

MÁRIO LUIZ SANTANA JÚNIOR

**PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE
TOUROS E VACAS GIR LEITEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, para
obtenção do título de “Magister
Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

2009

MÁRIO LUIZ SANTANA JÚNIOR

**PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS
DE TOUROS E VACAS GIR LEITEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, para
obtenção do título de “Magister
Scientiae”.

APROVADA: 20 de janeiro de 2009

Dr. Rui da Silva Verneque
(Co-orientador)

Prof. Paulo Luiz Souza Carneiro

Prof. Giovanni Ribeiro de Carvalho

Dra. Maria Gabriela Campolina
Diniz Peixoto

Prof. Paulo Sávio Lopes
(Orientador)

Aos meus pais Mário e Janice, pelo apoio incondicional, por minha formação e pelo grande amor que me tem.

A minha noiva Míriam, que sempre esteve ao meu lado durante esta caminhada, pelo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais Mário e Janice, que não mediram esforços para que eu pudesse chegar onde cheguei. Por todo o amor e carinho que me dedicam. Por minha educação. Por estarem sempre ao meu lado e sempre torcerem por mim.

A minha noiva Míriam, pelo amor, carinho e compreensão. Por fazer de mim uma pessoa melhor. Por estar sempre comigo, superando cada obstáculo e me ajudando a vencer.

À Universidade Federal de Viçosa, que possibilitou a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

À Embrapa Gado de Leite pela cessão do banco de dados, dando condições à realização do presente trabalho.

Às centrais de inseminação artificial: Bela Vista, CRV Lagoa, Sembra, ABS Pecplan, Nova Índia e Sersia pela concessão dos dados.

À Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL), em especial ao André Rabelo Fernandes, pelo apoio à realização deste trabalho.

Ao meu orientador, professor Paulo Sávio Lopes, com quem muito aprendi. Pela orientação desde a graduação. Pela amizade e confiança.

Ao pesquisador da Embrapa Gado de Leite, e amigo, Rui da Silva Verneque. Pelos conselhos, ensinamentos, incentivo e exemplo.

Aos amigos da Embrapa Gado de Leite Roberto Luiz Teodoro, Maria Gabriela e José Geraldo pela agradável convivência.

Aos professores Robledo de Almeida Torres e Ricardo Frederico Euclides, pela valiosa orientação, amizade e confiança.

Aos professores Giovanni Carvalho e Paulo Carneiro pela amizade e valiosas sugestões.

Ao amigo Leandro Barbosa, pelo grande auxílio.

Ao grande amigo Rodrigo Junqueira Pereira, também amante do Gir e dos pássaros, por todas as sugestões. Pelas proveitosas discussões imprescindíveis à realização deste trabalho. Pela agradável convivência e por todos os momentos de descontração.

Aos grandes amigos Ana Lúcia Puerro de Melo, Abelardo Mendonça (Tia Branca e Tio Júlio), Marjorie Angelini, Gilberto Romeiro, Marcos Lagrotta e Ana Carolina Vasques, por todos os inesquecíveis bons momentos que passamos juntos durante estes 7 anos de Viçosa.

A todos os amigos do Melhoramento Genético Animal da UFV, pelos aprendizados e excelente convívio.

A todos os professores e funcionários do departamento de Zootecnia que contribuíram para minha formação.

A todos que de alguma forma, contribuíram para minha formação e para a concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Mário Luiz Santana Júnior, filho de Mário Luiz Santana e de Janice Claret de Freitas Santana, nasceu na cidade de Itaúna, no estado de Minas Gerais, em 10 de julho de 1982.

Em maio de 2002 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de Zootecnista em março de 2007.

Em abril de 2007, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Melhoramento Genético Animal, na Universidade Federal de Viçosa.

Em janeiro de 2009, submeteu-se à defesa da dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1. CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS.....	4
1.1 Idade à puberdade e maturidade sexual.....	4
1.2 Idade ao primeiro parto.....	5
1.3 Perímetro escrotal.....	6
1.4 Avaliação das características do sêmen.....	7
2. CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS.....	9
2.1 Correlações entre perímetro escrotal e características seminais.....	9
2.2 Correlações entre características seminais.....	10
2.3 Correlações entre características reprodutivas de machos e fêmeas.....	11
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO 1 - PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DO SÊMEN E PERÍMETRO ESCROTAL DE TOUROS GIR LEITEIRO.....	20
<i>RESUMO</i>	20
CHAPTER 1 - GENETIC PARAMETERS OF SEMEN TRAITS AND SCROTAL CIRCUMFERENCE OF DAIRY GYR BULLS.....	21
<i>ABSTRACT</i>	21
Introdução.....	22
Material e Métodos.....	23
Resultados e Discussão.....	28
Conclusões.....	33
Referências Bibliográficas.....	34
CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE TOUROS E VACAS GIR LEITEIRO.....	37
<i>RESUMO</i>	37
CHAPTER 2 – GENETIC PARAMETERS FOR FEMALES AND MALES REPRODUCTIVE TRAITS OF DAIRY GYR BREED.....	38
<i>ABSTRACT</i>	38
Introdução.....	39
Material e Métodos.....	40
Resultados e Discussão.....	46
Conclusões.....	55
Referências Bibliográficas.....	56
ANEXO.....	59

RESUMO

SANTANA JÚNIOR, Mário Luiz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2009. **Parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros e vacas Gir Leiteiro**. Orientador: Paulo Sávio Lopes. Co-orientadores: Robledo de Almeida Torres e Rui da Silva Verneque.

Informações de 2.274 coletas de sêmen de 200 touros, 7.055 medidas de idade ao primeiro parto (IPP) de fêmeas e 141 medidas de perímetro escrotal (PE) foram utilizadas para se determinar parâmetros genéticos para características reprodutivas de touros e vacas Gir Leiteiro. Foi também avaliada a tendência genética da IPP. Para os touros, foram avaliados aspectos físicos do sêmen tais como volume (VOL), concentração (CONC), vigor (VIG), motilidade (MOT), aspectos morfológicos como defeitos maiores (DMA) e menores (DME). O modelo estatístico usado para estudar as características do sêmen incluiu o efeito fixo de central-ano-época de coleta de sêmen e idade à coleta como covariável, com efeitos linear e quadrático. Para o PE, o modelo estatístico incluiu os efeitos fixos época e ano do nascimento, classe de idade à medição do perímetro e central de inseminação. Para IPP nas fêmeas, o modelo estatístico incluiu o efeito fixo rebanho-ano-estação de nascimento. Os modelos incluíram ainda os efeitos aleatórios de animal e residual, além do efeito aleatório de ambiente permanente para o modelo de características do sêmen. Os componentes de (co)variância foram estimados utilizando-se o método da máxima verossimilhança restrita, em análises uni-característica. As estimativas das tendências genéticas para a característica IPP foram obtidas por meio da análise de regressão dos valores genéticos sobre o ano de nascimento dos animais. As estimativas das herdabilidades das características do sêmen foram baixas a moderadas (0,03 a 0,27), as correlações genéticas entre estas características foram baixas a altas (0,01 a 0,88), e em geral favoráveis. O PE apresentou correlações genéticas favoráveis com as características do sêmen. As herdabilidades para PE e IPP foram, respectivamente, 0,37 e 0,22. A tendência genética para IPP apresentou-se significativa, com valor estimado de -0,018 meses/ano, mostrando que praticamente não houve progresso genético nesta característica ao longo dos anos estudados. As correlações genéticas entre PE e volume, concentração, vigor, motilidade, defeitos maiores, menores, totais, número de doses, número total de espermatozóides viáveis e IPP, foram de 0,33; 0,22; 0,91; 0,86; -0,07; -0,03; -0,04; 0,30; 0,23 e -0,37, respectivamente. Desta forma, devem ser

definidas estratégias de seleção das características de qualidade de sêmen, visando maior ganho em reprodução. O PE pode ser utilizado para a seleção de touros Gir Leiteiro de maior qualidade seminal. Esses resultados sugerem ainda melhorias na eficiência reprodutiva de fêmeas quando forem utilizados nos rebanhos touros com maiores PE.

ABSTRACT

SANTANA JÚNIOR, Mário Luiz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January 2009. **Genetic parameters for reproductive traits of bulls and cows Dairy Gyr breed.** Adviser: Paulo Sávio Lopes. Co-Advisers: Robledo de Almeida Torres and Rui da Silva Verneque.

Data of 2,274 semen output from 200 sires, 7,055 measurements of age at first calving (AFC) from females and 141 measurements of scrotal circumference (SC) were used to determine genetic parameters for reproductive traits of males and females of Dairy Gyr breed. Were studied physical aspects such as volume (VOL), concentration (CONC), vigor (VIG), motility (MOT), and morphological aspects as major defects (MAD) and minor defects (MID). The statistic model for seminal traits included the fixed effect of AI company-year-season at semen output and age as covariate, with linear and quadratic effects. For scrotal circumference, the statistic model included the fixed effects of season and year of birth, age class at measurement and AI company. For AFC in females, the statistic model included herd-year-season of birth. The models also included the random effects of animal and residual, and permanent environment effect for seminal traits model. Covariance components were estimated by REML, in single trait analyses. The genetic trends for AFC were estimated by linear regression of the breeding values on year of birth of the animals. The estimates of heritability of seminal traits were low to moderate (0.03 to 0.27), the genetic correlations were low to high (0.01 to 0.88), and generally favorable. The SC presented favorable genetic correlation with seminal traits. The heritability for SC and AFC were, respectively, 0.37 and 0.22. The genetic trend were significant, with value estimated of -0.018 kg/year and shows that has not occurred genetic progress in this trait over the years studied. The genetic correlations between SC with volume, concentration, vigor, motility, major defects, minor defects, total defects, doses number, total number of feasible spermatozoid and AFC, were 0.33; 0.22; 0.91; 0.86; -0.07; -0.03; -0.04; 0.30; 0.23 and -0.37, respectively. Strategies should be set for seminal traits selection, toward gains in reproduction. The SC can be used for selection of higher quality semen in Dairy Gyr bulls. These results suggest that genetic gains should be realized in reproductive efficiency of females when bulls with greater SC were used in herds.

INTRODUÇÃO GERAL

A raça Gir é originária da península de Kathiawar, na Índia, sendo neste país considerada de dupla aptidão, por ser utilizada para o trabalho de tração e produção de leite. As importações dessa raça para o Brasil ocorreram entre 1906 e 1962.

Atualmente a raça Gir tem grande representatividade no Brasil, principalmente por meio de cruzamentos, estando presente em mais de 80% dos rebanhos leiteiros nacionais. A grande aceitação da raça pelos criadores deve-se principalmente à sua adaptabilidade aos inúmeros sistemas de produção e à rusticidade.

Em 1985, foi criado o Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro, executado pela Embrapa Gado de Leite em parceria com a Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL), com vistas à seleção principalmente para produção de leite na raça. Dados de características de produção, conformação, manejo e reprodução são coletados e avaliados. Do total de sêmen nacional de bovinos leiteiros comercializado no país, mais da metade provém da raça Gir Leiteiro (ASBIA, 2007).

Com a maior difusão das tecnologias reprodutivas, ressaltando-se a inseminação artificial, a fertilização *in vitro* e a transferência de embrião, as características reprodutivas têm recebido maior atenção. São inúmeras as vantagens de utilização dessas técnicas - menor risco de disseminação de doenças, prevenção de acidentes com as vacas pelo uso de touros muito pesados, maior difusão do material genético melhorado, possibilidade de maior controle zootécnico do rebanho e uso de touros que já morreram.

Para melhorar a rentabilidade da atividade, os produtores de leite têm procurado formas para melhorar o desempenho zootécnico de seus animais, como também reduzir os custos do sistema de produção.

O desempenho reprodutivo de um rebanho leiteiro está diretamente ligado à eficiência econômica e produtiva do sistema. A conscientização sobre a importância das características reprodutivas vem se difundindo cada vez mais, mesmo que ainda esteja longe de atingir um patamar ideal. Em se tratando de sistemas de gado de corte, a preocupação com a reprodução é mais generalizada. Este interesse é muitas vezes impulsionado pelos sistemas de criação sob monta natural, que são em geral aplicados a estes rebanhos, os quais exigem animais eficientes reprodutivamente para que se possa obter maior número de crias por unidade de tempo. Este objetivo é compartilhado com os sistemas leiteiros, embora muitos simplesmente o ignorem.

O que em geral ocorre, é que os custos da ineficiência reprodutiva dos rebanhos leiteiros são diluídos nas demais fontes de custo do sistema. Uma vaca de leite que não procria todo ano tem maior probabilidade de permanecer no rebanho do que uma vaca de corte, pela maior interação homem-animal, em que se cria maior vínculo entre os mesmos, o que impede ou retarda em algumas ocasiões o descarte do animal no momento adequado. A vaca de leite ainda pode permanecer no rebanho, mesmo com deficiência reprodutiva, quando produz quantidade suficiente de leite para compensar seus custos.

Em razão das evidências mencionadas, a grande maioria dos trabalhos científicos para estudo de características reprodutivas em bovinos para fins de melhoramento genético, se restringem a animais de corte. Muitos dos trabalhos encontrados na literatura internacional têm priorizado também bovinos de corte. Desse modo, há necessidade de se realizar trabalhos com bovinos leiteiros em condições edafoclimáticas, de manejo e genética brasileiras.

Embora se tenha feito muito pela raça Gir, existem poucos estudos sobre suas características reprodutivas. Devido a sua grande importância para a pecuária leiteira nacional, uma avaliação minuciosa de suas características reprodutivas possibilitaria melhorias nos índices reprodutivos da raça e de seus cruzamentos.

As principais restrições à incorporação das características reprodutivas nos objetivos de seleção em gado de leite é a inexistência de estimativas de correlações e parâmetros genéticos e, maior ênfase na seleção de características produtivas.

Pela maior intensidade de seleção que se aplica sobre os touros, parece ser mais fácil e vantajoso selecioná-los por meio da eficiência reprodutiva do rebanho. Assim, grande parte dos programas de melhoramento genético tem assumido esta premissa.

O perímetro escrotal tem sido a característica mais utilizada para a avaliação da eficiência reprodutiva dos touros. Esta medida está relacionada, em geral, com a qualidade do sêmen e a fertilidade em ambos os sexos.

