, as explorações apresentam, em média, de 80 cabras por fato, que são exploradas num sistema produção extensivo, cujo principal produto é a carne de cabrito, todavia o leite é, também, aproveitado para produzir queijo artesanal.

1.4.2 Dados de produtivos

A raça Serrana é composta por quatro ecótipos, dispersos por várias regiões do país, consequentemente a produção de leite é muito variável (Tabela 1.1), sendo condicionada pela base genética de cada ecótipo, mas também pelo sistema e pela técnica de produção que cada produtor utiliza. Por exemplo, o ecótipo Transmontano é, fundamentalmente, explorado para a produção de carne (cabritos), num sistema de pastoreio de percurso, pelo que o leite é menos valorizado e as cabras apresentam produções mais baixas quando comparadas com o ecótipo Ribatejano.

Tabela 1.1: Média de produção de leite normalizada (l), duração da lactação (dias) e produção média diária (l) dos quatro ecótipos da raça Serrana (ANCRAS, 2012)

Ecótipo	Transmontano	Jarmelo	Serra ¹	Ribatejano
Produção de leite normalizada ² (l)	103,1	218,0	-	223,1
Duração da lactação (dias)	181	165	-	178
Produção média diária (l)	0,68	1,46	-	1,41

1.5 Diversidade genética

Desde sempre que o homem aproveitou a diversidade genética dos animais domésticos para melhorar o seu desempenho, tal como podemos constatar pelo grande número de raças de animais zootécnicos, bem como pelas suas variadas aptidões produtivas. Todavia, nas últimas décadas, o incremento do conhecimento científico, associado ao desenvolvimento da informática, conduziu, através da selecção, ao melhoramento genético extraordinário em algumas raças. Assim, estas raças, submetidas a programas de selecção bem-sucedidos,

ganharam maior importância económica, provocando uma redução na utilização de um grande número de raças que até então tinham o seu espaço nos diversos sistemas de agricultura nacionais e mundiais. Estas últimas, sofreram uma grande redução nos seus efectivos, pelo que hoje, em virtude do reduzido número de animais, encontram-se ameaçadas de extinção.

O desenvolvimento da biologia molecular permitiu utilizar a diversidade alélica como uma alternativa para a medir a diversidade genética, sendo mesmo considerada como o parâmetro mais importante para os programas de conservação. De facto, um elevado número de alelos conduz a maior variação nos loci em consideração e, portanto, o número inicial de alelos determina, também, a resposta à selecção em programas de melhoramento genético. De facto, o número de alelos num determinado locus é mais sensível à ocorrência de afunilamentos do que a heterozigotia esperada, pelo que reflecte melhor as flutuações passadas no tamanho da população.

A genética das populações, ciência que descreve a estrutura genética das populações bem como as leis que governam as suas alterações, é fundamental para o desenvolvimento de programas de conservação e/ou de melhoramento das raças de animais zootécnicos ameaçadas ou não. Nas populações de animais zootécnicos é usual dispor de pedigree, registos genealógicos, pelo que sempre que tal acontece é possível estimar a diversidade genética das populações como $1 - F$ ou $1 - f$, em que F (consanguinidade) e f (parentesco) são probabilidades de dois genes escolhidos ao acaso do mesmo indivíduo ou de indivíduos diferentes serem idênticos por descendência (Malécot, 1948). Com a utilização de marcadores moleculares, os parâmetros estimados são a heterozigotia esperada e observada, o que conduz aos mesmos resultados da teoria de Malécot (1948) substituindo os genes idênticos por descendência por genes idênticos em estado (Caballero & Toro, 2000).

Assim, diversidade genética das populações de animais zootécnicos pode ser estudada através da análise de pedigree, pela estimativa da variância genética dos caracteres quantitativos, pela descrição de genes visíveis e pela utilização de marcadores moleculares (microsatélites e SNP's, entre outros).

1.6 Métodos para estudar a profundidade do pedigree das populações de animais zootécnicos

Desde sempre que o pedigree tem sido utilizado, pelos produtores, para avaliar o valor genético dos animais. A implementação dos registos genealógicos foi o primeiro passo para obter informação sobre os ancestrais, já que os animais só podem herdar as características dos seus ancestrais. O pedigree não fornece toda a informação sobre o genótipo dos animais, no entanto esta pode ser utilizada para descrever a estrutura genética e a variabilidade genética das populações (Lacy, 1989; Baumung & Sölkner, 2003).

Boichard *et al.* (1997) desenvolveram um software (PEDIG; Boichard (2002a)), com base na teoria de probabilidade de origem dos genes desenvolvida por Lacy (1989), para descrever a diversidade genética das populações de animais zootécnicos. Esta metodologia permite utilizar o pedigree para calcular os coeficientes de consanguinidade (F) e de parentesco (f), bem como para estimar as contribuições genéticas dos fundadores tal como descrito por Djellali *et al.* (1994) em ovinos e por Boichard *et al.* (1996) e Bozzi *et al.* (2006) em bovinos. Estes parâmetros podem ser utilizados para corrigir as práticas de manejo, responsáveis pela perda de diversidade genética. Assim, a teoria desenvolvida por Lacy (1989) e implementada no software PEDIG (Boichard, 2002a) permite o cálculo de vários parâmetros que descrevemos seguidamente.

1.6.1 Qualidade do pedigree

A qualidade do pedigree é de extrema importância para estudar a estrutura genética de populações animais. De facto, a qualidade e a precisão das estimativas dos parâmetros dependem da qualidade do pedigree (Boichard *et al.*, 1997), pelo que devemos evitar pedigrees com informação errada ou muito incompletos. A qualidade do pedigree pode inferir-se através do cálculo da proporção de pais, avós e bis-avós conhecidos, e pelo número equivalente de gerações conhecidas tal como proposto por Boichard *et al.* (1997). Pedigrees com baixo grau de preenchimento apresentam elevadas dificuldades de interpretação da informação genealógica.

1.6.2 Intervalo entre gerações

O intervalo entre gerações (IG) é definido como a idade média dos pais aquando do nascimento dos filhos que vão substituí-los, ou seja a idade média quando se tornam pais. Este parâmetro é calculado, apenas, para os animais que são pais de reprodutores. O IG pode ser calculado para as quatro vias de selecção: pai-filho, pai-filha, mãe-filho e mãe-filha, sendo fundamental para o cálculo do progresso genético anual.

1.6.3 Tamanho efectivo da população

O tamanho efectivo da população (Ne) define-se como o número indivíduos de uma população que daria origem a uma determinada taxa de consanguinidade (ΔF), se a estrutura dessa população fosse ideal. Wright (1922) propôs o cálculo do tamanho efectivo da população como: $Ne = 1/2 \Delta F$, onde ΔF representa o aumento relativo, por geração, da consanguinidade. O Ne é um parâmetro importante para definir a situação de risco das populações, pelo que o seu conhecimento é fundamental para os programas de conservação de raças. Este parâmetro é, também, um bom indicador da diversidade genética das populações animais, a sua relação com o aumento da taxa de consanguinidade transforma-o num indicador da deriva genética a que as populações estão sujeitas.

Todavia, em populações reais, esta fórmula pode estimar incorrectamente o tamanho efectivo da população actual, especialmente quando o pedigree é pouco preenchido. Por outro lado, a utilização da fórmula $Ne = 1/2 \Delta F$ obriga ao conhecimento do pedigree dos indivíduos, o que, frequentemente, não acontece. Quando tal acontece, o Ne pode, também, ser calculado pelo número de machos e fêmeas reprodutores da população através da seguinte formula (Falconer & Mackey, 1996): $Ne = \frac{4Nm \times Nf}{Nm + Nf}$, em que Nm é o número de machos e Nf é o número de fêmeas

1.6.4 Coeficientes de consanguinidade e de parentesco

A consanguinidade resulta do acasalamento de animais aparentados (Lush, 1945). Dois parâmetros relacionados são, usualmente, utilizados para medir a consanguinidade das populações animais: o coeficiente de parentesco (F_{XY}) e o coeficiente de consanguinidade (F_I).

O F_I de um determinado indivíduo é definido como a probabilidade de o animal possuir dois genes idênticos por descendência (Wright, 1922, 1931). De forma equivalente, o F_{XY} entre dois animais X e Y define-se como o dobro da probabilidade de dois genes homólogos, escolhidos ao acaso de cada um dos animais, serem idênticos por descendência (Lush, 1945). Assim, o coeficiente de consanguinidade F_I , do animal I , é igual a metade do coeficiente de parentesco F_{XY} dos seus pais (X e Y são pais de I). Desta forma, o aumento da consanguinidade conduz a um aumento da homozigotia das populações animais. O cálculo deste parâmetro é muito sensível à qualidade do pedigree, pelo que a confiança na sua estimativa está condicionada pela qualidade do pedigree.

1.7 Factores que afectam a produção de leite

A produção de leite é determinada pelo genótipo (raça) e por vários efeitos ambientais. A diversidade genética entre raças é responsável por parte da variação na produção de leite e da sua composição. Os efeitos ambientais ou não genéticos que, potencialmente, afectam a produção de leite, entre outros, são: estágio de lactação; idade ao parto, estação do parto, ordem de parto, tamanho/peso corporal, tipo de parto, bem como as interações entre estes efeitos (Swalve, 1994, 1995a).

1.7.1 Genótipo

O efeito do genótipo é, usualmente, conhecido por efeito da raça. De facto, as diferenças entre raças são grandes pois existem raças de aptidão leiteira, de aptidão carne e de aptidão mista. Estas diferenças são explicadas pelos objectivos de produção e pelos critérios de selecção a que são submetidas. Vários autores (Iloje *et al.* , 1980, 1981; Finley *et al.* , 1984; Irano, 2012) têm observado diferenças na produção de leite de diversas raças de caprinos.

1.7.2 Estádio da lactação

O estágio da lactação (Figura 1.7) tem um elevado impacto na produção de leite. Este efeito é, geralmente, representado na forma de uma curva de lactação. Numa curva de

lactação, a produção de leite tem uma fase crescente após o parto, atinge o máximo entre 4 a 8 semanas após o parto, seguindo-se uma fase descendente até que o animal é seco (Wood, 1976; Keown *et al.* , 1986).

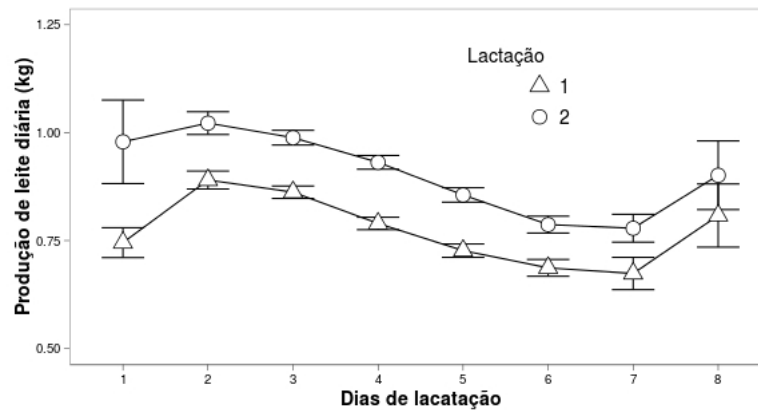


Figura 1.7: Curva de lactação na primeira e segunda lactações de cabras Serranas - Variedade Transmontana

A persistência da lactação, mede a taxa de decréscimo da produção de leite ao longo da lactação, e apresenta grande importância para os programas de selecção. As cabras com maior persistência da lactação podem produzir mais leite durante períodos mais longos, o que representa uma grande vantagem económica. O efeito do estágio da lactação pode ser incluído nos modelos de avaliação genética tal como descrito por Swalve (2000), modelando a produção diária com modelos matemáticos para descrever a forma da curva de lactação (Jamrozik *et al.* , 1997). A curva de lactação é diferente para as diferentes lactações e a primeira lactação apresenta, geralmente, pico menor e maior persistência (Keown *et al.* , 1986).

1.7.3 Idade ao parto

A produção de leite aumenta com o aumento da idade da cabra, o que resulta do aumento do tamanho corporal. Assim, a produção de leite aumenta durante os primeiros três anos de vida, após o que estabiliza durante o quarto e o quinto anos, sofrendo uma redução

significativa a partir do quinto ano de vida. Por outro lado, a idade ao primeiro parto influi, também, na produção de leite futura das cabras. Gestações precoces penalizam o crescimento das fêmeas e, desta forma, a produção de leite é, também, penalizada. Este efeito foi descrito por Iloeje *et al.* (1980) quando observaram um acréscimo na produção de leite com o aumento da idade ao primeiro parto de 10 para 15 meses. Resultados semelhantes foram, também, descritos por Wiggans (1981). Este efeito ambiental é responsável por uma grande parte da variação na produção de leite diária, pelo que é utilizada em modelos de contrastes diários (Swalve, 2000). Vários trabalhos (Iloeje *et al.*, 1980; Wiggans, 1981) mostraram que as cabras cujo primeiro parto ocorre muito cedo produzem menos leite durante toda a lactação. Assim, os modelos de avaliação genética devem incluir, sempre que possível, o efeito da idade ao primeiro parto bem como a sua interação com a ordem de lactação e outros efeitos ambientais (Interbull, 2000).

1.7.4 Época de parto

A estação de parto tem um efeito importante na produção de leite (Ali *et al.*, 1983; Andonov *et al.*, 2007, 1998; Bett *et al.*, 2009; Finley *et al.*, 1984), sendo tratado como o efeito do mês de parto ou como estação do ano, agrupando vários meses (3 ou 6 meses). As fêmeas que apresentam partos no outono ou no inverno apresentam maior produção de leite do que as fêmeas cujo parto ocorre na primavera e no verão. A relação entre a época de parto e a produção de leite é explicada pela disponibilidade alimentar e pelo efeito das elevadas temperaturas, no verão, que condicionam a ingestão de alimento.

1.7.5 Lactação

A ordem de lactação, característica intimamente ligada à idade, apresenta um elevado efeito na produção de leite, sendo aceite que a produção de leite aumenta até à terceira/quarta lactação (Grossman *et al.*, 1986). Este efeito resulta do crescimento e o desenvolvimento dos animais que, também, afecta o crescimento e o desenvolvimento da glândula mamária. As fêmeas de primeira lactação produzem menos leite, todavia a curva de lactação é mais persistente (Keown *et al.*, 1986; Rekik *et al.*, 2003).

1.7.6 Grupos contemporâneos

Observam-se grandes diferenças na produção de leite entre rebanhos, estas resultam das diferentes práticas de manejo que variam entre os produtores. O efeito do rebanho é, usualmente, definido como a interacção Rebanho-Ano-Estação (RAE), sendo considerado como efeito fixo ou aleatório dependendo do número de repetições por cada nível do efeito. Nos modelos baseados nos contrastes diários, o efeito RAE pode ser substituído pelo efeito da interacção Rebanho-Dia-Contraste (RDC). Assim, o efeito RDC pode ser utilizado para agrupar os animais contemporâneos o que reduz a variância do erro dos modelos, comparativamente ao uso do efeito RAE (Meyer *et al.*, 1989; Ptak *et al.*, 1993; Reents & Dopp, 1995). A utilização do efeito RDC é limitada pelo tamanho do grupo de animais contemporâneos, pelo que na prática pode ser difícil utilizar este efeito nos modelos de avaliação genética.

1.7.7 Ambiente permanente

O ambiente permanente (pe) é associado ao efeito do animal (cabra) ao longo dos vários contraste efectuados durante a lactação. Em modelos de regressão fixa, admite-se que as variâncias dos efeitos aditivo e permanente são constantes ao longo da lactação (Jensen, 2001). O efeito do ambiente permanente explica as semelhanças entre os vários contrastes na mesma cabra.

1.8 Avaliação genética

A produção de leite é um carácter poligénico quantitativo, pelo que o fenótipo (desempenho) é afectado pelo genótipo e pelas condições ambientais. Na avaliação genética, pretendemos escolher para reprodutores os animais com o melhor conjunto de genes, melhor valor genético (VG), para os transmitir à geração seguinte. O conceito de VG representa a parte do valor genotípico cuja transmissão de pai para filho pode ser estimada (Falconer & Mackey, 1996). Este conceito representa, então, a acção independente dos genes, sendo a soma dos efeitos independentes de todos os genes que influenciam o carácter, pelo que o VG é uma estimativa do valor genético aditivo.