A qualidade do sêmen é outro indicador da eficiência reprodutiva dos touros, podendo ser avaliada precisamente pelo exame andrológico, permitindo conhecer o potencial reprodutivo do animal. Uma melhor investigação sobre o relacionamento existente entre estas características poderia ser muito útil para se selecionar animais geneticamente e reprodutivamente superiores. Segundo Pereira (2001), as diferenças genéticas em fertilidade podem surgir de variação genética entre fêmeas ou de variação genética na qualidade do sêmen dos reprodutores com os quais se acasalam.

Atualmente, algumas das características reprodutivas mais trabalhadas em melhoramento genético de bovinos são a idade à puberdade, idade ao primeiro parto, intervalo de partos e a duração da gestação nas fêmeas. Nos machos, o perímetro escrotal e características de qualidade do sêmen têm recebido maior atenção.

Objetivou-se com este trabalho estimar parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros e vacas Gir Leiteiro.

REVISÃO DE LITERATURA

1. CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS

1.1 Idade à puberdade e maturidade sexual

A idade à puberdade em gado de leite é uma característica grande importância para o sistema de produção. O uso de animais mais precoces sexualmente permite ao produtor reduzir custos da atividade e obter retorno econômico mais rapidamente.

A idade à puberdade nos tourinhos é definida por Jainudeen & Hafez (2004), como a idade em que o ejaculado contém espermatozóides suficientes para emprenhar uma vaca. Segundo Almquist & Amann (1962), é a idade na qual aparecem os primeiros espermatozóides móveis no ejaculado. O aumento da secreção de hormônio luteinizante (LH) estimula o desenvolvimento das gônadas, iniciando a produção de testosterona e assim a atividade reprodutiva.

A puberdade das novilhas ocorre em uma idade fisiológica diferente da idade cronológica. Sendo assim, o peso é o melhor indicador da maturidade sexual do animal, por estar mais relacionado ao desenvolvimento fisiológico. A idade cronológica não deve ser preconizada para se avaliar a aptidão reprodutiva da novilha. As novilhas alcançam a puberdade no seu primeiro cio, não significando necessariamente a ocorrência da primeira ovulação. Antes mesmo que o sistema reprodutivo esteja apto a exercer suas funções plenas, é comum que ocorram ciclos curtos acompanhados de cios anovulatórios.

A idade à puberdade nos animais zebuínos ocorre, em geral, entre 12 e 16 meses. Vale Filho et al. (1993) relataram que, nos machos, os primeiros espermatozóides surgiram no ejaculado aos 12 meses em animais Zebu. Já Freneau et al. (2006) observaram que em touros da raça Nelore a pasto no Brasil-Central, o aparecimento dos primeiros espermatozóides móveis no ejaculado ocorreu aos 13,6 meses, com 82,6% dos animais atingindo a puberdade aos 16 meses de idade.

O fator nutricional tem também grande influência para a ocorrência da puberdade. A melhor nutrição dos animais antecipa a puberdade e possibilita a redução da idade ao primeiro parto. No que diz respeito aos fatores genéticos, pode-se ressaltar a importância da raça ou composição genética sobre a idade à puberdade (Wiltbank et al., 1966; Preston & Willis, 1970; Gregory et al., 1991). Constatou-se ainda maior idade à puberdade para animais de raças zebuínas em relação às de

origem européia, já que evolutivamente os zebuínos, que são oriundos de regiões áridas, quentes e com restrições alimentares, desenvolveram mais seu lado adaptativo que reprodutivo. A heterose também é considerada um fator relevante, já que são observadas menores idades à puberdade para animais cruzados europeu x zebu em relação a cada um dos dois grupos genéticos (Restle et al, 1999). Adicionalmente, o manejo do lote de animais, eficiência na detecção do cio, sanidade do rebanho, composição corporal, endogamia e o meio ambiente como um todo, constituem alguns dos inúmeros aspectos a serem levados em conta para se poder inferir sobre a expressão da característica no animal.

A maturidade sexual, segundo Vale Filho (1989), ocorre com aumento progressivo da concentração espermática no ejaculado, até estabilização por volta de 8×10^9 células, com motilidade progressiva igual ou maior que 65% e vigor 5, numa escala de 0 a 5. Ainda, a porcentagem de defeitos maiores nos espermatozoides não deve exceder 15% e defeitos totais, 30%.

A associação entre motilidade e morfologia espermática, em tourinhos com bom desenvolvimento testicular e libido normal, é um dos principais critérios utilizados como marcadores andrológicos para determinar a maturidade sexual dos mesmos (Silva, 2007).

Conforme estudo de Vale Filho et al. (1993), foi observado que touros Nelore criados a pasto, atingiram a maturidade sexual aos 24 meses de idade. Já tourinhos da raça Gir, submetidos à dieta com ração balanceada, a maturidade foi atingida aos 20 meses de idade. Também foi possível verificar que em geral, os touros mais jovens e com desenvolvimento testicular rápido tendem a ter alta produção espermática e maturidade sexual precoce.

1.2 Idade ao primeiro parto

A idade ao primeiro parto é uma das características de maior relevância para o desempenho reprodutivo do rebanho leiteiro, estando intimamente relacionada com a puberdade, taxa de crescimento pré e pós desmama, maturidade sexual e aparecimento do primeiro cio fértil. A vaca que pare mais cedo fica menos ociosa no rebanho, tem maior vida reprodutiva e produtiva. Para que isso de fato ocorra, é necessário que seu desenvolvimento reprodutivo seja eficiente, chegando à puberdade mais precocemente. Segundo Pereira (2001), relações genéticas negativas são encontradas entre a taxa de crescimento e idade à primeira parição, sinalizando

que novilhas com maior velocidade de ganho de peso tendem a alcançar idades à puberdade e ao primeiro parto mais precocemente.

A relação entre características reprodutivas e produtivas tem sido intensamente estudada, devido à sua importância e complexidade. Com relação à idade ao primeiro parto na raça Gir, Balieiro et al.(2003) encontraram correlação genética favorável (-0,29) entre produção de leite em até 305 dias e idade ao primeiro parto, indicando que a seleção para a produção de leite pode reduzir a idade à primeira parição. Relação esta, que segundo Pereira (2001), pode se tornar antagônica após a primeira parição, como resultado do estresse que emerge da produção de leite e ainda da possível ação pleiotrópica de genes atuando em idades distintas da vida do animal.

Em geral as características reprodutivas são pouco influenciadas por fatores genéticos, ou seja são de baixa herdabilidade e, portanto não respondem ou respondem em menor intensidade à seleção. No entanto, tal afirmação não se aplica à a idade ao primeiro parto, que apresenta moderada herdabilidade. Wenceslau et al. (2000) estudando a raça Gir, encontraram estimativa de herdabilidade para a idade ao primeiro parto de 0,56. Mercadante et al. (2000) encontraram para a raça Nelore estimativa de 0,28. Azevedo et al.(2006) obtiveram estimativa de 0,36 para a raça Chianina.

As herdabilidades da idade ao primeiro parto permitem sugerir que a seleção para a precocidade reprodutiva é recomendável e que a avaliação genética de reprodutores, com base no desempenho reprodutivo de suas progênes, é aconselhável (Pereira, 2001).

1.3 Perímetro escrotal

O perímetro escrotal é uma característica complementar para a avaliação da capacidade reprodutiva de um touro, estando relacionada com a fertilidade do animal (Bergmann et al., 1996; Cyrillo et al., 1998; Martinez et al., 2000; Folhadella et al., 2006). O perímetro escrotal tem sido amplamente utilizado por apresentar vantagens como fácil e acurada mensuração, alta herdabilidade e repetibilidade (Silva et al., 2002). Os valores de herdabilidade para perímetro escrotal variam na literatura em torno de 0,31 (Gressler et al., 1998) a 0,77 (Quirino & Bergmann, 1998), para a raça Nelore. Coulter et al.(1967) obtiveram para raça Holandesa a estimativa de herdabilidade de 0,67. Para a raça Gir Leiteiro, são escassos os trabalhos sobre esta característica reprodutiva.

Os touros que apresentam testículos mais desenvolvidos apresentam em média maior volume e maior concentração espermática no ejaculado, podendo produzir maior número de doses de sêmen e cobrir maior número de vacas (Pereira, 2001; Hafez & Hafez, 2004).

Vários fatores influenciam o perímetro escrotal, porém os comumente incluídos para fins de análise são o peso do touro, a raça, a época do ano de medição da característica, a central de coleta de sêmen onde foi realizada a medição e a idade à medição (Barbosa et al., 1991; Martinez et al., 2000).

1.4 Avaliação das características do sêmen

A produção e a qualidade do sêmen são características relevantes para a caracterização da fertilidade de um touro. A acurada avaliação destas características é útil para a determinação do número de vacas que poderão ser cobertas. Valendo ressaltar que nenhuma característica por si só é capaz de determinar uma menor ou maior fertilidade potencial do animal.

A contribuição do touro, para a eficiência reprodutiva e a produção de leite e/ou carne, seja por monta natural ou pelo uso da inseminação artificial, é de grande importância, porque cada touro representa metade da composição genética de suas progênes. Como milhares de vacas em centenas de rebanhos podem ser inseminadas com o sêmen de determinado touro, as características produtivas e reprodutivas deste devem ser cuidadosamente avaliadas antes de seu uso generalizado (Martinez et al., 2000). Quando se utilizam touros com valor reprodutivo e genético superiores em um rebanho, pode-se reduzir o número de reprodutores em serviço e acelerar o ganho genético (Fordyce et al., 2002).

Características do sêmen e padrão de qualidade segundo o Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 1998):

- **Volume (VOL):** O volume em si não indica o potencial reprodutivo de um touro, pois menores volumes podem ser acompanhados de alta concentração espermática e vice-versa. Touros mais leves ou mais jovens, em geral produzem menores volumes de sêmen. A frequência de ejaculação e o método da coleta do sêmen também são fatores que podem interferir no

volume de sêmen produzido. É geralmente medido em mililitros. O padrão desejado para sêmen de doadores é acima de 0,25 ml.

- **Concentração espermática (CONC):** Consiste no número de espermatozóides por mililitro do ejaculado. Varia de 2×10^8 a $1,8 \times 10^9$ em touros jovens e adultos respectivamente (Ax et al., 2004). A concentração sofre variações devido a fatores extrínsecos como o método de coleta, frequência de atividade do reprodutor, condicionamento do mesmo e fatores intrínsecos como idade e tamanho do animal.
- **Turbilhonamento (TURB):** É o movimento dos espermatozóides, percebido por meio de ondas quando da observação de uma pequena gota de sêmen no microscópio. A interpretação desta característica é basicamente subjetiva, sendo expressa utilizando-se uma escala própria (1 a 5).
- **Motilidade (MOT):** Caracteriza a movimentação e a viabilidade dos espermatozóides, sendo extremamente susceptível às condições ambientais (excesso de calor ou frio) (Ax et al., 2004). É utilizado para avaliar a capacidade fertilizante de amostras de sêmen, sendo medido pela porcentagem de espermatozóides móveis. É também uma medida subjetiva, podendo estar sujeita à variação no treinamento do técnico. O mínimo aceitável para sêmen de reprodutores doadores após o descongelamento é 30%.
- **Vigor (VIG):** É uma característica medida subjetivamente. Baseia-se na observação da velocidade e qualidade do movimento retilíneo, sendo expressa por uma escala (1 a 5). O mínimo aceitável para sêmen de reprodutores doadores após o descongelamento é 3.
- **Defeitos maiores e menores (DMA / DME):** Os defeitos maiores são alterações sérias na forma dos espermatozóides, que causam grande diminuição de fertilidade. Os defeitos menores são alterações que causam menor prejuízo à fertilidade. Estas patologias são expressas em porcentagem,

e o sêmen é melhor quanto menor a porcentagem. O valor individual máximo comumente aceito para defeitos maiores é 20%.

- **Defeitos totais:** Os defeitos totais são a soma dos defeitos maiores com os defeitos menores, sendo o valor máximo aceito para sêmen de reprodutores doadores de 30%.

As anormalidades morfológicas apresentam a mais alta relação com a fertilidade dos rebanhos. Os defeitos podem ser provocados por estresse térmico e por combinação com alta umidade. Estas combinações desfavoráveis podem levar um macho a ficar estéril por até seis semanas (Ax et al., 2004). Segundo Martinez et al. (2000), são inerentes a estas anormalidades também uma causa genética. Dessa forma, os touros a serem escolhidos como pais das próximas gerações devem ser rigorosamente avaliados com relação a estas características.

O aspecto sanitário é portanto de grande importância para a expressão das características reprodutivas nos bovinos já que muitas enfermidades podem acometer os animais, mesmo que de forma latente, prejudicando o desempenho reprodutivo e conseqüentemente produtivo.

2. CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS

Com o intuito de avaliar animais leiteiros, no caso os da raça Gir Leiteiro, é interessante conhecer as respostas correlacionadas que acompanham a seleção para características reprodutivas.

2.1 Correlações entre perímetro escrotal e características seminais

O perímetro escrotal, especialmente por ser uma característica de fácil medição e com alta correlação genética com as características seminais e outras características reprodutivas nas progênes dos touros, tem sido amplamente considerado nos estudos de avaliação genética visando à identificação de touros geneticamente superiores para melhoria de aspectos reprodutivos dos rebanhos.

Martinez et al.(2000) encontraram, para touros da raça Gir, altas correlações de Pearson entre os valores fenotípicos de perímetro escrotal e volume,

turbilhonamento, número total de espermatozóides, número total de espermatozóides viáveis. Folhadella et al.(2006) ao também trabalharem com animais da raça Gir, encontraram correlações simples favoráveis entre perímetro escrotal com motilidade, defeitos maiores, defeitos menores, classificação andrológica por pontos, evidenciando que estas características são de fato associadas e que o aumento do perímetro escrotal traz como resposta correlacionada melhoria das características de qualidade do sêmen.