A implementação de um programa de melhoramento genético requer o conhecimento dos parâmetros genéticos da população, tal como a variância genética aditiva que é utilizada para o cálculo da heritabilidade dos caracteres. Estes parâmetros são específicos de cada população, pelo que sua estimativa é fundamental para definir o plano de acção do programa de melhoramento genético. Quando o plano inclui a selecção para vários caracteres é necessário, também, conhecer as correlações genéticas entres os caracteres para que a selecção seja eficiente e previsível (Walter & Mao, 1985).

Durante muito tempo, a avaliação dos machos reprodutores foi baseada na comparação filha-mãe, comparando animais contemporâneos. Assim, o desempenho das filhas dos machos em avaliação era comparada com o desempenho das fêmeas da mesma idade, do mesmo rebanho, no mesmo tempo e nas mesmas condições ambientais.

Actualmente, a avaliação genética é efectuada em larga escala utilizando informação do pedigree e de desempenho, de várias gerações, aplicando o modelo animal com base na metodologia de modelos mistos, conhecida por Best Linear Unbiased Prediction (BLUP), desenvolvida por Henderson (1973).

1.8.1 Avaliação genética pela produção de leite por lactação

A avaliação genética das fêmeas leiteiras é, normalmente, baseada na produção de leite total por lactação, ou seja, na produção de leite estimada: aos 305 dias de lactação nas vacas, 150 a 210 dias de lactação nas ovelhas e 210 dias de lactação nas cabras. Esta metodologia exige a estimativa da produção de leite para a duração da lactação padrão, pelo que vários métodos foram desenvolvidos para efectuar esta estimativa utilizando os contrastes leiteiros efectuados com intervalos mensais. Estas regras são definidas pela International Committee for Animal Recording (ICAR, 2006). Todavia, a produção de leite estimada depende do número de contrastes realizados, bem como dos efeitos ambientais que afectam a produção de leite no dia em que o contraste é realizado (Schaeffer & Jamrozik, 1996).

Actualmente, as cabras de raça Serrana são seleccionadas com base na produção de leite estimada aos 150 dias de lactação por um modelo uni-variado. O Modelo 1.1 é utilizado para a avaliação genética, com base na produção das sucessivas lactações agrupadas numa mesma classe, e inclui os efeitos fixos: interacção entre o criador e o ano de parto (CA_i), mês de parto (M_k), tipo de parto (TP_l) e a idade ao parto (I_m) e os efeitos animal (a_{ijklm}) e

do erro (e_{ijklm}) como efeitos aleatórios.

$$y_{ijklm} = \mu + CA_i + M_k + TP_l + I_m + a_{ijklm} + e_{ijklm} \quad (1.1)$$

Este modelo é pouco exigente em termos computacionais, pois baseia a estimativa dos parâmetros genéticos num só registo por lactação. Todavia, apresenta várias desvantagens, nomeadamente: 1) lactações mais curtas que a lactação padrão tem de ser estendidas através de factores de ajustamento, 2) lactações em progresso têm que ser estendidas para que seja possível avaliar os animais jovens (Reents & Dopp, 1995), 3) a precisão da avaliação depende do número de contrastes e do método utilizado para estimar a produção de leite por lactação padrão (Ptak & Schaeffer, 1993).

Este modelo não tem em consideração a forma da curva de lactação, ou seja a persistência da lactação não é tida em consideração. Assim, se a produção de leite é estimada com base em registos do início da lactação, a produção dos animais mais persistentes é sub-estimada e a dos animais menos persistentes é sobre-estimada (Jamrozik *et al.*, 1997). A utilização de registos incompletos pode sub-estimar ou sobre-estimar o valor genético de machos, fenómeno usualmente conhecido por efeito de “registos em progresso” (Jamrozik *et al.*, 1997).

Por outro lado, este modelo não tem em consideração os efeitos ambientais únicos de cada dia de contraste, assumindo que todos os contrastes são afectados de igual forma por todos os tratamentos (Ptak & Schaeffer, 1993; Reents & Dopp, 1995).

1.8.2 Avaliação genética pelos contrastes diários

Nas últimas décadas, a avaliação genética de animais leiteiros evoluiu para o designado “test-day-model” (TDM, Ptak & Schaeffer, 1993), utilizando os registos de produção diária obtidos nos contrastes mensais. Este modelo foi desenvolvido por (Ptak & Schaeffer, 1993) para a avaliação genética de bovinos leiteiros. Em caprinos, os primeiros trabalhos foram realizados por Schaeffer & Sullivan (1994) e Andonov *et al.* (1998), e em ovelhas por Baro *et al.* (1994).

As vantagens na utilização do modelo TDM são várias (Swalve, 2000), nomeadamente: 1) redução dos custos de registos através do aumento do intervalo entre registos, registos

alternados (manhã e tarde), 2) a avaliação genética pode ser realizada antes do fim da lactação, pelo que permite a selecção mais precoce e reduz o intervalo entre gerações, 3) toma em consideração os efeitos ambientais específicos de cada contraste, ou seja, permite a correcção para os efeitos ambientais que afectam os contrastes.

Assim, o modelo TDM permite a correcção dos dados para todos os efeitos genéticos e ambientais que afectam directamente cada um dos contrastes (Ptak & Schaeffer, 1993). Assim, esta metodologia é mais precisa no ajustamento dos efeitos ambientais temporários para cada um dos contrastes, pelo que os modelos de avaliação genética apresentam menor variância residual, especialmente se o efeito da interacção Rebanho-Dia-Teste é utilizado para a definição de grupos contemporâneos (Ptak & Schaeffer, 1993).

A avaliação genética com base em 4 ou mais contrastes por lactação é mais precisa do que a utilização de um registo de lactação padrão (Ptak & Schaeffer, 1993). Esta metodologia permite, também, modelar a curva de lactação com vários modelos matemáticos tal como descrito por Ali & Schaeffer (1987).

A heterogeneidade das variâncias, entre os diversos contrastes, é a maior desvantagem desta metodologia (Ptak & Schaeffer, 1993). Todavia, este problema pode ser ultrapassado utilizando um modelo multivariado, considerando cada contraste como um carácter distinto. Esta alternativa apresenta elevadas necessidades computacionais (Meyer *et al.*, 1989; Ptak & Schaeffer, 1993), que com os avanços na informática se tornam cada vez menos limitantes.

1.8.3 Estratégias para utilizar os modelos de TDM

Várias aproximações tem sido utilizadas para implementar a avaliação genética com base em modelos de TDM. O modelo de TDM de repetibilidade foi, em tempos, o mais utilizado (Ptak & Schaeffer, 1993). Neste modelo, os contrastes consecutivos são considerados como observações repetidas do mesmo carácter e os efeitos ambientais permanentes explicam as semelhanças entre os contrastes na mesma lactação (Ptak & Schaeffer, 1993; Schaeffer & Dekkers, 1994; Jensen, 2001). A implementação de modelos de TDM pode ser efectuada utilizando duas estratégias diferentes (Swalve, 1995b): 1) TDM de dois-passos, e 2) TDM de um-passo.

1.8.3.1 TDM de dois passos

Nesta aproximação, os contrastes são previamente corrigidos para os efeitos ambientais, utilizando um modelo apenas com os efeitos fixos (Swalve, 1995b). Os contrastes corrigidos, são utilizados para estimar a produção de leite para a lactação padrão, sendo a avaliação genética realizada com o tradicional modelo de lactação padrão. Esta aproximação é interessante para programas novos, nos quais a informação disponível é reduzida, permitindo combinar a informação da lactação padrão como os contrastes. Desta forma, é possível combinar a informação prévia de lactação padrão com os dados mais recentes de contrastes, evitando grandes alterações no valor genético dos animais vivos aquando da mudança tal como indicado por Swalve (2000).

1.8.3.2 TDM de um passo

Este procedimento resulta da aplicação do modelo de repetibilidade, no qual os contrastes da mesma lactação são considerados como medidas repetidas do mesmo carácter (Swalve, 2000). Ptak & Schaeffer (1993) propuseram um modelo de TDM, geralmente designado por modelo de repetibilidade de regressão fixa, no qual o estágio de lactação é tido em consideração na parte fixa do modelo (Ptak & Schaeffer, 1993; Swalve, 1998). Na forma escalar, o Modelo 1.2 pode ser escrito como:

$$y_{ijkl} = \mu + HTD_i + \sum b_{mj}X_m + a_k + pe_k + e_{ijkl} \quad (1.2)$$

onde y_{ijkl} é o contraste diário, μ é a média geral, HTD_i é o efeito fixo da interacção Rebanho-Dia-Contraste, b_1 a b_4 são coeficientes de regressão da curva de lactação Ali & Schaeffer (1987). As covariáveis são aninhadas dentro das subclasses de idade e estação de parto. O efeito genético aditivo (a_k) e o ambiente permanente (pe_k) são incluídos no modelo como efeitos aleatórios. Nos modelos de regressão fixa, a curva de lactação é fixa para todas as fêmeas dentro das subclasses (idade ao parto, estação de parto, etc), pelo que o valor genético estimado mede as diferenças genéticas entre animais na altura da curva de lactação Jamrozik *et al.* (1997).

Schaeffer & Dekkers (1994) propuseram um modelo de regressão aleatória, como alternativa ao modelo de regressão fixa, que permite a modelação da curva de lactação de cada

fêmea de forma individual, pelo que cada animal pode apresentar uma curva de lactação específica. Assim, este modelo fornece informação sobre o nível de produção e sobre a forma da curva de lactação (persistência) de cada uma das fêmeas em avaliação (Jamrozik *et al.* , 1997; Mrode *et al.* , 2002).

Parte II

Trabalho experimental

Capítulo 2

Estimativa dos componentes de variância da produção de leite diária da cabra Serrana - Ecótipo Transmontano

2.1 Introdução

O melhoramento genético das características leiteiras dos caprinos é uma importante ferramenta para aumentar a produção de leite e de queijo e, conseqüentemente, o rendimento dos produtores. A avaliação genética de reprodutores baseia-se no conhecimento das variâncias, das co-variâncias, da heritabilidade e das correlações fenotípicas e genéticas. Estes parâmetros são, também, necessários para prever as respostas directa e correlacionada à selecção (Van Vleck *et al.*, 1988).

Os parâmetros genéticos são específicos das populações e das condições ambientais, em que estas são exploradas, pelo que podem variar no tempo, devido aos programas de selecção e às alterações no manejo (Falconer & Mackey, 1996).

Actualmente, a avaliação genética dos caprinos de raça Serrana baseia-se na produção normalizada aos 150 dias de lactação, estimada a partir dos contrastes leiteiros. No entanto, a metodologia estatística baseada na utilização dos contrastes diários, permite a correcção dos dados para os efeitos genéticos e ambientais na base do contraste diário (Ptak & Schaeffer, 1993). Esta metodologia apresenta várias vantagens sobre a utilização da produção

normalizada aos 150 dias, entre as quais destacamos: 1) correcção para a acção dos efeitos ambientais na base diária; 2) possibilidade para incluir no modelo a heterogeneidade da variância ao longo da trajectória de produção (Swalve, 1994, 1995a,b, 1998, 2000); 3) cada contraste diário pode ser ajustado para as condições ambientais específicas em que foi obtido.

Este trabalho teve como objectivo estimar os parâmetros genéticos para os contrastes diários de produção de leite das cabras de raça Serrana (ecótipo Transmontano).

2.2 Material e métodos

2.2.1 Dados

Neste trabalho foram utilizados os dados do contraste leiteiro (CL), das cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana, da primeira, segunda e terceira lactações. Os dados foram recolhidos pela Associação Nacional de Criadores de Caprinos de Raça Serrana (ANCRAS), período compreendido entre 2005 e 2010. Todos os rebanhos se encontravam num sistema de dois registos diários de produção de leite, ou seja as cabras foram ordenhadas duas vezes por dia, seguindo as regras definidas pelo (ICAR, 2004) para o método de contrastes A_4 .

2.2.2 Dados de desempenho

O ficheiro de registos de desempenho continha o número de identificação, a data de nascimento, o ano de parto, o tipo de parto, o número de ordenha, a data do contraste, o rebanho e a produção de leite diária. Os registos de desempenho foram editados e verificados para a consistência lógica utilizando a linguagem SQL (Structured query language) implementada no software R Core Team (2012). Os registos foram removidos, da base de dados, sempre que:

1. o primeiro contraste foi obtido num intervalo inferior a 7 dias após o parto;
2. o primeiro contraste foi obtido 75 dias após o parto;

3. o contraste foi obtido 200 dias após o parto;
4. as cabras apresentavam menos de três contrastes por lactação.

Após o primeiro contraste, os contrastes seguintes foram considerados se obtidos em intervalos de 30 dias, aproximadamente. Após a edição, o ficheiro de desempenho possuía 2934 contrastes, entre os 7 e os 250 dias de lactação, pertencentes a 669 cabras.

2.2.3 Dados de pedigree

A informação disponível na base de dados do livro genealógico incluiu: a identificação dos animais, o sexo, o pai, a mãe e a data de nascimento. Os registos genealógicos foram editados e verificados para a consistência lógica utilizando a linguagem SQL (Structured query language) implementada no software R Core Team (2012).

2.2.3.1 Construção do pedigree

O pedigree foi construído com base nas 669 cabras, com registos de produção de leite válidos e retidos após verificação lógica, incrementado todos progenitores conhecidos usando a linguagem SQL usando o software R Core Team (2012). O pedigree final continha 1264 animais (31 bodes e 1233 cabras), dos quais 488 eram animais base, ou seja possuíam pai e mãe desconhecidos.

2.2.3.2 Qualidade do pedigree

O grau de preenchimento do pedigree foi avaliado pelo número e pela proporção de animais com ambos os pais conhecidos, apenas com o pai conhecido e apenas com a mãe conhecida. Estes parâmetros foram calculados através de usando a linguagem SQL implementada no software R Core Team (2012). O pedigree foi, também, utilizado para determinar o número equivalente de gerações conhecidas (*NEGC*) e o número médio de ancestrais conhecidos (*NMAC*) através do software PEDIG (Boichard, 2002b). O intervalo entre gerações, para os quatro caminhos, pai-pai, pai-mãe, mãe-pai, pai-pai, foi calculado como a idade média dos pais aquando do nascimento dos primeiros filhos.

2.2.4 Modelos estatísticos

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos em ambiente de produção, pelo que vários efeitos fixos foram incluídos nos modelos para, desta forma, corrigir os dados para os efeitos ambientais. Os efeitos fixos mais influentes foram seleccionados através de modelos lineares mistos implementados no software R Core Team (2012) na livraria lme4 (Bates *et al.*, 2011). Os efeitos fixos incluídos nos modelos foram: 1) Tipo de parto (TP), definido como partos simples e partos múltiplos; 2) Lactação (L), definida como primeira lactação e segunda e terceira lactações agrupadas; 3) Interação entre o ano e a estação de parto (YSL); 4) Interação entre o ano e a estação de contraste (YSC). Como alguns rebanhos possuíam um reduzido número de repetições, o efeito do rebanho (R) foi incluído no modelo como efeito aleatório. Assim, o Modelo 2.1 pode ser representado da seguinte forma:

$$y_{ijklmno} = TP_i + L_j + YSL_k + YSC_l + R_m + a_n + e_{ijklmno} \quad (2.1)$$

onde:

$y_{ijklmno}$ é a produção de leite diária;

TP_i é o efeito fixo do tipo de parto, $i = 1, 2$;

L_j é o efeito fixo da ordem de lactação, $j = 1, 2$;

YSL_k é o efeito fixo da interação entre o ano e a estação de parto, $k = 1, 2, \dots, 13$;

YSC_l é o efeito fixo da interação entre o ano e a estação em que o contraste leiteiro foi efectuado, $l = 1, 2, \dots, 12$;

R_m é o efeito aleatório do rebanho, $m = 1, 2, \dots, 172$;

a_n é o efeito genético aditivo directo (animal), $k = 1, 2, \dots, 1264$;

$e_{ijklmno}$ é o efeito aleatório do erro, com distribuição normal, média zero e variância σ_e^2 .