Silva et al. (2002) calcularam coeficientes de correlação (Pearson), ajustados para a idade à coleta do sêmen de touros Nelore. Em todas as faixas etárias estudadas, as correlações entre as patologias espermáticas e o perímetro escrotal foram muito baixas e a maioria, negativas. Os autores constataram também que touros com maiores perímetros escrotais produziram sêmen com taxas menores de defeitos maiores e defeitos totais.

Viu et. al.(2006), para animais da raça Nelore, encontraram correlações fenotípicas positivas e baixas, entre perímetro escrotal e: peso vivo, motilidade, vigor, turbilhonamento. Em contrapartida, as correlações entre o perímetro escrotal com defeitos maiores, defeitos menores, defeitos totais foram negativas, demonstrando que maiores perímetros escrotais estão em geral, associados à melhor qualidade espermática. Os autores ainda ressaltam que a biometria testicular pode ser um parâmetro útil na seleção de reprodutores da raça visando maior fertilidade.

Segundo Sarreiro et. al.(2002), trabalhando com animais Nelore, as correlações genéticas são favoráveis entre o perímetro escrotal com libido, motilidade espermática, vigor, concentração, anormalidades. Resultado semelhante foi obtido por Dias et. al. (2008), também trabalhando com animais Nelore.

2.2 Correlações entre características seminais

Diversos autores têm relatado associações entre as características seminais, muitas delas favoráveis. Associações de altas magnitudes e nos sentidos desejados podem ser úteis para a diminuição do número de características a serem utilizadas no processo seletivo. Martinez et al.(2000), obtiveram correlações fenotípicas para a raça Gir favoráveis entre número total de espermatozóides viáveis com volume, concentração, vigor, turbilhonamento, motilidade, número total de espermatozóides, defeitos maiores e defeitos menores. Assim a seleção para maior número de espermatozóides viáveis traz como resposta correlacionada melhorias nas demais

características correlacionadas. Folhadella et al.(2006), encontraram correlações de Pearson entre valores fenotípicos de motilidade com vigor, defeitos maiores, defeitos totais e classificação andrológica por pontos de, respectivamente, 0,78; -0,38; -0,42; 0,57, para touros da raça Gir.

Em trabalho com animais Nelore, Dias et. al.(2008) obtiveram estimativas de correlações genéticas de moderada magnitude e no sentido desejado entre, motilidade, vigor, defeitos maiores, defeitos menores e defeitos totais.

Segundo Sarreiro et al. (2002), as características seminais apresentam estimativas de herdabilidade de pequena magnitude. No estudo de Bergmann et. al. (1997), com dados provenientes de 215 touros da raça Nelore (92 pais e 123 filhos), as estimativas de herdabilidade para motilidade e volume do sêmen foram baixas, mas denotam a presença de variância genética aditiva.

Conforme os referidos estudos indicam, há uma base genética comum entre as características seminais dos touros e assim a seleção de reprodutores baseada apenas em algumas delas, leva à seleção indireta favorável das demais características seminais.

Ainda existem poucos estudos sobre estimativas de parâmetros genéticos para características de sêmen de Zebuínos leiteiros.

2.3 Correlações entre características reprodutivas de machos e fêmeas

Grande parte dos trabalhos encontrados na literatura tem mostrado associações favoráveis entre as características reprodutivas de machos e fêmeas.

O perímetro escrotal está favoravelmente associado com a idade à puberdade em fêmeas e machos bovinos geneticamente relacionados aos reprodutores (Toelle & Robison, 1985). Assim, é importante que se conheça as correlações das características reprodutivas das fêmeas quando da seleção para perímetro escrotal nos touros, conhecendo-se desta forma as vantagens ou desvantagens que podem estar associadas a esta seleção.

Pereira et al.(2002), obtiveram estimativas de correlações genéticas entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto de fêmeas Nelore expostas pela primeira vez ao touro em torno de 14 meses de idade e fêmeas expostas ao touro em torno de 26 meses, respectivamente de -0,39 e -0,19. Este resultado indica que a seleção de touros com base no mérito genético para perímetro escrotal pode resultar na diminuição da idade ao primeiro parto de suas filhas.

Conforme Boligon et. al. (2007), em trabalho desenvolvido com a raça Nelore, as correlações genéticas favoráveis entre o perímetro escrotal (mensurada aos 12 e aos 18 meses de idade) e as características peso ao primeiro parto, idade ao primeiro parto, dias para o primeiro parto, duração da primeira gestação permitem a utilização do perímetro escrotal como critério de seleção visando melhorar a eficiência reprodutiva nas fêmeas. Os autores ainda reportaram que a seleção para perímetro escrotal aos 18 meses de idade pode resultar, em longo prazo, em menor idade ao primeiro parto.

As estimativas de correlações genéticas obtidas por Gressler et al. (2000) também em trabalho com a raça Nelore, permitiram concluir que maiores perímetros escrotais estão associados à diminuição da idade ao primeiro parto, das datas do primeiro e segundo partos e primeiro intervalo de partos.

Moser et al.(1996), em trabalho com a raça Limousin, reportaram que a maioria das filhas de touros com maiores valores de capacidade prevista de transmissão para perímetro escrotal (PE-PTA), alcançaram a puberdade mais precocemente que filhas de touros com menores PE-PTA.

Segundo Pereira et. al. (2000), apesar das correlações genéticas obtidas entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto, dias para o parto e duração da gestação na raça Nelore terem sido favoráveis, estas foram em geral de baixa magnitude. Contudo, essas correlações permitiram aos autores afirmarem que o perímetro escrotal pode ser utilizado como critério de seleção para melhorar a eficiência reprodutiva nas fêmeas.

Ao estudarem a relação entre o perímetro escrotal e características das progênes filhas de touros de raças européias selecionadas para a produção de carne, Smith et al.(1989) estimaram coeficientes de regressões parciais das filhas sobre o perímetro escrotal dos pais, favoráveis à diminuição da idade à puberdade e idade ao primeiro parto com o aumento do perímetro escrotal paterno.

As estimativas de correlações genéticas entre perímetro escrotal e as características idade à puberdade, altura de garupa em ambos os sexos encontradas por Vargas et al.(1998), que trabalharam com a raça Brahman, sugerem que as vacas que alcançam a puberdade mais precocemente são aparentadas a reprodutores com maior perímetro escrotal. Conforme os resultados obtidos, os autores relataram que a seleção para perímetro escrotal pode ainda alterar a curva de crescimento dos animais e vice versa.

Vários autores têm demonstrado relações favoráveis entre características reprodutivas dos touros com características reprodutivas das fêmeas. A maioria dos estudos desta natureza se restringe a animais de corte, portanto pouco se conhece acerca de animais da raça Gir Leiteiro.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMQUIST, J. O.; AMANN, R. P. Effect of a high ejaculation frequency on sperm characteristics of Holstein bulls from puberty to two years of age. **Journal of Dairy Science**, v.45, p.688-689, 1962.

ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Relatório Estatístico de Produção, Importação e Comercialização de Sêmen**. 2007. Disponível em <<http://www.asbia.org.br/download/mercado/relatorio2007.pdf>>. Acesso em: 07 de jun. 2008.

AX, R.L.; DALLY, M.; DIDION B.A. et al. In: HAFEZ, E.S.E. & HAFEZ, B. Avaliação do Sêmen. **Reprodução animal**. São Paulo: Manole, 2004. 7ª Edição brasileira, cap.25, p.369-379.

AZEVEDO, D.M.M.R.; MARTINS FILHO, R.; BOZZI, R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos do desempenho reprodutivo de fêmeas Chianina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.982-987, 2006.

BALIEIRO, E.S.; PEREIRA, J.C.C.; VERNEQUE, R.S. et al. Estimativas de herdabilidade e correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente entre algumas características reprodutivas e produção de leite na raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.1, p.85-91, 2003.

BARBOSA, R.T.; BARBOSA, P.F.; ALENCAR, M.M. et al. Biometria testicular e aspectos do sêmen de touros das raças Canchim e Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.15, n.3, p.159-170, 1991.

BERGMANN, J.A.G.; ZAMBOLINI, L.C.; PROCÓPIO, C.S.O. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, n.1, p.69-78, 1996.

BERGMANN, J.A.G.; QUIRINO, C.R.; VALE FILHO, V.R. et. al. Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares e características espermáticas em touros Nelore. **Archivo Latinoamericano de Producción Animal**, v.5, n.1, p.473-475, 1997.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. de. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.565-571, 2007.

COULTER, G.H.; ROUNSAVILLE, T.R.; FOOTE, R.H. Heritability of testicular size and consistency in Holstein bulls. **Journal of Animal Science**, v.43, n.1, p.9-12, 1976.

CYRILLO, J.N.; RAZOOK, S.G.; FIGUEREDO, L.A. et al. Estimativas de parâmetros genéticos de peso aos 378 dias, medidas corporais e perímetro escrotal de bovinos Nelore de Sertãozinho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.300-302, 1998.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J. de; MARTINS, J.A.M. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.53-59, 2008.

FOLHADELLA, I.M.; SÁ, W.F.; FERREIRA, A.M. et al. Características andrológicas de touros da raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.809-815, 2006.

FORDYCE, G.; FITZPATRICK, L.A.; COOPER, N.J. et al. Bull selection and use in Northern Australia 5. Social behavior and management. **Animal Reproduction Science**, v.71, p.81-99, 2002.

FRENEAU, G.E.; VALE FILHO, V.R.; MARQUES Jr. A. P. et al. Puberdade em touros Nelore criados a pasto no Brasil: características corporais, testiculares,

seminais e índice de capacidade andrológica por pontos (ICAP). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.6, p.1107-1115, 2006.

GREGORY, K.E.; LUNSTRA, D.D.; CUNDIFF, L.V. et al. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for puberty and scrotal traits of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, n.7, p.2795-2807, 1991.

GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PENNA, V.M. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998. Botucatu. **Anais...Botucatu: Sociedade brasileira de Zootecnia**, 1998. v.3, p.368-370.

GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA C.S. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.427-437, 2000.

HAFEZ, E.S.E. & HAFEZ, B. **Reprodução Animal**. 7ª Edição brasileira. São Paulo: Manole, 2004. 513 p.

JAINUDEEN, M.R. & HAFEZ, E.S.E. Bovinos e Bubalinos. In: HAFEZ, E.S.E. & HAFEZ, B. **Reprodução Animal**. São Paulo: Manole, 2004. 7ª Edição brasileira, cap. 11, p.159-171.

MANUAL para exame andrológico e avaliação de sêmen animal, 2ed. Belo Horizonte: CBRA, 1998. 49p.:il.

MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S.; TEODORO, R.L. et al. Correlações entre características da qualidade do sêmen e a circunferência escrotal de reprodutores da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.700-706, 2000.

MERCADANTE, M.E.Z.; LOBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de (Co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.997-1004, 2000.

MOSER, D.W. ; BERTRAND, J.K. ; BENYSHEK, L.L., et al. Effects of selection for scrotal circumference in Limousin bulls on reproductive and growth traits of progeny. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2052-2057, 1996.

PEREIRA, E., ELER, J.P., FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 3ªed. Belo Horizonte : FEPMVZ, 2001. 554 p.

PEREIRA, E., ELER, J.P., FERRAZ, J.B.S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.703-708, 2002.

PRESTON, T.R. & WILLIS, M.B. **Intensive beef production**. Oxford: Pergamon Press, 1970. 544p.

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A.G. Heritability of scrotal circumference adjusted and unadjusted for body weight in Nelore bulls, using univariate and bivariate animal models. **Theriogenology**, v.49, p.1389-1396, 1998.

RESTLE, J.; POLLI, V.A.; SENNA, D.B. Efeito de grupo genético e heterose sobre a idade e peso à puberdade e sobre o desempenho reprodutivo de novilhas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.701-707, 1999 .

SARREIRO, L.C.; BERGMANN, J.A.G.; QUIRINO, C.R. et. al. Herdabilidade e correlação genética entre perímetro escrotal, libido e características seminais de touros Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, p.602-608, 2002.

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; CORDEIRO, C.M.T. et al. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1157-1165, 2002.

SILVA, A.S.F. **Maturidade sexual e congelabilidade do sêmen de tourinhos gir-l, sob manejo alimentar estratégico.** 2007, 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2007.

SMITH, B.A.; BRINKS, J.S.; RICHARDSON, G.V. Relationships of sire scrotal circumference to offspring reproduction and growth. **Journal of Animal Science**, v.67, n.11, p.2881-2885, 1989.

TOELLE, V.D. & ROBSON, O.W. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. **Journal of Animal Science**, v.60, p.89-100, 1985.

VALE FILHO, V. R. Padrões de sêmen bovino, para o Brasil. Análise e sugestões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 8, 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBRA, 1989. p.94-118.

VALE FILHO, V.R.; FONSECA, V.O.; FRENEAU, G.E., Desenvolvimento testicular e maturação sexual em bovinos. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia UFMG**, v.8, p.71-86, 1993.

VARGAS, C.A.; ELZO, M.A.; CHASE, C.C. et al. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2536-2541, 1998.

VIU, M.A.O.; MAGNABOSCO, C.U.; FERRAZ, H.T. et. al. Desenvolvimento ponderal, biometria testicular e qualidade seminal de touros Nelore (*Bos taurus indicus*) criados extensivamente na Região Centro-Oeste do Brasil. **Archives of Veterinary Science**, v.11, p.53-57, 2006.

WENCESLAU, A.A.; LOPES, P.S.; TEODORO, R.L. et al. Estimação de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir Leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p. 153-158, 2000.

WILTBANK, J.N.; GREGORY, K.E.; SWIGER, L.A. et al. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.25, n.3, p.744-751, 1966.