No Modelo 2.2, os contrastes foram agrupados em seis classes: 1) contrastes realizados entre 7 a 30 dias após o parto, 2) contrastes realizados entre 31 a 60 dias após o parto, 3) contrastes realizados entre 61 a 90 dias após o parto, 4) contrastes realizados entre 91 a 120 dias após o parto, 5) contrastes realizados entre 121 a 150 dias após o parto, 6) contrastes realizados entre 151 e os 200 dias após o parto. Assim, o Modelo 2.2 corresponde ao Modelo 2.1 incluindo o efeito fixo do contraste (C) e o efeito aleatório do ambiente

permanente (pe). Assim, o Modelo 2.2 pode ser representado da seguinte forma:

$$y_{ijklmnop} = TP_i + L_j + YSL_k + YSC_l + C_m + R_n + pe_o + a_p + e_{ijklmnop} \quad (2.2)$$

onde:

$y_{ijklmnop}$ é a produção de leite diária;

TP_i é o efeito fixo do tipo de parto, $i = 1, 2$;

L_j é o efeito fixo da ordem de lactação, $j = 1, 2$;

YSL_k é o efeito fixo da interacção entre o ano e a estação de parto, $k = 1, 2, \dots, 13$;

YSC_l é o efeito fixo da interacção entre o ano e a estação em que o contraste leiteiro foi efectuado, $l = 1, 2, \dots, 12$;

C_m é o efeito fixo do contraste, $m = 1, 2, 3, 4, 5$;

R_n é o efeito aleatório do rebanho, $n = 1, 2, \dots, 172$;

pe_o é o efeito aleatório do ambiente permanente, representando o ambiente comum a todos os contrastes, $o = 1, 2, \dots, 878$;

a_p é o efeito genético aditivo directo (animal), $k = 1, 2, \dots, 1264$;

$e_{ijklmnop}$ é o efeito aleatório do erro, com distribuição normal com média zero e variância σ_e^2 .

Em notação matricial os modelos podem ser representados da seguinte forma:

$$y = Xb + Zu + e \quad (2.3)$$

onde:

y é o vector de observações;

b é vector dos efeitos fixos;

X é a matriz de incidência dos efeitos fixos;

u é o vector dos efeitos aleatórios;

Z é a matriz de incidência dos efeitos aleatórios;

e é o vector dos resíduos.

Neste modelo assume-se que: $Var(u) = G$, $Var(e) = R$ e $Cov(u, e') = 0$, pelo que $Var(y) = V = ZGZ' + R$. Foi, também, assumido que não existia co-variância entre os efeitos aleatórios dos modelos. Assim, no Modelo 2.1 a matriz G (2.4) continha as co-

variâncias do rebanho e do animal, onde A é a matriz de parentesco e I é a matriz identidade.

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_R^2 I & 0 \\ 0 & \sigma_A^2 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

No Modelo 2.2 a matriz G continha também a co-variância do efeito do ambiente permanente.

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_R^2 I & 0 \\ 0 & \sigma_A^2 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Em ambos os modelos, os resíduos apresentaram a mesma distribuição:

$$R = \sigma_e^2 I \quad (2.6)$$

2.2.4.1 Componentes de co-variância

Os componentes de co-variância foram estimados utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança restringida (REML, Neumaier & Groenveld, 1990) implementado no software VCE (2006) de acordo com o proposto por (Kovač *et al.*, 2002).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Qualidade do pedigree

Na tabela 2.1 apresenta-se a informação relativa ao grau de preenchimento do pedigree das cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana. Podemos observar que o pedigree continha 1264 animais (31 bodes e 1233 cabras), dos quais apenas 341 possuíam ambos os progenitores conhecidos e 488 apresentaram pai e mãe desconhecidos, estes representam a população base. Devemos salientar o reduzido número (0,6%) de animais com pai conhecido. O pedigree mostrou-se, também, pouco profundo, pelo que conduz à falta de ligações

genéticas entre os animais. De facto, dos 31 bodes do pedigree, apenas sete apresentaram pai e mãe conhecidos e apenas um apresentou avós conhecidos, onze não possuíam ancestrais conhecidos e os restantes apenas a mãe era conhecida. A falta de registos de pedigree e a utilização dos bodes, fundamentalmente, dentro dos rebanhos explicam as reduzidas ligações genéticas entre os rebanhos.

Tabela 2.1: Estrutura do pedigree dos animais utilizados neste trabalho

	N	%
Animais	1264	100
Ambos os pais desconhecidos	488	38,6
Ambos os pais conhecidos	341	27,0
Pai conhecido	8	0,6
Mãe conhecida	427	33,8

Na Tabela 2.2 apresentamos a evolução do número equivalente de gerações conhecidas (NEGC) e o número médio de ancestrais conhecidos (NMAC) da população de cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana incluídas no pedigree construído para este trabalho. Este parâmetro fornece informação sobre grau preenchimento do pedigree, indicando o número médio ancestrais conhecidos por geração.

O NEGC apresentou valores inferiores a 2 em todos os anos incluídos neste estudo, bem como apresentou oscilações ao longo dos anos em estudo. Estes resultados mostram, claramente, que são necessários esforços para melhorar a qualidade dos registos de pedigree pelos produtores de cabras de raça Serrana. De facto, esta informação é essencial para o estabelecimento de ligações genéticas, entre animais e entre explorações, que são essenciais para o desenvolvimento do plano de melhoramento genético da raça, mas também para a definição de estratégias de controlo do aumento da taxa de consanguinidade associada, necessariamente, à implementação do plano de melhoramento genético.

Apesar de baixo, nos últimos anos observa-se uma melhoria neste parâmetro, atingindo um valor máximo de 2,03 nas fêmeas, em 2011, e de 1,34 para os machos, em 2010. Entre 2009 e 2011, as melhorias observadas neste parâmetro estão associadas à implementação do programa de melhoramento genético da raça, para o qual se recorreu às técnicas de identificação de progenitores por DNA, bem como se observou um maior cuidado na recolha da informação genealógica por parte dos criadores, nomeadamente: no registo de

paternidades, no registo de cobrições e no registo de partos.

No que diz respeito ao NMAC, parâmetro que fornece, também, informação sobre grau preenchimento do pedigree, indicando o número médio ancestrais conhecidos, apresenta resultados semelhantes aos obtidos para o NEGC. Assim, o NMAC apresentou valores inferiores a 7 animais e, também, se observou uma grande variação ao longo dos anos.

Tabela 2.2: Número equivalente de gerações conhecidas (NEGC) e número médio de ancestrais conhecidos (NMAC) da população de cabras de raça Serrana - Ecótipo Transmontano

Ano de nascimento	Fêmeas		Machos	
	NEGC	NMAC	NEGC	NMAC
2004	1,08	2,3	1	2
2005	1,07	2,3	1,25	3
2006	1,11	2,4	1,15	2,6
2007	1,15	2,6	1,10	2,4
2008	1,26	3,1	1,27	3,2
2009	1,35	3,6	1,29	3,3
2010	1,31	3,5	1,34	3,6
2011	2,03	10	-	-

2.3.2 Consanguinidade

Apenas 3 animais foram identificados como consanguíneos, este resultado mostra, claramente, a falta de ligações genéticas entre os animais o que coloca um grande entrave ao desenvolvimento de plano de melhoramento genético. Estes resultados mostram a reduzida profundidade do pedigree e tiram importância a esta informação. De facto, os resultados de consanguinidade não reflectem o que acontece na realidade, sendo conhecido que alguns criadores apenas usam bodes criados na sua exploração. Este procedimento resulta do receio em adquirir machos portadores de brucelose, doença não erradicada no nosso país. Assim, as taxas de consanguinidade devem, necessariamente, ser mais elevadas, todavia o pedigree não as reflecte pois é pouco profundo e apresenta reduzidas ligações genéticas entre os animais do mesmo rebanho, bem como entre animais de rebanhos diferentes.

Numa população, o aumento do grau de parentesco médio aumenta a probabilidade de animais aparentados acasalarem entre si (Ontiveros *et al.* , 2009), pelo que é essencial, a curto prazo, dar vantagem reprodutiva aos animais que apresentam menor grau de parentesco, portanto com menores níveis de homozigotia, pois representam um maior número de animais fundadores.

Populações com pedigrees pouco profundos, tal como acontece na raça Serrana - Variedade Transmontana, a autozigotia é subestimada, pelo que é essencial, no curto prazo, melhorar a qualidade do pedigree da raça para implementar um plano de melhoramento efectivo e funcional. Por outro lado, esta informação é também crucial para controlar aumento da taxa de consanguinidade subjacente à selecção em programas de melhoramento genético. Assim, a implementação do plano de melhoramento genético necessita de informação de desempenho e de pedigree fidedigna de 3 a 5 gerações. Baumung & Sölkner (2003) mostraram que a informação extra, obtida pela utilização de mais de 5 gerações de pedigree, conduz, apenas, a melhorias marginais na previsão dos coeficientes de consanguinidade e de autozigotia das populações. Todavia, a presença de falsos progenitores no pedigree representa um problema mais grave, pois dificulta a identificação dos animais autozigóticos, pelo que é preferível utilizar pedigrees mais curtos, mas com informação correcta.