CAPÍTULO 1 - PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DO SÊMEN E PERÍMETRO ESCROTAL DE TOUROS GIR LEITEIRO

RESUMO - Informações relativas a 2.274 coletas de sêmen de 200 touros da raça Gir Leiteiro foram utilizadas para determinar parâmetros genéticos de características do sêmen. Foram avaliados aspectos físicos do sêmen tais como volume (VOL), concentração (CONC), vigor (VIG), motilidade (MOT), e morfológicos como defeitos maiores (DMA) e menores (DME). As correlações entre as características seminais e o perímetro escrotal (PE) foram determinadas a partir das informações de 97 touros com observação para PE. O modelo estatístico para características seminais incluiu os efeitos fixos central-ano-época de coleta de sêmen e idade à coleta como covariável, considerando-se os efeitos linear e quadrático; para o perímetro escrotal, o modelo incluiu os efeitos fixos de ano do nascimento, classe de idade à medição do perímetro e central de inseminação onde se mediu o PE. Em ambos casos, o modelo estatístico incluiu os efeitos aleatórios de animal e do resíduo. As herdabilidades das características seminais foram baixas a moderadas (0,03 a 0,27), as correlações genéticas de baixas a altas (0,01 a 0,88), e em geral, no sentido favorável. O PE apresentou correlações genéticas favoráveis com as características do sêmen e herdabilidade de 0,37. Assim, as estratégias de seleção das características reprodutivas, devem ser definidas visando maior ganho em qualidade de sêmen. A seleção de touros da raça Gir Leiteiro para maior PE traria como resposta correlacionada melhoria na qualidade do sêmen.

Palavras-chave: herdabilidade, motilidade, parâmetros genéticos, qualidade do sêmen, vigor

CHAPTER 1 - GENETIC PARAMETERS OF SEMEN TRAITS AND SCROTAL CIRCUMFERENCE OF DAIRY GYR BULLS

ABSTRACT - Data from 2,274 semen output from 200 bulls of Dairy Gyr breed were used to determine genetic parameters for seminal traits. Were studied physical aspects such as volume (VOL), concentration (CONC), vigor (VIG), motility (MOT), and morphological as major defects (MAD) and minor defects (MID). The correlations between seminal traits and scrotal circumference (SC) were determined from 97 bulls with this measure for SC. The model for seminal traits included fixed effects AI company-year-season at semen output and age as covariate with linear and quadratic effects. For scrotal circumference, the model included fixed effects year of birth, age class at measurement and AI company. The heritabilities of seminal traits were low to moderate (0.03 to 0.27), the genetic correlations low to high (0.01 to 0.88), and generally, in favorable direction. The SC presented favorable genetic correlation with seminal traits and heritability 0.37. Thus, the strategies for reproductive traits selection, should be set toward greater gains in semen quality. The selection of Dairy Gyr bulls for greater scrotal circumference, improving semen quality as correlated response.

Key Words: genetic parameters, heritability, motility, semen quality, vigor

Introdução

A fertilidade de um rebanho está em grande parte relacionada à qualidade do sêmen dos reprodutores utilizados. Visto que, em geral, o material genético dos touros é disseminado em maior intensidade que o das vacas.

As características do sêmen podem ser precisamente avaliadas por meio dos exames andrológicos e podem servir de parâmetro para a identificação e eliminação de reprodutores inférteis ou que apresentem alto percentual de patologias espermáticas.

A seleção de touros reprodutivamente eficientes pode trazer benefícios para o produtor rural, que no caso de adoção da inseminação artificial, necessitará de menos doses de sêmen para que a vaca conceba, ou no caso de monta natural, poderá ter menor número de touros para cobrir um mesmo número de vacas. Os benefícios de tal seleção ainda se expandem para as empresas que trabalham com inseminação artificial, que podem ter maior rendimento de doses por coleta de sêmen que realizam nos touros.

Apesar das vantagens dos exames andrológicos, estes necessitam ser realizados por profissionais com o auxílio de equipamentos apropriados. Assim, o perímetro escrotal tem sido utilizado como parâmetro para se inferir sobre a qualidade espermática de um reprodutor. O perímetro escrotal está, em geral, relacionado favoravelmente com as características do sêmen (Sarreiro et al., 2002; Folhadella et al., 2006; Dias et al., 2008), possui considerável variação genética, com herdabilidade entre 0,31 (Gressler et al., 1998) e 0,77 (Quirino & Bergmann, 1998) para animais Nelore. Em virtude dessas vantagens, o perímetro escrotal está amplamente difundido nos programas de melhoramento que prezam por eficiência reprodutiva de bovinos.

Embora tanto as características do sêmen, quanto o perímetro escrotal sejam de extrema importância para a avaliação reprodutiva dos rebanhos bovinos, grande parte dos estudos foram realizados em bovinos de corte.

A determinação das correlações entre características do sêmen e perímetro escrotal, herdabilidades e parâmetros genéticos para bovinos leiteiros da raça Gir, seria útil para se determinar estratégias de melhoramento das características reprodutivas da raça.

Deste modo, objetivou-se com este estudo determinar as herdabilidades, parâmetros genéticos e correlações entre características do sêmen e perímetro escrotal em animais Gir Leiteiro.

Material e Métodos

Os dados utilizados no estudo das características do sêmen são provenientes de 2.274 coletas de sêmen de 200 touros Gir Leiteiro, pertencentes a 35 rebanhos do sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, nascidos entre os anos de 1980 e 2006, que tiveram seu sêmen coletado entre 1984 e 2008 e com idade à coleta de sêmen variando entre 20 e 75 meses. A matriz de parentesco continha 1.415 animais. Durante o período coleta, 141 reprodutores também tiveram seu perímetro escrotal medido uma única vez.

Para o estudo das correlações entre as características do sêmen e o perímetro escrotal, somente foram considerados dados dos reprodutores que tiveram seu perímetro escrotal medido entre 18 e 48 meses de idade e que passaram pelo processo de coleta de sêmen no máximo até 3 meses da data em que se mediu o perímetro escrotal. Após tais restrições, verificou-se que havia no máximo 10 coletas de sêmen por touro, e que estas eram homogêneas quanto às características do sêmen para cada reprodutor, aplicou-se então a média aritmética sobre cada característica seminal, obtendo-se, desta forma, uma única medida de cada característica por touro. Ao final desta edição dos dados, restaram 97 touros, pertencentes a 27 rebanhos, nascidos entre 1983 e 2006, que tiveram seu sêmen coletado entre 1986 e 2008 e com idade à coleta de sêmen entre 20 e 51 meses. A matriz de parentesco, neste caso, foi composta por 1.120 animais.

Os touros, em sua maioria, participaram ou participam do Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro realizado pela Embrapa Gado de Leite em parceria com a Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL). Os touros tiveram seu sêmen coletado durante a permanência em uma das seguintes seis(6) centrais particulares de coleta de sêmen (Bela Vista, CRV Lagoa, Sembra, ABS Pecplan, Nova Índia, Sersia). Em geral, cada touro teve seu sêmen coletado mais de uma vez, sendo as coletas realizadas seqüencialmente de dois em dois dias. Em cada coleta, foram avaliados os aspectos físicos (volume, turbilhonamento, motilidade, vigor e concentração) e morfológicos (defeitos maiores e menores) do sêmen. O perímetro escrotal (PE) foi medido em centímetros com uma fita métrica

milimetrada, na posição mediana do escroto, ou seja, no ponto de maior dimensão, envolvendo as duas gônadas e a pele escrotal.

Após a medição do volume (VOL) do ejaculado em mililitros, amostras foram obtidas para a determinação da concentração espermática (CONC) (número de espermatozóides/ml), da porcentagem da motilidade (MOT) e do vigor (VIG) (escala de 1 a 5). A característica turbilhonamento, apesar de ter sido medida e ser de grande importância para a reprodução, não foi considerada nas análises por possuir poucas observações. Os espermatozóides foram avaliados por intermédio das técnicas de contraste de fase e da lâmina corada, quanto à porcentagem de defeitos maiores (DMA) e menores (DME). Os defeitos totais foram obtidos pela soma dos defeitos menores e defeitos maiores. Além dessas características, foi calculado o número total de espermatozóides, multiplicando-se o volume pela concentração, para assim se obter o número total de espermatozóides viáveis (NEV), multiplicando-se o número total de espermatozóides pela motilidade. O número de doses (NDOSE) produzidas por touro em cada coleta também foi avaliado. Conforme Martinez et al. (2000) as características vigor e porcentagem de defeitos maiores, menores e totais foram transformadas para $\sqrt{y + 0,5}$, enquanto a motilidade dos espermatozóides, para arco seno de $\sqrt{y/100}$ para que o pressuposto de normalidade fosse obedecido. Foram realizadas análises para verificar a efetividade das transformações. Não se adotou a transformação da característica vigor, já que não houve diferença entre os resultados obtidos com a variável não transformada e a transformada, procedimento semelhante também foi adotado por Meyer et al. (1990) e Gressler et al. (2000). A característica NEV foi dividida por 1000, devido a sua grande magnitude que impedia análises no aplicativo computacional utilizado para as análises genéticas.

Foram realizadas análises para verificar a qualidade dos dados, a partir das quais se eliminaram apenas algumas observações para CONC e NEV muito discrepantes.

Para identificar quais os efeitos dos fatores não-genéticos que influenciaram significativamente ($P < 0,05$) as características a serem avaliadas, foi realizada análise prévia utilizando o método dos quadrados mínimos, pelo procedimento GLM (SAS, 2003).

As análises foram conduzidas sob modelo animal. Os modelos utilizados nas análises de características simples foram:

- Modelo para as características do sêmen:

$$y_{ijk} = \mu + GC_i + b_1(I_{ij} - \bar{I}) + b_2(I_{ij} - \bar{I})^2 + \alpha_j + p_j + \epsilon_{ijk},$$

em que

y_{ijk} é a observação da característica do sêmen;

μ é uma constante inerente às observações;

GC_i é o efeito do grupo contemporâneo i , formado pela combinação de central (1 a 6), ano (1986 a 2008) e época de coleta (outubro a março = época 1; abril a setembro = época 2);

b_1 e b_2 são os coeficientes de regressão para os efeitos linear e quadrático da característica y_{ij} em função da idade do animal à coleta;

I_{ij} é a idade do animal j à coleta, em meses, observada no grupo contemporâneo i ;

\bar{I} é a média de idade dos animais à coleta;

α_j é o efeito aleatório do animal j , com média 0 e variância σ_α^2 .

p_j é efeito aleatório de ambiente permanente sobre o animal j ;

ϵ_{ijk} é erro aleatório associado a cada observação, com média 0 e variância σ_ϵ^2 .

- Modelo para perímetro escrotal:

$$y_{ijkl} = \mu + C_i + AN_j + I_k + \alpha_{ijkl} + \epsilon_{ijkl}$$

y_{ijkl} é o perímetro escrotal do animal l , pertencente à classe de idade k , nascido no ano j , com sêmen coletado na central i ;

μ é uma constante inerente às observações;

C_i é o efeito da central i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);

AN_j é o efeito do ano de nascimento j ($j = 1983, \dots, 2006$);

I_k é o efeito da classe de idade à mensuração k (18 a 24 meses = 1; 24 a 30 meses = 2; 30 a 36 meses = 3; 36 a 48 meses = 4);

α_{ijkl} é o efeito aleatório do animal l , pertencente à classe de idade k , nascido no ano j , com sêmen coletado na central i , com média 0 e variância σ_α^2 .

ϵ_{ijkl} é erro aleatório associado a cada observação, com média 0 e variância σ_ϵ^2 .

Os modelos podem ser reescritos sob a forma matricial como:

Modelo para as características seminais:

$$y = X\beta + Zu + Wp + \varepsilon,$$

em que y = vetor de observações; X , Z e W = matrizes de incidência relativas às características seminais, para efeitos fixos, de animal e de ambiente permanente, respectivamente; β = vetor de efeitos fixos; u = vetor de efeitos aleatórios de animal; p = vetor de efeitos aleatórios de ambiente permanente, não-relacionados com os efeitos de u ; e ε = vetor de erros aleatórios.

As equações de modelos mistos (EMM), para o melhor estimador linear não-viesado (BLUE) das funções estimáveis de β e para o melhor preditor linear não-viesado (BLUP) de u e p , são dadas pela solução do sistema abaixo:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\alpha_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta^\circ \\ \hat{u} \\ \hat{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{y} \\ \mathbf{W}'\mathbf{y} \end{bmatrix},$$

em que $\alpha_1 = \sigma_e^2 / \sigma_a^2$; $\alpha_2 = \sigma_e^2 / \sigma_p^2$; e A = matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright entre os animais.

Em termos matriciais, o modelo para a característica perímetro escrotal é dado por:

$$y = X\beta + Zu + \varepsilon.$$

Tendo em vista que as definições descritas anteriormente são válidas também para esta situação, o sistema de equações de modelos mistos, a ser solucionado para obtenção das soluções dos efeitos fixos e das predições dos valores genéticos, é:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta^\circ \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{y} \end{bmatrix}.$$

Foram realizadas análises bi-característica para a determinação das correlações genéticas entre as características seminais e o perímetro escrotal com os mesmos modelos das análises de características simples, excluindo-se o efeito permanente do

modelo para características seminais, já que neste caso não houve medidas repetidas para um mesmo animal. O modelo para análises bi-características, em notação matricial, é descrito da seguinte maneira:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \mathbf{u}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{bmatrix},$$

em que y_i = vetor de observações para a característica i ; X_i e Z_i = matrizes de incidência relativas às observações da característica i , para os efeitos fixos e de animal, respectivamente; β_i = vetor de efeitos fixos para a característica i ; u_i = vetor de efeitos aleatórios de animal para a característica i ; ε_i = vetor de erros aleatórios para a característica i .

O BLUP de u e o BLUE das funções estimáveis de β são obtidos pela solução do sistema de EMM abaixo:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta^\circ \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix},$$

em que $y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}$; $\beta^\circ = \begin{bmatrix} \beta_1^\circ \\ \beta_2^\circ \end{bmatrix}$; $\hat{u} = \begin{bmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \end{bmatrix}$; $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix}$; $\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix}$;

$R = I \otimes R_0$ (\otimes denota o operador produto direto); e $G = A \otimes G_0$.

Os componentes de (co)variância utilizados para estimar os parâmetros genéticos para todas as características avaliadas foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), com a utilização do aplicativo REMLF90 (Misztal, 2002) que utiliza o algoritmo de Maximização da Esperança (EM) acelerado. O critério de convergência utilizado foi de 10^{-11} . Após a convergência o programa era reiniciado utilizando-se as estimativas obtidas anteriormente como valores iniciais. Este procedimento foi repetido até que a diferença entre as estimativas das duas últimas convergências fosse nula.

Resultados e Discussão

A descrição dos dados utilizados é apresentada na Tabela 1. Nesta são apresentadas todas as características em escalas originais, respectivas transformações e padrões de qualidade do sêmen de touros doadores segundo o Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 1998).

Em geral, as características seminais apresentaram-se dentro dos padrões desejáveis, preconizados pelo CBRA (1998). A média de idade dos reprodutores à coleta foi de 36,8 meses.

Martinez et al. (2000), em trabalho com touros da raça Gir de idades semelhantes as deste trabalho, encontraram valores próximos aos aqui obtidos para todas as características. Bergmann et al. (1997), Sarreiro et al. (2002) e Silva et. al. (2002) ao trabalharem com a raça Nelore com idade aproximada de 36 meses, também encontram valores de características do sêmen semelhantes as deste estudo, com exceção do VOL (entre 3,5 e 4 ml) e do PE (entre 33 e 36 cm), que foram menores.

Tabela 1. Número de observações, média, desvio-padrão e padrão de qualidade do sêmen de touros doadores segundo o Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, (CBRA, 1998) para as diferentes características do sêmen e perímetro escrotal

Características ¹	Número de observações	Média	Desvio-padrão	Padrão CBRA
VOL (ml)	2.174	6,38	3,13	≥ 0,25
CONC (esperm./ml)	1.859	1.412 x 10 ⁶	579 x 10 ³	-
VIG (1 a 5)	1.756	3,8	0,85	≥ 3
MOT ² (%)	2.156	61,9	8,18	≥ 30
MOT ³	2.156	0,89	0,09	-
DMA ² (%)	784	8,53	4,75	≤ 20
DMA ³	784	2,9	0,76	-
DME ² (%)	782	5,75	2,12	-
DME ³	782	2,34	0,86	-
DT ² (%)	784	14,27	7,6	≤ 30
DT ³	784	5,25	1,26	-
NDOSE ²	1.607	150,33	77,28	-
NEV (esperm./ml)	1.852	5.388 x 10 ⁶	3.287 x 10 ³	-
NEV ³	1.852	5.388 x 10 ³	3.287	-
PE (cm)	141	36,67	2,84	-

¹ VOL = volume; CONC = concentração; VIG = vigor; MOT = motilidade; DMA = defeitos maiores; DME = defeitos menores; DT = defeitos totais; NDOSE = número de doses; NEV = número total de espermatozoides viáveis; PE = perímetro escrotal.

² Características não transformadas.

³ Características transformadas.

Na Tabela 2 é apresentada a distribuição dos animais deste estudo segundo a classe de idade à coleta de sêmen. Observou-se pequeno aumento do perímetro escrotal em função do aumento da idade, porém conforme Silva et. al. (2002), em estudo com a raça Nelore, o crescimento testicular acima dos 3 anos pode ser devido mais ao aumento do tecido adiposo do que propriamente testicular (endócrino constituído de células de Leydig e reprodutivo dos túbulos seminíferos).

Tabela 2. Distribuição dos animais e respectivas médias para perímetro escrotal (PE) segundo a classe de idade à coleta de sêmen

Classes	Número de observações	Média PE (cm)	Desvio-padrão
18 - 23	17	35,17	2,53
24 - 29	41	35,26	2,43
30 - 35	21	36,85	2,28
36 - 47	18	37,75	2,56
> 48	44	37,96	2,85

Na tabela 3 são apresentados os componentes de variância, herdabilidades e repetibilidades de todas as características do sêmen e perímetro escrotal.

Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância, herdabilidades e repetibilidades para as diferentes características, obtidas em análises uni-característica

Características ¹	Componentes de variância			h ²	r
	σ_g^2	σ_p^2	σ_e^2		
VOL	1,77	0,52	4,22	0,27	0,35
CONC	30.730	31.990	174.800	0,09	0,26
VIG	0,0402	0,000306	0,2496	0,13	0,13
MOT ²	0,00037	0,00043	0,006841	0,05	0,10
DMA ²	0,09119	0,08189	0,3237	0,18	0,34
DME ²	0,0105	0,1174	0,4441	0,02	0,22
DT ²	0,03545	0,3313	0,8588	0,03	0,29
NDOSE	199,4	813,9	3.855	0,04	0,20
NEV ²	107,3	76,44	645,5	0,12	0,22
PE	2,46	.	4,12	0,37	.

¹ VOL = volume; CONC = concentração; VIG = vigor; MOT = motilidade; DMA = defeitos maiores; DME = defeitos menores; DT = defeitos totais; NDOSE = número de doses; NEV = número total de espermatozoides viáveis; PE = perímetro escrotal; σ_g^2 = variância genética; σ_p^2 = variância de ambiente permanente; σ_e^2 = variância residual, h² = herdabilidade; r = repetibilidade.

² Características transformadas.

As herdabilidades estimadas foram de baixa a moderada magnitude, concordando com os resultados do estudo de Bergmann et al. (1997), que obtiveram estimativas de herdabilidades para VOL e MOT, respectivamente, de 0,10 e 0,12, para a raça Nelore. Estas estimativas denotam grande contribuição do ambiente para a variação encontrada nas características seminais. As características MOT, DME, DT e NDOSE, apresentaram herdabilidades próximas de zero, enquanto VOL, VIG e DMA possuem maior componente genético aditivo, permitindo que estas últimas possam ser selecionadas. Vale determinar em cada caso, quais destas podem receber maior intensidade de seleção ou quais são mais fáceis e econômicas de serem medidas.

O PE apresentou importante componente genético (0,37), com estimativa de herdabilidade igual a 0,37, sendo esta semelhante às encontradas na literatura para animais da raça Nelore. Bergmann et al. (1997) encontraram estimativa de 0,47; Pereira et al. (2000) 0,51; Gressler et al. (2000), 0,31 e Boligon et al. (2007), para PE medido aos 12 meses, (0,25).

Na Tabela 4 é apresentada a distribuição do número de coletas por touro para estudo das correlações genéticas do perímetro escrotal e características do sêmen.

Tabela 4. Distribuição do número de coletas por touro

Número de coletas	Número de touros	% Touros	% Acumulada
1	0	0,00	0,00
2	16	16,49	16,49
3	15	15,46	31,96
4	19	19,59	51,55
5	12	12,37	63,92
6	7	7,22	71,13
7	9	9,28	80,41
8	7	7,22	87,63
9	6	6,19	93,81
10	6	6,19	100,00

Na Tabela 5 encontram-se as estimativas de correlação genética entre o perímetro escrotal e as características do sêmen, bem como entre as características do sêmen. As correlações foram de baixa (0,01) a alta magnitude (0,91).

Tabela 5. Correlações genéticas entre as diferentes características, obtidas em análises bi-características

Características	CONC	VIG	MOT ²	DMA ²	DME ²	DT ²	NDOSE	NEV ²	PE
VOL	-0,62	-0,15	-0,21	0,01	-0,26	0,13	0,75	0,60	0,33
CONC	.	0,38	0,17	-0,26	-0,10	-0,22	0,10	0,48	0,22
VIG	.	.	0,29	-0,87	0,06	-0,88	0,31	0,26	0,91
MOT ²	.	.	.	-0,19	-0,84	-0,74	0,82	0,34	0,86
DMA ²	-0,88	0,83	-0,77	-0,11	-0,07
DME ²	-0,74	-0,20	-0,85	-0,03
DT ²	-0,71	-0,39	-0,04
NDOSE	0,86	0,30
NEV ²	0,23

¹VOL = Volume; CONC = Concentração; VIG = Vigor; MOT = Motilidade; DMA = Defeitos maiores; DME = Defeitos menores; DT = Defeitos totais; NDOSE = Número de doses; NEV = Número total de espermatozóides viáveis; PE = Perímetro escrotal

²Características transformadas.

Bergmann et al. (1997) encontraram correlação genética entre MOT e VOL, MOT e VIG, VOL e VIG de respectivamente 0,20, 0,99, 0,51 para a raça Nelore. Resultados estes que diferem dos aqui encontrados (-0,21, 0,29, -0,15), sugerindo que podem haver diferenças na atuação dos genes em cada raça.

Os defeitos maiores, menores e totais, em geral, foram correlacionados favoravelmente com as demais características de qualidade do sêmen, ou seja, a seleção para diminuição dos defeitos do sêmen traz como resposta correlacionada melhoria das demais características do sêmen.

O PE se mostrou um bom indicador da qualidade do sêmen dos touros da raça Gir Leiteiro, estando correlacionado favoravelmente com a maioria das características seminais estudadas. O PE foi altamente correlacionado com o vigor (0,91) e a motilidade (0,86) e moderadamente correlacionado com o volume (0,33) e o número de doses produzidas em cada coleta (0,30). Constatou-se também correlações próximas de zero entre o PE e defeitos seminais, porém estas foram no sentido desejável, corroborando em geral com o estudo de Knights et al. (1984) com animais da raça Angus. Contudo, a seleção de touros com maiores perímetros escrotais, tem como resposta correlacionada maior qualidade do sêmen.

Como o PE, de certa forma, mede o tamanho dos testículos e conforme Garner & Hafez (2004), estes são os responsáveis pela produção da testosterona, que por sua vez é responsável pela manutenção da espermatogênese. Os maiores PE provavelmente possuem quantidade maior de tecido produtor de hormônio, e isso poderia favorecer a espermatogênese.

Embora de moderada magnitude, a CONC também apresentou correlação genética favorável com a maioria das características, podendo ser utilizada como mais um critério de seleção para maior qualidade seminal. A CONC está correlacionada negativamente com o VOL e positivamente com o PE, já o PE está correlacionado positivamente com o VOL, assim percebe-se um antagonismo entre estas características. A seleção para apenas uma destas pode levar a prejuízos na outra, deve-se então determinar o melhor ajustamento entre a seleção para cada característica. A utilização de um índice que agrupe as características do sêmen, de forma a otimizar a seleção, poderia ser uma saída para estes problemas.

Conclusões

Algumas características do sêmen como volume, defeitos maiores e vigor possuem considerável componente genético, portanto, podem apresentar respostas satisfatórias à seleção.

O perímetro escrotal é a característica que apresenta as maiores vantagens para ser incluída no Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro, já que na raça ela está favoravelmente correlacionada com a maioria das características do sêmen, apresenta herdabilidade moderada e é relativamente simples de ser medida nos reprodutores.

Devem ser definidas estratégias de seleção, como a criação de um índice que agrupe as características do sêmen e o perímetro escrotal, para possibilitar maiores ganhos em termos de qualidade do sêmen.

Referências Bibliográficas

BERGMANN, J.A.G., QUIRINO, C.R., VALE FILHO, V.R. et. al. Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares e características espermáticas em touros Nelore. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.5, n.1, p.473-475, 1997.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. de. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.565-571, 2007.

DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J. de; MARTINS, J.A.M. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.53-59, 2008.

FOLHADELLA, I.M.; SÁ, W.F.; FERREIRA, A.M. et al. Características andrológicas de touros da raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.809-815, 2006.

GARNER, D.L. & HAFEZ, E.S.E. Espermatozóides e plasma seminal. In: HAFEZ, E.S.E. & HAFEZ, B. **Reprodução Animal**. São Paulo: Manole, 2004. 7ª Edição brasileira, cap.7, p. 97-110.

GRESSLER, S.L., BERGMANN, J.A.G., PENNA, V.M. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998. Botucatu. **Anais...Botucatu: Sociedade brasileira de Zootecnia**, 1998. vol.3, p.368-370.

GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA C.S. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.427-437, 2000.

KNIGHTS, S.A., BAKER, R.L., GIANOLA, D. et al. Estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. **Journal of Animal Science**, v.58, n.4, p.887-893, 1984.

MANUAL para exame andrológico e avaliação de sêmen animal, 2ed. Belo Horizonte: CBRA, 1998. 49p.:il.

MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S.; TEODORO, R.L. et al. Correlações entre características da qualidade do sêmen e a circunferência escrotal de reprodutores da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.700-706, 2000.

MEYER, K., HAMMOND, K., PAMELL, P.F., et al. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. **Livestock Production Science**, v.25, n.1, p.15-30, 1990.

MISZTAL, I. REMLF90 manual. 2002. Disponível em <<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/remlf90.pdf>>. Acesso em: 27 de nov. de 2008.

PEREIRA, E., ELER, J.P., FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1676-1683, 2000.

QUIRINO, C.R., BERGMANN, J.A.G. Heritability of scrotal circumference adjusted and unadjusted for body weight in Nelore bulls, using univariate and bivariate animal models. **Theriogenology**, v.49, p.1389-1396, 1998.

SARREIRO, L.C., BERGMANN, J.A.G., QUIRINO, C.R. et. al. Herdabilidade e correlação genética entre perímetro escrotal, libido e características seminais de touros Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, p.602-608, 2002.

SAS Institute Inc. **Statistical Analysis System user's guide**. Version 9.1 ed. Cary: SAS Institute, USA, 2003.

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; CORDEIRO, C.M.T. et al. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1157-1165, 2002.

CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE TOUROS E VACAS GIR LEITEIRO

RESUMO - Com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para a idade ao primeiro parto (IPP), perímetro escrotal (PE) e características do sêmen e avaliar a tendência genética da IPP para animais da raça Gir Leiteiro, foram analisadas medidas de 7.055 fêmeas e 97 machos, provenientes de diversos rebanhos brasileiros. Os componentes de (co)variância foram estimados utilizando-se o método da máxima verossimilhança restrita, sob modelo animal, em análises uni-característica. O modelo para características do sêmen incluiu os efeitos fixos central-ano-época de coleta de sêmen, idade à coleta como covariável, efeitos linear e quadrático. Para o perímetro escrotal foram incluídos os efeitos fixos de ano do nascimento, classe de idade à medição do perímetro e central de inseminação. Para IPP foram incluídos os efeitos fixos de rebanho-ano-estação de nascimento, além dos efeitos aleatórios de animal e residual. As herdabilidades para PE e IPP foram, respectivamente, 0,37 e 0,22. A tendência genética da IPP apresentou-se significativa, com valor estimado de -0,018 meses/ano e mostra que praticamente não houve progresso genético nesta característica ao longo dos anos estudados. As correlações genéticas obtidas em análises bi-características entre PE com volume, concentração, vigor, motilidade, defeitos maiores, menores, totais, número de doses, número total de espermatozóides viáveis e IPP, foram de 0,33; 0,22; 0,91; 0,86; -0,07; -0,03; -0,04; 0,30; 0,23 e -0,37, respectivamente. Esses resultados sugerem melhorias na eficiência reprodutiva de fêmeas quando forem utilizados nos rebanhos touros com maiores PE.