2.3.3 Intervalo entre gerações

Na Tabela 2.3 apresentamos o intervalo entre gerações para os quatro caminhos progenitor-descendente. Geralmente, os bodes iniciam a actividade reprodutiva um ano mais tarde do que as fêmeas, no entanto o caminho Pai-Pai apresentou um intervalo entre gerações ligeiramente inferior aos três caminhos alternativos. Mais uma vez, podemos atribuir este resultado à reduzida profundidade do pedigree da raça. O intervalo entre gerações é mais elevado no caminho Pai-Mãe e observa-se tendência, em todos os caminhos, para um aumento do intervalo entre gerações, facto que é difícil de explicar. Por outro lado, não temos segurança que estes resultados caracterizem a população pois o pedigree, como referido anteriormente, é pouco profundo, ou seja, muito incompleto.

Tabela 2.3: Intervalo entre gerações (L) para os quatro caminhos Progenitor-Descendente das cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana

Anos	Lpai-pai	Lpai-mãe	Lmãe-pai	Lmãe-mãe
2005-2006	1	3	2,52	3,25
2007-2008	2,33	3,62	3,09	3,54
2009-2010	3,62	3,62	3,76	3,13

2.3.4 Modelação dos efeitos fixos

A metodologia de modelos mistos foi utilizada para definir os efeitos fixos a incluir no modelo de avaliação genética. Nas Tabelas 2.4 e 2.5 apresentamos os resultados da análise de variância dos dois modelos testados. As diferenças entre as classes, dentro dos efeitos, mostraram-se todas significativamente diferentes e os modelos foram comparados pela estatística log-likelihood (LogLik). Assim, o Modelo 2.1 apresentou uma estatística LogLik de -509,5 (com 28 graus de liberdade) e o Modelo 2.2 apresentou uma estatística LogLik de -158,3 (com 34 graus de liberdade).

Tabela 2.4: Resultados da análise de variância para o Modelo 2.1

Fonte de variação	Gl	SQ	F
Tipo de parto	1	4,0	51,5
Ordem de parto	1	8,6	110,3
Interação Ano-Estação de parto	12	9,6	10,3
Interação Ano-Estação de contraste	11	9,1	10,7

Com base nestes resultados, o Modelo 2.2 foi considerado como aquele que apresentou melhor ajustamento aos dados, pelo que foi utilizado para estimar os componentes de variância no sub-secção 2.3.5 deste trabalho.

Tabela 2.5: Resultados da análise de variância para o Modelo 2.2

Fonte de variação	Gl	SQ	F
Tipo de parto	1	0,87	20,5
Ordem de parto	1	2,5	57,9
Interação Ano-Estação de parto	12	3,8	7,5
Interação Ano-Estação de contraste	11	6,5	13,8
Contraste	5	14,6	68,4

2.3.4.1 Tipo de parto

Na Figura 2.1 apresenta-se o efeito do tipo de parto na produção de leite. Como podemos observar, o tipo de parto influenciou a produção de leite e as cabras com partos múltiplos apresentaram maior produção de leite. Todavia, a produção de leite das cabras de partos triplos ou superiores não se mostrou diferente da produção de leite das cabras com partos duplos, pelo que o efeito do tipo de parto foi agrupado em duas categorias: partos simples e partos múltiplos.

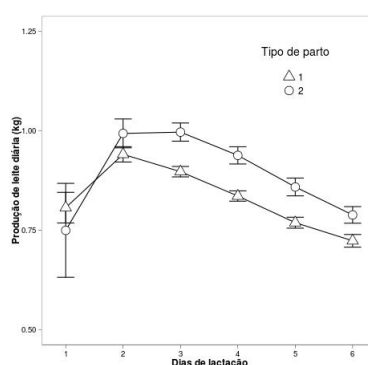


Figura 2.1: Efeito do tipo de parto na produção de leite das cabras de raça Serrana - Ecotipo Transmontana

2.3.4.2 Ordem de lactação

Na Figura 2.2 apresenta-se o efeito da ordem de lactação para a produção de leite. Como podemos observar pelos gráficos, a produção de leite na segunda e na terceira lactações não se mostrou diferente, pelo que o efeito da ordem de lactação foi agrupado em duas

categorias: primeira lactação e segunda e terceira lactações.

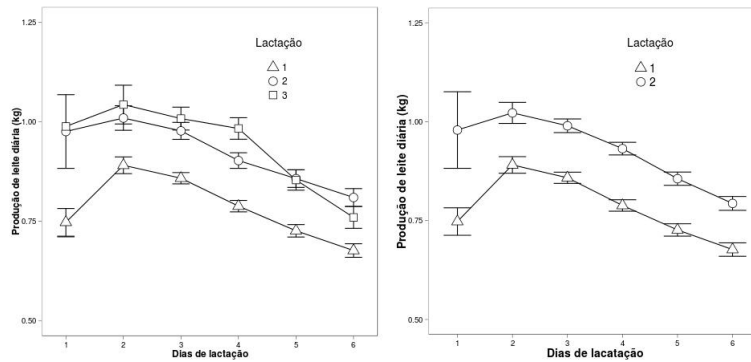


Figura 2.2: Efeito da ordem da lactação na produção de leite

2.3.4.3 Interação entre o ano e a estação de parto

Na Figura 2.3 apresenta-se o efeito da interação entre o ano e a estação de parto na produção de leite. Este efeito afecta a produção de leite pela acção da disponibilidade alimentar, que varia ao longo do ano. Por outro lado, a disponibilidade alimentar apresenta, também, uma grande variação entre anos (Figura 2.3), pelo que a inclusão deste o efeito no modelo de avaliação genética permite corrigir os dados para estes efeitos ambientais.

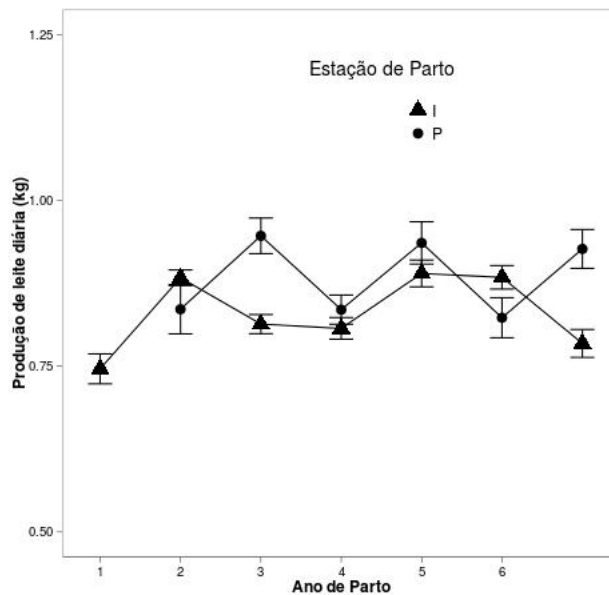


Figura 2.3: Efeito da estação do ano e do parto na produção de leite

2.3.4.4 Interação entre o ano e a estação de contraste

Na Figura 2.4 apresenta-se o efeito da interação entre o ano e a estação de contraste na produção de leite. Podemos constatar, que este efeito a produção de leite pela acção do sistema de manejo, disponibilidade alimentar e outros factores, aquando da realização do contraste. Este efeito apresentou, também, uma grande variação entre anos e entre estações de contraste, pelo que a sua inclusão no modelo de avaliação contribuiu para diminuir o erro do modelo e, desta forma, para melhorar a avaliação genética dos animais.