Palavras-chave: correlação genética, idade ao primeiro parto, perímetro escrotal, qualidade do sêmen, tendência genética

CHAPTER 2 – GENETIC PARAMETERS FOR FEMALES AND MALES REPRODUCTIVE TRAITS OF DAIRY GYR BREED

ABSTRACT – Data from 7,055 females and 97 males were used to determine genetic parameters for age at first calving (AFC), scrotal circumference (SC) and seminal traits, and evaluate genetic trend for AFC in Dairy Gyr breed from several Brazilian herds. The genetic trends were estimated by linear regression of the breeding values on year of birth of the animals. Covariance components were estimated by REML, fitting single trait animal models. The model for seminal traits included fixed effects AI Company-year-season of semen output, age as covariate with linear and quadratic effects. For SC, the model included fixed effects year of birth, age class at measurement and AI company. For AFC, the model included fixed effects herd-year-season of birth, random effects of animal and residual. The heritabilities for SC and AFC were, respectively, 0.37 and 0.22. The genetic trend was significant, with value estimated of -0.018 month/year and shows that has not occurred genetic progress in this trait over the years studied. The genetic correlations from multiple trait analyses between SC with volume, concentration, vigor, motility, major defects, minor defects, total defects, number of doses, total number of feasible spermatozoid and AFC, were 0.33; 0.22; 0.91; 0.86; -0.07; -0.03; -0.04; 0.30; 0.23 and -0.37, respectively. These results suggest improvements in reproductive efficiency of females when were used in herds bulls with greater SC.

Key Words: age at first calving, genetic correlation, genetic trend, scrotal circumference, semen quality

Introdução

A eficiência econômica e produtiva do sistema de gado de leite está diretamente ligada ao desempenho reprodutivo do rebanho. Com o aumento dos custos de produção, os produtores de leite têm procurado formas para melhorar o desempenho zootécnico de seus animais, bem como evitar gastos adicionais.

Do ponto de vista genético, a reprodução é o aspecto mais restritivo para a adoção de programas de melhoramento, já que impõe limites às intensidades de seleção e conseqüentemente reduz os ganhos genéticos.

Dentre as características reprodutivas mais selecionadas em bovinos, principalmente de corte, estão o perímetro escrotal e a idade ao primeiro parto. O que se deve, em parte, às suas respectivas herdabilidades, facilidade de mensuração e relações favoráveis entre estas características.

Conforme apresentado no Capítulo 1, o perímetro escrotal têm sido relatado também como um indicador da qualidade do sêmen dos touros. Porém pouco se sabe sobre as relações existentes entre as características do sêmen e as características reprodutivas nas fêmeas.

A idade ao primeiro parto é uma das características de maior relevância para o desempenho reprodutivo dos bovinos, estando intimamente relacionada com a puberdade, taxa de crescimento, maturidade sexual e aparecimento do primeiro cio fértil (Pereira et al., 1991). A vaca que procria mais cedo fica menos ociosa no rebanho, tem maior vida reprodutiva e produtiva, diminuindo o número de novilhas em recria necessárias à reposição, o que é de extrema importância para os sistemas de produção de gado de leite.

Em termos de melhoramento genético de gado de leite, pouco tem sido estudado quanto às características reprodutivas. As principais causas que restringem a incorporação dessas características nos objetivos de seleção são a inexistência de estimativas de parâmetros genéticos e, maior ênfase na seleção de características produtivas.

O conhecimento da mudança genética é fundamental, visto que desta forma, observa-se se os programas de seleção adotados pelos criadores têm sido favoráveis à melhoria genética dos rebanhos. Desta forma, torna-se necessário avaliar a tendência genética ao longo do tempo para avaliar o progresso genético que vem sendo alcançado e ainda nortear os programas de melhoramento.

Objetivou-se com o presente estudo estimar parâmetros genéticos para a idade ao

primeiro parto, perímetro escrotal e características do sêmen, além de avaliar a tendência genética da idade ao primeiro parto para animais da raça Gir Leiteiro.

Material e Métodos

As informações utilizadas são provenientes de medidas de perímetro escrotal e medidas de qualidade do sêmen de touros Gir Leiteiro e idade ao primeiro parto de suas filhas puras. Os dados das fêmeas são parte do Arquivo Zootécnico Nacional (AZN) Gado de Leite, base de dados mantida sob gerenciamento do Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite, Embrapa Gado de Leite. Os touros, em sua grande maioria, participaram ou participam do Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro, projeto executado pela Embrapa Gado de Leite em parceria com a Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL).

Os touros tiveram sêmen coletado durante a permanência em uma das seguintes seis (6) centrais particulares de coleta de sêmen (Bela Vista, CRV Lagoa, Sembra, ABS Pecplan, Nova Índia, Sersia). Em geral, cada touro teve seu sêmen coletado mais de uma vez, sendo as coletas realizadas seqüencialmente de dois em dois dias. Em cada coleta, foram avaliados os aspectos físicos (volume, turbilhonamento, motilidade, vigor e concentração) e morfológicos (defeitos maiores e menores) do sêmen. O perímetro escrotal foi medido em centímetros com uma fita métrica milimetrada, na posição mediana do escroto, no ponto de maior dimensão, envolvendo as duas gônadas e a pele escrotal.

Após a medição do volume (VOL) do ejaculado em mililitros, amostras foram obtidas para a determinação da concentração espermática (CONC) (número de espermatozóides/ml), da porcentagem da motilidade (MOT) e do vigor (VIG) (escala de 1 a 5). A característica turbilhonamento, apesar de ter sido medida e ser de grande importância para a reprodução, não foi considerada nas análises por possuir poucas observações. Os espermatozóides foram avaliados por intermédio das técnicas de contraste de fase e da lâmina corada, quanto à porcentagem de defeitos maiores (DMA) e menores (DME). Os defeitos totais foram obtidos pela soma dos defeitos menores e defeitos maiores. Além dessas características, foi calculado o número total de espermatozóides, multiplicando-se o volume pela concentração, para assim se obter o número total de espermatozóides viáveis (NEV), multiplicando-se o número total de espermatozóides pela motilidade. O número de doses (NDOSE) produzidas por touro em cada coleta também foi avaliado. Conforme Martinez et al. (2000) as

características vigor e porcentagem de defeitos maiores, menores e totais foram transformadas para $\sqrt{y + 0,5}$, enquanto a motilidade dos espermatozoides, para arco seno de $\sqrt{y/100}$ para que o pressuposto de normalidade fosse obedecido. Foram realizadas análises para verificar a efetividade das transformações. Não se adotou a transformação da característica vigor, já que não houve diferença entre os resultados obtidos com a variável não transformada e a transformada, procedimento semelhante também foi adotado por Meyer et al. (1990) e Gressler et al. (2000). A característica NEV foi dividida por 1000, devido a sua grande magnitude que impedia análises no aplicativo computacional utilizado para as análises genéticas.

Foram realizadas análises para verificar a qualidade dos dados, a partir das quais se eliminaram apenas algumas observações discrepantes de CONC.

Para a estimação de parâmetros genéticos e herdabilidade para a característica idade ao primeiro parto, utilizou-se informações de 7.055 vacas, nascidas entre 1979 a 2004, pertencentes a 222 rebanhos, do sudeste, centro-oeste e nordeste brasileiros, com a característica mensurada entre 1982 e 2007 e no máximo a 60 meses de idade. A matriz de parentesco, neste caso, foi composta por 14.195 animais.

Para a estimação de parâmetros genéticos e herdabilidade para perímetro escrotal, foram utilizadas informações de 97 touros, pertencentes a 27 rebanhos, que tiveram seu perímetro escrotal medido entre os anos de 1986 e 2008, com idade à medição entre 18 e 48 meses, nascidos entre os anos de 1983 a 2006. A matriz de parentesco incluiu neste caso 1.120 animais.

Para o estudo das correlações entre as características do sêmen e idade ao primeiro parto (IPP), e entre perímetro escrotal (PE) e IPP, foram considerados dados dos reprodutores que passaram pelo processo de coleta de sêmen no máximo há 3 meses da data em que se mediu o perímetro escrotal. A partir daí, verificou-se que havia no máximo 10 coletas de sêmen por touro, e que estas eram homogêneas quanto às características do sêmen para cada reprodutor, aplicou-se então a média aritmética sobre cada característica da qualidade do sêmen, obtendo desta forma uma única medida de cada característica por animal. Os touros ainda deveriam ter ao menos 3 filhas com registro de primeiro parto. Foi verificado que 7 reprodutores tinham grande número de progênies em relação aos demais e que estes são de grande importância para rebanho Gir do Brasil. Desta forma, foi feita uma amostragem de 20 filhas de cada um destes touros aleatoriamente, porém verificada a distribuição da

idade ao primeiro parto das filhas antes e depois da restrição para que a amostra representasse de forma adequada o animal. Ao final desta edição, restaram informações referentes a 75 touros Gir Leiteiro, nascidos entre 1983 e 2001 e 803 filhas puras nascidas entre 1988 e 2004, pertencentes a 75 rebanhos, com IPP entre 26 e 60 meses, sendo a média 42,23 meses. A matriz de parentesco foi composta neste caso por 878 animais.

Para identificar quais os efeitos dos fatores não-genéticos que influenciaram significativamente ($P < 0,05$) as características a serem avaliadas, foi realizada análise prévia utilizando o método dos quadrados mínimos, pelo procedimento GLM (SAS, 2003).

As análises foram conduzidas sob modelo animal, utilizando-se os seguintes modelos:

- Modelo para idade ao primeiro parto:

$$y_{ij} = \mu + GC_i + a_{ij} + e_{ij}$$

y_{ij} é idade ao primeiro parto do animal j, pertencente ao grupo contemporâneo i;

μ é uma constante inerente a todas observações;

GC_i é o efeito do grupo contemporâneo i, formado pela combinação rebanho (1 a 222), ano (1979 a 2004) e estação de nascimento (outubro a março = época 1; abril a setembro = época 2);.

a_{ij} é o efeito aleatório do animal j, pertencente ao grupo contemporâneo i, com média 0 e variância σ_a^2 .

e_{ij} é erro aleatório associado a cada observação, com média 0 e variância σ_e^2 .

- Modelo para médias das características de qualidade do sêmen:

$$y_{ij} = \mu + GC_i + b_1(L_{ij} - I) + b_2(L_{ij} - I)^2 + a_j + e_{ij}$$

em que

y_{ij} é a observação da característica do sêmen;

μ é a constante inerente a todas observações;

GC_i é o efeito do grupo contemporâneo i, formado pela combinação de central (1 a 6), ano (1986 a 2008) e época de coleta (outubro a março = época 1; abril a setembro = época 2);

b_1 e b_2 são os coeficientes de regressão para os efeitos linear e quadrático da característica y_{ij} em função da idade do animal à coleta;

I_{ij} é a idade do animal j à primeira coleta, em meses, observada no grupo contemporâneo i;

\bar{I} é a média de idade dos animais à coleta;

a_j é o efeito aleatório do animal j, com média 0 e variância σ_a^2 .

e_{ij} é erro aleatório associado a cada observação, com média 0 e variância σ_e^2 .

- Modelo para perímetro escrotal:

$$y_{ljkki} = \mu + C_i + AN_j + I_k + a_{ljkki} + e_{ljkki}$$

y_{ljkki} é o perímetro escrotal do animal l, pertencente à classe de idade k, nascido no ano j, com sêmen coletado na central i;

C_i é o efeito da central i (i = 1,2,3,4,5,6);

AN_j é o efeito do ano de nascimento j (j = 1983, ..., 2006);

I_k é o efeito da classe de idade à mensuração k (18 a 24 meses = 1; 24 a 30 meses = 2; 30 a 36 meses = 3; 36 a 48 meses = 4);

a_{ljkki} é o efeito aleatório do animal l, pertencente à classe de idade k, nascido no ano j, com sêmen coletado na central i, com média 0 e variância σ_a^2 .

e_{ljkki} é erro aleatório associado a cada observação, com média 0 e variância σ_e^2 .

Os modelos podem ser reescritos sob a forma matricial como:

$$y = X\beta + Zu + \varepsilon,$$

em que y = vetor de observações; X , Z e ε = matrizes de incidência relativas às características reprodutivas dos machos e fêmeas, para efeitos fixos e de animal, respectivamente; β = vetor de efeitos fixos; u = vetor de efeitos aleatórios de animal; e ε = vetor de erros aleatórios.

As equações de modelos mistos (EMM), para o melhor estimador linear não-viesado (BLUE) das funções estimáveis de β e para o melhor preditor linear não-viesado (BLUP) de u são dadas pela solução do sistema abaixo:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta^\circ \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{y} \end{bmatrix}$$

em que $\alpha_1 = \sigma_e^2 / \sigma_a^2$ e A = matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco, de Wright, entre os animais.

Foram realizadas análises bi-características para a determinação das correlações genéticas entre as características da qualidade do sêmen e IPP, e entre PE e IPP com os mesmos modelos das análises de características simples. O modelo para análises bi-características, em notação matricial, é descrito da seguinte maneira:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \mathbf{u}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{bmatrix},$$

em que y_i = vetor de observações para a característica i ; X_i e Z_i = matrizes de incidência relativas às observações da característica i , para os efeitos fixos e de animal, respectivamente; β_i = vetor de efeitos fixos para a característica i ; u_i = vetor de efeitos aleatórios de animal para a característica i ; ε_i = vetor de erros aleatórios para a característica i .

O BLUP de u e o BLUE das funções estimáveis de β são obtidos pela solução do sistema de EMM abaixo:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta^\circ \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \end{bmatrix},$$

$$\text{em que } \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}; \beta^\circ = \begin{bmatrix} \beta_1^\circ \\ \beta_2^\circ \end{bmatrix}; \hat{\mathbf{u}} = \begin{bmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \end{bmatrix}; \mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix}; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix};$$

$\mathbf{R} = \mathbf{I} \otimes \mathbf{R}_o$ (\otimes denota o operador produto direto); e $\mathbf{G} = \mathbf{A} \otimes \mathbf{G}_o$.

Os componentes de (co)variância utilizados para estimar os parâmetros genéticos para PE e IPP foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), com a utilização do aplicativo REMLF90 (Misztal, 2002) que utiliza o algoritmo de Maximização da Esperança (EM) acelerado. O critério de convergência utilizado foi de 10^{-11} . Após a convergência o programa era reiniciado utilizando-se as estimativas obtidas anteriormente como valores iniciais. Este procedimento foi repetido até que a diferença entre as estimativas das duas últimas convergências fosse nula.

As estimativas das tendências genéticas para a característica IPP foram obtidas por meio da análise de regressão ponderada pelo número de observações, utilizando-se o procedimento REG do programa SAS (2003). As variáveis dependentes foram a IPP e os valores genéticos para IPP, enquanto a variável independente foi o ano de nascimento das vacas.

Foi calculada a resposta à seleção direta e correlacionada para idade ao primeiro parto. A resposta correlacionada da idade ao primeiro parto foi considerada como a proveniente da seleção de machos para perímetro escrotal. Já a resposta direta foi considerada aquela obtida pela seleção de fêmeas para a idade ao primeiro parto. Em todos os cálculos de resposta à seleção foi considerado o intervalo de geração, ou seja, o intervalo de tempo entre estádios correspondentes do ciclo de vida em gerações sucessivas.

A resposta direta por unidade de tempo foi calculada pela fórmula:

$$\Delta G_{IPP} = \frac{h_{IPP}^2 i_{IPP} \sigma_{A,IPP}}{t},$$

em que ΔG_{IPP} = ganho genético esperado na IPP; h_{IPP}^2 = herdabilidade da IPP, sendo: $h_{IPP}^2 = \sqrt{h_{IPP}^2}$; i_{IPP} = intensidade de seleção na IPP; $\sigma_{A,IPP}$ = desvio-padrão genético aditivo da IPP; t = intervalo de geração.

A resposta correlacionada por unidade de tempo foi obtida pela fórmula:

$$\Delta G_{PE,IPP} = \frac{r_{G,IPP,PE} h_{IPP}^2 h_{PE}^2 i_{PE} \sigma_{P,IPP}}{t},$$

em que $\Delta G_{PE,IPP}$ = ganho genético esperado na IPP quando a seleção é praticada no PE; $r_{G,IPP,PE}$ = correlação genética entre as características IPP e PE; h_{IPP}^2 = herdabilidade da IPP, sendo: $h_{IPP}^2 = \sqrt{h_{IPP}^2}$; h_{PE}^2 = herdabilidade do PE, sendo:

$h_{PE} = \sqrt{h_{PE}^2}$; h_{PE} = intensidade de seleção no PE; $\sigma_{P IPP}$ = desvio-padrão fenotípico da IPP, t = intervalo de geração.

Para o caso da resposta direta foram consideradas doze diferentes situações pela combinação de três diferentes proporções de fêmeas selecionadas para a reprodução (80, 70 e 60%) com 4 intervalos de geração (t): t = 120 meses (extremo superior da raça Gir Leiteiro), em que as fêmeas têm seu primeiro parto ocorrendo por volta de 60 meses; t = 84 meses (média da raça Gir Leiteiro), em que as fêmeas têm seu primeiro parto com 42 meses; t = 72 meses (situação passível de ser obtida na raça), fêmeas com primeiro parto por volta de 36 meses; t = 48 meses (extremo inferior da raça), em que as fêmeas têm o primeiro parto com 24 meses.

No caso da resposta correlacionada, foram consideradas duas situações (5 e 10% dos machos selecionados para a reprodução).

Resultados e Discussão

Os resultados da análise descritiva das características utilizadas neste estudo são apresentados na Tabela 1. Em geral, as características da qualidade do sêmen apresentaram-se dentro dos padrões desejáveis, preconizados pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 1998). Bergmann et al. (1997), Sarreiro et al. (2002) e Silva et. al. (2002) trabalhando com dados de animais da raça Nelore com idade aproximada de 36 meses, também encontram valores semelhantes para as características aqui estudadas, com exceção do VOL (entre 3,5 e 4 ml) e do PE(entre 33 e 36 cm), que tenderam a ser maiores neste estudo. Os valores encontrados neste estudo foram próximos aos obtidos por Martinez et al. (2000) para animais Gir.

A média de IPP foi mais alta quando comparada aos valores obtidos em trabalhos com animais de corte. Mercadante et al. (2000) obtiveram média de 38,3 meses para animais Nelore, enquanto Dias et al. (2004), em estudo com a mesma raça, encontraram média de 34 meses para IPP. A superioridade dos animais de corte em relação aos do presente estudo, pode ser devida às associações favoráveis entre características de desenvolvimento corporal e a IPP.

Tabela 1. Número de observações, média, desvio-padrão e padrão de qualidade do sêmen de touros doadores segundo o Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, (CBRA, 1998) para as diferentes características seminais, perímetro escrotal e idade ao primeiro parto

Características ¹	Número de observações	Média	Desvio-padrão	Padrão CBRA
VOL (ml)	195	5,13	2,70	≥ 0,25
MVOL ²	75	6,55	2,57	-
CONC (esperm./ml)	195	1.152	733	-
MCONC ²	75	1.361	466	-
VIG (1 a 5)	179	3,72	0,60	≥ 3
MVIG ²	75	3,5	1,02	-
MOT (%)	195	62,89	9,35	≥ 30
MMOT ³	75	0,86	0,12	-
DMA (%)	79	7,79	3,33	≤ 20
MDMA ³	75	1,82	1,30	-
DME (%)	79	5,33	3,54	-
MDME ³	75	1,54	1,18	-
DT (%)	79	13,12	5,26	≤ 30
MDT ³	75	3,37	2,40	-
NDOSE	160	132,64	74,81	-
MNDOSE ²	75	113,14	96,26	-
PE (cm)	97	36,05	2,62	-
IPP (meses)	7.055	43,08	7,38	-

¹ VOL = volume; CONC = concentração; VIG = vigor; MOT = motilidade; DMA = defeitos maiores; DME = defeitos menores; DT = defeitos totais; NDOSE = número de doses; NEV = número total de espermatozóides viáveis; PE = perímetro escrotal; IPP = idade ao primeiro parto.

² Média da variável não transformada

³ Média da variável transformada.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises genéticas das características PE e IPP.

Tabela 2. Estimativas dos componentes de variância e herdabilidade (h^2) para perímetro escrotal (PE) e idade ao primeiro parto (IPP), obtidas em análises uni-característica

Características	Componentes de Variância		h^2
	σ_G^2	σ_E^2	
PE	2,46	4,12	0,37
IPP	6,69	23,24	0,22

σ_G^2 = variância genética; σ_E^2 = variância residual

A herdabilidade da IPP para as vacas Gir Leiteiro (0,22), foi inferior a estimativa de herdabilidade (0,56) encontrada por Wenceslau et al. (2000) para a mesma raça, porém com volume de dados muito reduzido. A estimativa aqui obtida, foi semelhante às encontradas na literatura para animais da raça Nelore (entre 0,08 a 0,28) (Mercadante et al., 2000; Pereira et al., 2000; Dias et al., 2004).

Na Tabela 3 é apresentada a distribuição do número de filhas por touro antes das restrições impostas. Foi verificado que menos de 10% dos touros possuíam mais de vinte (20) filhas, e ainda que apenas sete (7) touros tinham menos de três (3) filhas. Desta forma, aplicou-se as restrições já mencionadas quanto ao número de filhas. Na Tabela 4 são apresentadas estatísticas descritivas da IPP das filhas dos touros que possuíam mais de 20 filhas antes e depois da restrição.

Tabela 3. Distribuição do número de filhas por touro

Número de filhas	Número de touros	% de touros	% Acumulada
1	5	6,10	6,10
2	2	2,44	8,54
3	7	8,54	17,07
4	7	8,54	25,61
5	5	6,10	31,71
6	7	8,54	40,24
7	5	6,10	46,34
8	5	6,10	52,44
10	3	3,66	56,10
11	4	4,88	60,98
12	3	3,66	64,63
13	3	3,66	68,29
14	3	3,66	71,95
15	4	4,88	76,83
16	2	2,44	79,27
18	4	4,88	84,15
19	3	3,66	87,80
20	3	3,66	91,46
50	1	1,22	92,68
54	1	1,22	93,90
79	1	1,22	95,12
110	1	1,22	96,34
153	1	1,22	97,56
194	1	1,22	98,78
472	1	1,22	100,00

Tabela 4. Média e desvio-padrão da idade ao primeiro parto das filhas dos touros com mais de 20 filhas antes e depois da restrição

Touro	Sem restrição			Com restrição		
	N filhas	Desvio-Padrão	Média	N filhas	Desvio-Padrão	Média
1	50	5,52	39,2	20	5,93	38,95
2	54	9,09	41,55	20	8,95	41,01
3	79	6,87	41,62	20	6,14	40,95
4	110	6,51	40,13	20	6,58	40,35
5	153	7,41	40,18	20	7,01	39,98
6	194	7,61	42,31	20	7,87	42,80
7	472	7,17	40,59	20	6,92	40,93

Verificou-se que feita a restrição do número máximo de filhas de cada um dos 7 touros (Tabela 4), as mudanças em termos de distribuição da IPP foram mínimas e portanto não houve viés nas estimativas obtidas.

Na Tabela 5 são apresentadas as correlações genéticas entre IPP, PE e características da qualidade do sêmen. Estas características foram em geral correlacionadas favoravelmente com a IPP com exceção dos defeitos menores (-0,12). Contudo, esta correlação foi de pequena magnitude. Os defeitos maiores e totais apresentaram correlações positivas porém baixas com a IPP, sugerindo que touros que produzem sêmen com maiores defeitos produzem progênes com maiores idades ao primeiro parto. A concentração, motilidade e o vigor foram negativamente correlacionados com a IPP, de magnitude alta (-0,98), média (-0,33) e baixa (-0,19) respectivamente. Assim, a seleção de touros que produzam sêmen de maior qualidade pode trazer como resposta correlacionada menor idade ao primeiro parto de suas filhas. A literatura é escassa quanto a estas correlações em zebuínos leiteiros.

O PE foi correlacionado favoravelmente com a IPP, o que também foi verificado por diversos autores em trabalhos com animais de corte. Ressalta-se, no entanto, que o resultado do presente trabalho foi superior aos obtidos para a raça Nelore. Boligon et al. (2007), encontraram estimativas de correlações genéticas entre o PE medido aos 12 e 18 meses de idade e a IPP das fêmeas, respectivamente, de -0,13 e -0,23, demonstrando que a seleção de reprodutores para maior perímetro escrotal poderá trazer, como resposta correlacionada, menor idade ao primeiro parto de suas progênes. Pereira et al. (2000), encontraram estimativa de -0,22, entre o PE aos 18 meses de idade e a IPP das fêmeas. Os mesmos concluíram que esta correlação

permite a utilização do perímetro escrotal como critério de seleção para melhorar a eficiência reprodutiva das fêmeas. Moser et al. (1996), ao trabalharem com animais da raça Limousin, reportaram que a maioria das filhas de touros com maiores valores de capacidade prevista de transmissão para perímetro escrotal (PE-PTA), alcançaram a puberdade mais precocemente que filhas de touros com menores PE-PTA. Assim, os benefícios podem se expandir para IPP pois se trata de característica altamente correlacionada com a idade à puberdade.

Semelhantemente ao presente estudo, Martínez-Velázquez et al. (2003) obtiveram estimativas de herdabilidade de IPP (0,16) e PE (0,41) e correlação genética entre estas características de -0,26, para animais de nove (9) raças européias. Esta mesma relação também foi confirmada por Vargas et al. (1998) ao trabalharem com a raça Brahman.

Diante dos resultados apresentados é válido fazer algumas considerações. As correlações observadas entre as características reprodutivas de machos e fêmeas, podem, em parte, serem devidas ao desenvolvimento corporal do reprodutor. Assim, um touro de melhor desenvolvimento corporal, pode transmitir às suas filhas esta característica e desta forma favorecer características reprodutivas como a IPP, que são muito relacionadas ao peso do animal.

Em sistemas de produção de gado de leite, é comum a adoção de uma idade padrão para se poder inseminar ou cobrir uma novilha, ignorando-se em muitos casos o desenvolvimento corporal da mesma. Fato que pode influenciar negativamente as correlações entre o PE e a IPP.

Tabela 5. Correlações genéticas entre as diferentes características, obtidas em análises bi-características

Características ¹	Correlação genética								
	PE	MVOL ²	MCONC ²	MVIG ²	MMOT ³	MDMA ³	MDME ³	MDT ³	MNDOSE ²
IPP	-0,37	0,27	-0,98	-0,19	-0,33	0,26	-0,12	0,10	-0,46

¹PE = perímetro escrotal; IPP = idade ao primeiro parto; MVOL = volume; MCONC = concentração; MVIG = vigor; MMOT = motilidade; MDMA = defeitos maiores; MDME = defeitos menores; MDT = defeitos totais; MNDOSE = número de doses; MNEV = número total de espermatozóides viáveis.

²Média da variável não transformada.

³Média da variável transformada.

Na Figura 1, é apresentada a tendência fenotípica da IPP na raça Gir Leiteiro em função do ano de nascimento da vaca. Verificou-se que houve um ganho acumulado na IPP durante os 17 anos estudados de -6,3 meses. O ganho por ano foi de -0,39 meses.