2.3.5 Estimativa dos componentes de variância

Na Tabela 2.6 apresentamos os componentes de variância para a produção de leite diária das cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana, estimados pelos Modelos 2.1 e 2.2. A produção de leite diária é um carácter com heritabilidade moderada (aproximadamente 0,30), neste trabalho os valores de heritabilidade estimados foram de 0,32 ($\pm 0,028$) para o Modelo 2.1 e de 0,18 ($\pm 0,039$) para o Modelo 2.2. Estes resultados corroboram os obtidos por outros investigadores (Baro *et al.*, 1994; Ligda *et al.*, 2000). É, no entanto, impor-

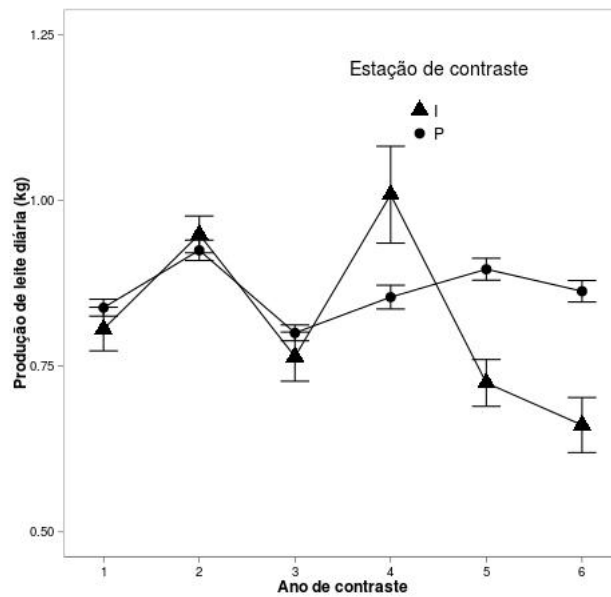


Figura 2.4: Efeito da interação entre o ano e a estação de contraste na produção de leite

tante salientar que estes resultados podem ser melhorados, através da melhoria da qualidade do pedigree, aumentando as ligações genéticas entre animais e entre rebanhos, bem como melhorando a qualidade dos dados de desempenho. A melhoria da informação contida nos contrastes leiteiros permitirá modelar a curva de lactação, com base na informação do tempo de lactação, através da introdução de modelos baseados nos contrastes leiteiros. Por outro lado, as estimativas da heritabilidade são específicas das raças e do sistema de produção a que as mesmas são submetidas. Assim, a melhoria do sistema de produção, ou seja a melhoria das condições ambientais, conduz a um aumento das estimativas da heritabilidade tal com referido por Van Vleck *et al.* (1988). De facto, estes autores observaram, em vacas leiteiras, um aumento da heritabilidade com o aumento do nível produtivo, este associado uma melhoria do manejo. Neste trabalho, as ligações genéticas entre animais e rebanhos foi baixa, pelo que estes resultados são explicados por esta falta de ligações genéticas.

Tabela 2.6: Componentes de variância para a produção de leite das cabras de raça Serrana - Variedade Transmontana

Modelo	h^2	Rebanho	pe	Resíduos
1	0,32±0,028	0,04±0,022	-	0,65±0,021
2	0,18±0,039	0,05±0,024	0,24±0,034	0,52±0,039

2.4 Conclusões

Os resultados mostram que o pedigree da raça Serrana - Ecótipo Transmontano é pouco profundo, apresentado poucas ligações genéticas entre animais e entre rebanhos. Assim, é essencial definir um plano de acasalamentos dirigidos que garantam o conhecimento da paternidade dos animais. Esta informação será útil para aumentar as ligações genéticas, entre animais e entre rebanhos, necessárias ao plano de melhoramento, bem como para minimizar o aumento da taxa de consanguinidade.

Os resultados obtidos na estimativa dos componentes de variância mostram que o Modelo 2.2 poderá ser utilizado para seleccionar os reprodutores. De facto, este modelo inclui o estágio de lactação como um efeito fixo, agrupado em classes de 30 dias, pelo que permite a utilização dos contrastes leiteiros diários para seleccionar os reprodutores de raça Serrana - Variedade Transmontana. Por outro lado, a melhoria dos dados de pedigree e de contrastes leiteiros permitirão, no futuro, implementar, de forma simples, um modelo de selecção baseado nos contrastes leiteiros e modelando a lactação por regressão fixa ou aleatória, metodologias actualmente em vigor em grande número de países que seleccionam para carateres de produção leiteira.

A heritabilidade encontrada no Modelo 2.2 foi moderada (0,18), todavia o ambiente permanente explicou 24% da variação da produção de leite, pelo que esta informação complementa a obtida pela heritabilidade. Assim, numa primeira fase os candidatos à selecção podem ser escolhidos pela combinação da informação da heritabilidade e do ambiente permanente.

A variância residual explicou 52% da variância fenotípica da produção de leite, pelo que é necessário desenvolver mais estudos tendo em vista reduzir a variância residual do Modelo.

Esta nova aproximação representa uma alternativa, viável, ao modelo baseado na produ-

ção de leite total da lactação normalizada, actualmente em uso no plano de melhoramento da raça Serrana. De facto, a inclusão da informação relativa aos efeitos ambientais específicos das classes (30 dias de intervalo) de contrastes leiteiros melhora a precisão dos modelos, pois os dados são ajustados de forma mais eficiente para os efeitos ambientais específicos ao longo da curva de lactação.

Bibliografia

- Ali, A. K., Mohammad, W. A., Grossman, M., Shanks, R. D., & Wiggans, G. R. 1983. Relationships among lactation and reproduction traits of dairy goats. *J Dairy Sci*, **66**(9), 1926–1936.
- Ali, T. E., & Schaeffer, L. R. 1987. Accounting for covarainces among test day milk yields in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, **67**, 1233–1240.
- Almendra, L. 1994. *Agricultura Transmontana*. ANCRAS.
- Almendra, Luis Filipe. 1991. *Caprinos de Raça Serrana*. Ancras.
- Almendra, Luís. 1992. Agro-pecuária das raças autóctones contribui para o equilíbrio rural. *Força Agrícola*, **ANO II**.
- ANCRAS. 2012. *Base de dados do Livro Genealógico*.
- Andonov, S., Kovač, M., Kompan, D., & Džabirski, V. 1998. Estimation of covariance components for test day production in dairy goat. *In: 5th World Congress of Genetic Applied to Livestock Production, Guelph, 7-12 Aug. 1994, Vol 18. Guelph, University of Guelph: 111–114.*
- Andonov, S., Odegard, J., Boman, I. A., Svendsen, M., Holme, I. J., Adnoy, T., Vukovic, V., & Klemetsdal, G. 2007. Validation of test-day models for genetic evaluation of dairy goats in Norway. *Journal of Dairy Science*, **90**(10), 4863–4871.
- Baro, J. A., Carriedo, J. A., & San Primitivo, F. 1994. Genetic parameters of test day measures for somatic cell count, milk yield, and protein percentage of milking ewes. *Journal of Dairy Science*, **77**, 2658–2662.

- Bates, Douglas, Maechler, Martin, & Bolker, Ben. 2011. *lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes*. R package version 0.999375-42.
- Baumung, R., & Sölkner, J. 2003. Pedigree and marker information requirements to monitor genetic variability. *Genetic Selection and Evolution*, **35**, 369–383.
- Bett, R. C., Kosgey, I. S., Kahi, A. K., & Peters, K. J. 2009. Analysis of production objectives and breeding practices of dairy goats in Kenya. *Trop Anim Health Prod*, **41**(3), 307–320.
- Boichard, D. 2002a. PEDIG: a fortran package for pedigree analysis suited to large populations. *Pages paper 28–13 of: 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*.
- Boichard, D. 2002b. Pedig: a fortran package for pedigree analysis suited to large populations. *Pages paper 28–13 of: 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*.
- Boichard, D., Maignel, L., & Verrier, E. 1996. Analyse généalogique des races bovines laitières francaises. *INRA Productions Animales*, **9**(5), 323–335.
- Boichard, D., Maignel, L., & Verrier, E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genetic Selection and Evolution*, **29**, 5–23.
- Bozzi, R., Franci, O., Forabosco, F., Pugliese, C., Crovetto, A., & Filippini, F. 2006. Genetic variability in three Italian beef cattle breeds derived from pedigree information.
- Caballero, A., & Toro, M.A. 2000. Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations. *Genetical Research*, **75**(03), 331–343.
- Cardigos, Leonel Rosa. 1981. Caracterização étnica das populações caprinas nacionais e sistemas de manejo. *In: SPO*.
- DGV. 1987. *Recursos Genéticos, Raças Autóctones, Espécies Ovina e Caprina*. Direcção Geral de Pecuária.

- Djellali, A., Vu Tien Khang, J., Rochambeau, H., & de Verrier, E. 1994. Bilan génétique des programmes de conservation des races ovines Solognote et Mérinos Précoce. *Genetic Selection and Evolution*, **26**(suppl. 1), 255–265.
- Falconer, D. S., & Mackey, T. F. C. 1996. *Introduction of quantitative genetics*. Harlow, UK Longman. 340 p.
- Ferreira, L. S. 1985 (12-14 de Maio). A situação actual e as acções do saneamento pecuário para promover o desenvolvimento das explorações ovinas e caprinas. *In: I Jornadas Sobre Sanidade Ovina e Caprina*.
- Finley, C. M., Thompson, J. R., & Bradford, G. E. 1984. Age-parity-season adjustment factors for milk and fat yields of dairy goats. *J Dairy Sci*, **67**(8), 1868–1872.
- Fonseca, A.P. D. 1988. *Contributo Para a Avaliação de Raças Caprinas Portuguesas nos seus Sistemas de Produção*. Faculdade de Medicina Veterinária.
- Grossman, M., Fernando, R. L., Mohammad, W. A., Ali, A. K., & Shanks, R. D. 1986. Correlations between parities for lactation traits in United States dairy goats. *J Dairy Sci*, **69**(7), 1917–1921.
- Henderson, C. R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. *In: Proceedings of Animal Breeding and Genetic Symposium in Honor of J. L. Lush*. ASAS, Champaign, IL, 23p.
- ICAR. 2004. *Recording of small ruminants*.
- ICAR. 2006. International agreement of recording practices. *Finland, Kuopio: 475 p*, 9.
- Iloeje, M. U., Rounsaville, T. R., McDowell, R. E., Wiggans, G. R., & Van Vleck, L. D. 1980. Age-season adjustment factors for Alpine, LaMancha, Nubian, Saanen, and Toggenburg dairy goats. *Journal of Dairy Science*, **63**, 1390–1316.
- Iloeje, M. U., Van Vleck, L. D., & Wiggans, G. R. 1981. Components of variance for milk and fat yields in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, **64**, 2290–2293.

- Interbull. 2000. National genetic evaluation programmes for dairy production traits practiced in Interbull member countries 1999–2000. *In: Uppsala, International Bull Evaluation Service. (INTERBULL Bul. No. 24).*
- Irano, Natália. 2012. Parâmetros genéticos para a produção de leite em caprinos das raças Saanen e Alpina. *Revista Ciência Agronômica*, v. **43**, n. **2**, 376–381, abr–jun, 2012.
- Jamrozik, J., Schaeffer, L. R., & Dekkers, J. C. M. 1997. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. *Journal of Dairy science*, **80**, 1217–1226.
- Jensen, J. 2001. Genetic evaluation of dairy cattle using test-day records. *Journal of Dairy Science*, **84**, 2803–2812.
- Keown, J. F., Everett, R. W., Empet, N. B., & Wadell, L. H. 1986. Lactation curves. *Journal of Dairy Science*, **69**, 769–781.
- Kovač, M., Groeneveld, E., & Garcia Cortes, L.A. 2002. VCE-5 User's a package for the estimation of dispersion parameters. *In: : 7th World Congress on genetic Applied to Livestock Production Montpellier, 19-23 Aug. 2002. Vol. 33. Montpellier, Castanet-Tolosan, INRA: 741–742.*
- Lacy, R. C. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: founder equivalentes and founder genome equivalentes. *Zoo Biol*, 111–123. Não tenho este artigo.
- Ligda, Ch., Gabriilidis, G., Papadopoulos, Th., & Georfoudis, A. 2000. Estimation of genetic parameters for production traits of Chios sheep using a multitrait animal model. *Livesctock Production Science*, **66**, 217–221.
- Lush, J.L. 1945. Animal breeding plans. *Animal breeding plans*.
- Malécot, G. 1948. *Les mathématiques de l'hérédité*. Paris: Masson and Cie.
- Meyer, K., Graser, H. U., & Hammond, K. 1989. Estimates of genetic parameters for first lactation test day production of Australian Black and White cows. *Livestock Production*, **21**, 177–199.

- Miranda do Vale. 1949. *Zootecnia antiga*.
- Morand-Fehr, P. 1981. Métodos de Alimentação dos jovens caprinos. *In: SPO*.
- Mrode, R. A., Swanson, G. J. T., & Lindberg, C. M. 2002. Efficiency of part lactation test day records for genetic evaluations using fixed and random regression models. *Animal Science*, **74**, 189–197.
- Neumaier, A., & Groenveld, E. 1990. Restricted maximum likelihood estimation is sparse linear models. *Genetic Selection and Evolution*, **30**, 3–26.
- Ontiveros, Y.V., Méndez, J.A., Román, R., Isea, W., Contreras, G., Zambrano, S., & Jordana, J. 2009. Pedigree Analysis in Criollo Limonero. *Revista Científica*, **18**(3).
- Pereira, A. Silva. 1992. *Higiene e sanidade animal - Fundamentos da produção pecuária*. Publicações Europa-América.
- Pinto, D. A. 1914. *Breves Considerações Sobre o Gado Caprino*. Porto: Imprensa Civilização.
- Ptak, E., Horst, H., & Schaeffer, L.R. 1993. Interaction of age and month of calving for production traits of Ontario Holsteins. *Journal of Dairy Science*, **76**, 3792–3798.
- Ptak, Ewa, & Schaeffer, L. R. 1993. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. *Livestock Production Science*, **34**, 23–34.
- R Core Team. 2012. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Reents, R., & Dopp, L. 1995. Genetic evaluation for dairy production traits with a test day model for multiple lactations. *In: Interbull Meeting, Prague, 7-8 Sept. 1995. Uppsala, International Bull Evaluation Service. (INTERBULL Bul. No. 11: 113–117)*.
- Rekik, B., BenGara, A., Ben Hamouda, M., & Hammami, H. 2003. Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia. *Livestock Production Science*, **83**, 309–315.

- Sales, L. S. 1978. *A cabra produtiva*. Lisboa: Litexa.
- Schaeffer, L. R., & Dekkers, J. C. M. 1994. Random regressions in animal models for test-day production in dairy cattle. *In: 5th World Congress of Genetic Applied to Livestock Production, Guelph, 7-12 Aug. 1994, Vol 18. Guelph, University of Guelph: 443–446.*
- Schaeffer, L. R., & Jamrozik, J. 1996. Multiple-trait prediction of lactation yields for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **38**, 2044–2055.
- Schaeffer, L. R., & Sullivan, B. P. 1994. Genetic evaluation of dairy goats using test day yields. *Pages 182–185 of: 5th World Congress of Genetic Applied to Livestock Production, Guelph, 7-12 Aug. 1994, Vol 18. Guelph, University of Guelph: 182–185, vol. 18. Guelph, University of Guelph.*
- Swalve, H. H. 1995a. The effect of test day models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yield traits. *Journal of Dairy Science*, **78**, 929–938.
- Swalve, H. H. 1995b. Test day models in the analysis of dairy production data - a review. *Archiv fur Tierzucht*, **38**, 591–612.
- Swalve, H. H. 1998. Use of test day records for genetic evaluation. *In: : 6th World Congress of Genetic Applied to Livestock Production, Armidale, 11–16 Jan. Vol. 23. Armidale: 295–302, vol. 23.*
- Swalve, H. H. 2000. Theoretical basis and computational methods for different test-day genetic evaluation methods. *Journal of Dairy Science*, **83**, 1115–1124.
- Swalve, H.H. 1994. Estimation of breeding values using testday models. *In: : Interbull Meeting, Ottawa, 5-6 Aug.1994. Uppsala, International Bull Evaluation Service. (INTERBULL Bul. No. 10: 4pp).*
- Van Vleck, L. D., Dony, M. C., & Wiggans, G. R. 1988. Genetic (co)variances for milk and fat yield in California, New York and Wisconsin for an animal model by restricted maximum likelihood. *Journal of Dairy Science*, **71**, 3053–3060.
- VCE. 2006. *VCE-6, Variance components estimation.*

- Vieira de Sá. 1990. *A Cabra*. Classica Editora.
- Walter, J. P., & Mao, I. L. 1985. Multiple and single trait analyses for estimating genetic parameters in simulated populations under selection. *Journal of Dairy Science*, **68**, 91–98.
- Wiggans, G. R. 1981. Smoothed age-season adjustment factors for dairy goat lactation milk and fat records: a model evaluation of dairy goats for milk, fat, and protein yields with crossbred animals included. *Journal of Dairy Science*, **64**(9), 350–352.
- Wood, P. D. P. 1976. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production with estimates of seasonal variation. *Animal Production*, **22**, 35–40.
- Wright, S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Am. Nat.*, **64**, 330–338. Não tenho.
- Wright, S. 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, **16**(2), 97.