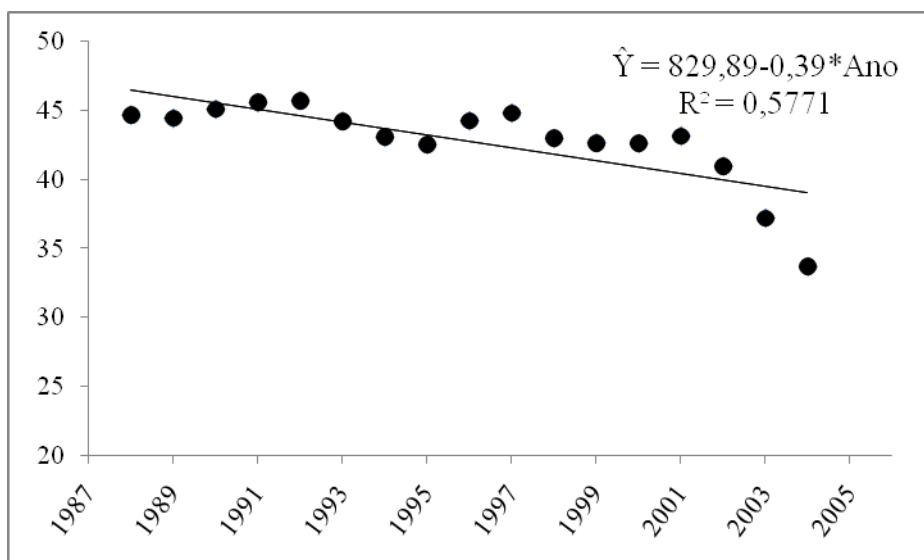


Figura 1. Tendência fenotípica da idade ao primeiro parto, em meses, na raça Gir Leiteiro em função do ano de nascimento

Na Figura 2 é apresentada a tendência genética da IPP na raça Gir Leiteiro.

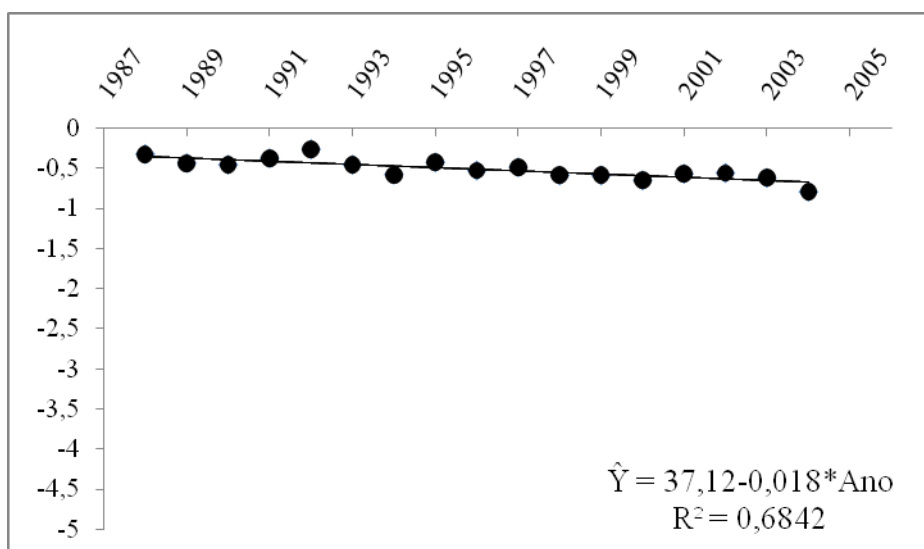


Figura 1. Tendência genética da idade ao primeiro parto, em meses, na raça Gir Leiteiro em função do ano de nascimento

A tendência genética é uma medida que permite avaliar a mudança ocasionada por um processo de seleção em determinada característica ao longo dos anos. A tendência genética na raça Gir Leiteiro foi significativa ($P < 0,001$) e os resultados de avaliação mostraram ganho acumulado na IPP de -0,3 meses ao longo de 17 anos. O ganho por ano foi de -0,018 meses. De acordo com as tendências observadas na IPP ao longo dos anos estudados, nota-se que praticamente não houve progresso genético nesta característica na raça Gir Leiteiro e sim, uma provável melhoria do manejo e nutrição dos animais.

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentadas, respectivamente, as respostas à seleção correlacionadas e diretas na IPP.

Tabela 6. Ganho genético anual esperado na idade ao primeiro parto quando a seleção é praticada no perímetro escrotal ($\Delta G_{IPP,PE}$) sob diferentes proporções de machos selecionados

IPM	Gestação	IFM	t (meses)	b	$\Delta G_{IPP,PE}$ (anual)
24	9	24	57	5%	-0,3372
24	9	24	57	10%	-0,2878

IPM = Idade do pai à medição do perímetro escrotal; IFM = Idade do filho à medição do perímetro escrotal; t = Intervalo de geração; b = Proporção de machos selecionados para a reprodução.

Tabela 7. Ganho genético anual esperado na idade ao primeiro parto (ΔG_{IPP}) sob diferentes proporções de fêmeas selecionadas e intervalos de geração

IMP	IFP	t (meses)	ΔG_{IPP} (anual)		
			b		
			80%	70%	60%
60	60	120	-0,0425	-0,0606	-0,0776
43	43	86	-0,0592	-0,0846	-0,1083
36	36	72	-0,0707	-0,1011	-0,1294
24	24	48	-0,1062	-0,1516	-0,1941

IMP = Idade da mãe ao parto; IFP = Idade da filha ao parto; t = Intervalo de geração; b = Proporção de fêmeas selecionadas para a reprodução.

Conforme os resultados apresentados, a seleção praticada para IPP diretamente sobre as fêmeas, apresenta resposta inferior à resposta correlacionada obtida pela seleção do perímetro escrotal dos machos.

Considerando o intervalo de geração de 120 meses (extremo da raça Gir Leiteiro), e proporção de fêmeas selecionadas para a reprodução de 60%, a resposta à seleção na IPP neste caso é de -0,0776 meses por ano. O que representa apenas 27% da resposta correlacionada na situação em que 10% dos machos são selecionados.

Considerando a idade ao primeiro parto de 43 meses (média da raça Gir Leiteiro), supondo, neste caso, intervalo de geração de 86 meses e proporção de fêmeas selecionadas de 60%. A resposta à seleção direta alcança 37% da resposta correlacionada em que 10% dos touros são selecionados para a reprodução.

Em uma visão otimista, em que a idade ao primeiro parto na raça é em média de 36 meses, o intervalo de geração é de aproximadamente de 72 meses e a proporção de fêmeas selecionadas para a reprodução é de 60%. A resposta à seleção direta, neste caso, corresponde a apenas 45% da resposta correlacionada, em que 10% dos machos são selecionados para a reprodução.

A melhor resposta à seleção direta das fêmeas para IPP é de -0,1941, obtida em uma situação em que a proporção de fêmeas selecionadas é de 60%. Proporção esta que está abaixo do comumente praticado nos rebanhos leiteiros nacionais. Ainda nesta mesma situação, foi suposto que o intervalo de geração seja de 48 meses, ou seja, mãe e filha com idade ao primeiro parto de 24 meses (situação ótima), porém poucos animais da raça alcançam tal desempenho. Ainda assim, a resposta direta é inferior à correlacionada. O que representa, neste caso, 57% da melhor resposta correlacionada, na situação que 5% dos machos são selecionados para a reprodução.

De acordo com as correlações encontradas no presente estudo entre o PE e a IPP, suas respectivas herdabilidades e cálculos de resposta à seleção, parece ser mais vantajoso selecionar para maior PE nos machos do que propriamente para a menor IPP nas fêmeas. O PE ainda possui a vantagem de ser facilmente mensurado e esta mensuração pode ser feita mais cedo na vida do macho do que a IPP na vida da fêmea. Desta forma, a medição do perímetro escrotal poderia ser realizada assim que o tourinho fosse inscrito no teste de progênie.

A utilização do perímetro escrotal como critério de seleção para melhorar a eficiência reprodutiva das progênies, poderia ser feita enquanto não se obtém

informações necessárias para a geração da capacidade prevista de produção (PTA) para a IPP de cada touro participante do teste de progênie da raça.

Contudo, as associações entre características de machos e fêmeas, devem ser vistas com cautela. Mais estudos neste sentido devem ser realizados a fim de confirmar os resultados para a raça Gir Leiteiro. O PE dos reprodutores pode, a princípio, ser utilizado com a finalidade de auxiliar a seleção para menores idades ao primeiro parto das progênies. Faz-se necessária ainda a determinação da melhor idade para se medir o PE nos reprodutores da raça Gir Leiteiro, verificando qual a idade está mais correlacionada geneticamente com as características reprodutivas de suas progênies e as possíveis influências da condição corporal dos reprodutores sobre estas características.

Conclusões

As correlações genéticas entre as características da qualidade do sêmen e IPP sugerem que a seleção de touros que produzam sêmen de maior qualidade, promove diminuição da IPP de suas progênies.

A resposta correlacionada na IPP pela seleção para maior PE, parece ser mais vantajosa do que a seleção direta para a IPP nas fêmeas. As correlações encontradas neste estudo entre PE e IPP permitem a utilização do PE como critério de seleção visando melhorar a eficiência reprodutivas nas fêmeas, e são encorajadoras para a inclusão do PE nas avaliações genéticas de reprodutores da raça Gir Leiteiro.

Praticamente não houve progresso genético na IPP ao longo dos anos estudados na raça, porém, existe variabilidade genética suficiente para promover progresso genético pela seleção da IPP.

Referências Bibliográficas

BERGMANN, J.A.G., QUIRINO, C.R., VALE FILHO, V.R. et. al. Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares e características espermáticas em touros Nelore. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.5, n.1, p.473-475, 1997.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. de. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.565-571, 2007.

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. de. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto de novilhas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.97-102, 2004.

GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA C.S. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p. 427-437, 2000 .

HAFEZ, E.S.E.; JAINUDEEN, M.R.; ROSNINA, Y. Hormônios, fatores de crescimento e reprodução. In: HAFEZ, E.S.E. & HAFEZ, B. **Reprodução Animal**. São Paulo: Manole, 2004. 7ª Edição brasileira, cap. 3, p.33-53.

MANUAL para exame andrológico e avaliação de sêmen animal, 2ed. Belo Horizonte: CBRA, 1998. 49p.:il.

MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S.; TEODORO, R.L. et al. Correlações entre características da qualidade do sêmen e a circunferência escrotal de reprodutores da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.700-706, 2000.

MARÍNEZ-VELÁZQUEZ, G.; GREGORY, K.E.; BENNETT, G.L. Genetic relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. **Journal of Animal Science**, v.81, p.395-401, 2003.

MERCADANTE, M.E.Z.; LOBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de (Co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p. 997-1004, 2000.

MEYER, K.; HAMMOND, K.; PAMELL, P.F. et al. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. **Livestock Production Science**, v.25, n.1, p.15-30, 1990.

MISZTAL, I. REMLF90 manual. 2002. Disponível em <<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/remlf90.pdf>>. Acesso em: 27 de nov. de 2008.

MOSER, D.W. ; BERTRAND, J.K. ; BENYSHEK, L.L., et al. Effects of selection for scrotal circumference in Limousin bulls on reproductive and growth traits of progeny. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2052-2057, 1996.

PEREIRA, J.C.C. ; AYALA, J.M.N. ; OLIVEIRA, H.N. Efeitos genéticos e não-genéticos sobre a idade ao primeiro parto e o intervalo entre partos de duas populações da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.42, p.93-102, 1991.

PEREIRA, E., ELER, J.P., FERRAZ, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 3^a ed. Belo Horizonte : FEPMVZ, 2001. 554 p.

SARREIRO, L.C.; BERGMANN, J.A.G.; QUIRINO, C.R. et. al. Herdabilidade e correlação genética entre perímetro escrotal, libido e características seminais de touros Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, p.602-608, 2002.

SAS Institute Inc. **Statistical Analysis System user's guide**. Version 9.1 ed. Cary: SAS Institute, USA, 2003.

SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; CORDEIRO, C.M.T. et al. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1157-1165, 2002.

SMITH, B.A.; BRINKS, J.S.; RICHARDSON, G.V. Relationships of sire scrotal circumference to offspring reproduction and growth. **Journal of Animal Science**, v.67, n.11, p.2881-2885, 1989.

VARGAS, C.A.; ELZO, M.A.; CHASE, C.C. et al. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2536–2541, 1998.

WENCESLAU, A.A.; LOPES, P.S.; TEODORO, R.L. et al. Estimação de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir Leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.153-158, 2000.

ANEXO

Correlações simples entre as características do sêmen e perímetro escrotal

Características ¹	CONC	VIG	MOT ²	DMA ²	DME ²	DT ²	NDOSE	NEV ²	PE
VOL	-0,33 0,001 (n=93)	-0,29 0,004 (n=92)	-0,17 NS (n=94)	-0,18 NS (n=71)	0,11 NS (n=71)	-0,04 NS (n=71)	0,47 <0,0001 (n=66)	0,70 <0,0001 (n=93)	0,21 0,03 (n=95)
CONC	.	0,14 NS (n=91)	0,19 0,05 (n=93)	-0,05 NS (n=71)	-0,05 NS (n=71)	-0,07 NS (n=71)	0,20 NS (n=65)	0,32 0,001 (n=93)	0,01 NS (n=93)
VIG	.	.	0,24 0,01 (n=92)	0,26 0,02 (n=69)	-0,44 0,0001 (n=69)	-0,14 NS (n=69)	-0,02 NS (n=64)	-0,20 0,05 (n=91)	-0,09 NS (n=92)
MOT ²	.	.	.	0,32 0,006 (n=71)	-0,21 NS (n=71)	0,06 NS (n=71)	-0,10 NS (n=66)	-0,23 0,02 (n=93)	0,08 NS (n=94)
DMA ²	0,008 NS n=73)	0,69 <0,0001 (n=73)	-0,08 NS (n=56)	-0,29 0,01 (n=71)	-0,11 NS (n=73)
DME ²	0,72 <0,0001 (n=73)	0,07 NS (n=56)	0,06 NS (n=71)	-0,04 NS (n=73)
DT ²	-0,003 NS (n=56)	-0,15 NS (n=71)	-0,10 NS (n=73)
NDOSE	0,67 <0,0001 (n=65)	0,23 0,05 (n=68)
NEV ²	0,22 0,03 (n=93)

NS = Não significativo a 5% de probabilidade; ¹ VOL = Volume; CONC = Concentração; VIG = Vigor; MOT = Motilidade; DMA = Defeitos maiores; DME = Defeitos menores; DT = Defeitos totais; NDOSE = Número de doses; NEV = Número total de espermatozóides viáveis; PE = Perímetro escrotal; ² Características transformadas.