



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS

I

**ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS
DE CRESCIMENTO E REPRODUTIVAS EM BOVINOS DA
RAÇA BRAHMAN NO BRASIL**

Lydio Cosac de Faria
Médico Veterinário

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
2006



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS

II

**ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS
DE CRESCIMENTO E REPRODUTIVAS EM BOVINOS DA
RAÇA BRAHMAN NO BRASIL**

Lydio Cosac de Faria

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Ademir de Oliveira
CO-ORIENTADOR: Dr. Cláudio de Ulhôa Magnabosco

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte da exigência para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal.

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
Dezembro de 2006

F224e Faria, Lydio Cosac
Estudo genético quantitativo de características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Brahman no Brasil / Lydio Cosac de Faria. -- Jaboticabal, 2006
xi, 116 f. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006
Orientador: João Ademir de Oliveira
Banca examinadora: Humberto Tonhati, José Benedito de Freitas

Trovo

Bibliografia

1. Bovinos de corte-Variabilidade genética. 2. Bovinos de corte- Características de crescimento. 3. Bovinos de corte- Características reprodutivas. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LYDIO COSAC DE FARIA – solteiro, nascido em 13 de abril de 1980, em Ipameri, Goiás. Ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade de Uberaba, MG – UNIUBE, em fevereiro de 1998, concluindo-o em fevereiro de 2003. No período de abril a dezembro de 2003 realizou estágio de aperfeiçoamento em Genética e Melhoramento Animal no Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo - FMRP/USP (Bloco – C), de março à novembro de 2004 ocupou o cargo de Gerente de Marketing da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores – ANCP, gestora dos Programas de Melhoramento Genético das Raças Brahman, Guzerá, Nelore e Tabapuã. Em agosto de 2005 ingressou no curso de Pós-graduação “latu sensu” em Julgamento das Raças Zebuínas pelas Faculdades Integradas de Uberaba, FAZU - MG, concluindo-o em dezembro de 2006. É jurado auxiliar de zebuínos de corte pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). Em março de 2005 ingressou no curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - FCAV/UNESP – Campus Jaboticabal, obtendo o título de mestre em dezembro de 2006.

“Não existe, neste mundo todo, uma superioridade real que possa ser separada de uma vida correta”.

David Starr Jordan

Dedico este trabalho ao meu avô Munir (*in memorian*), ao meu padrinho José Sales - Zequinha (*in memorian*), a minha madrinha, aos meus pais, tios e a minha namorada, pelo afeto, amor, confiança e apoio que, sem dúvida, foram de fundamental importância e decisivos para o ingresso e, conseqüentemente, para a conclusão deste curso de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela oportunidade de uma vida repleta de saúde, inteligência e capacidades interiores para ir em busca dos meus ideais, concretizando-os sob suas Bênçãos, para no fiel cumprimento dos meus deveres, contribuir para o bem da evolução e progresso das necessidades recíprocas entre Homens - Animais, no Elo perfeito de Vossa Divina Criação.

Aos meus pais SILVIO e LUIZA ARLETE, pela educação moldada em seus exemplos de honradez, honestidade, dedicação, humildade e companheirismo, dando-me coragem a transpor as barreiras do caminho sem perder a direção e a boa conduta. Só posso agradecer hoje, dizendo que mais esta conquista pertence a vocês, considerando que a semente que outrora semearam, começa a se frutificar. Colhamo-las juntos.

À minha namorada Daniella Sanches Rapello pelo amor, carinho, atenção, paciência, compreensão, incentivos e companheirismo nesta luta árdua e difícil que se estendeu nestes últimos anos em prol desta batalha para a obtenção de mais um título. Tenho muito que agradecer-lá por ter tido fundamental importância nesta caminhada rumo às novas conquistas, me propiciando forças nas horas mais difíceis e incentivando a continuar seguindo rumo aos meus objetivos. Receba o meu reconhecimento, amor e gratidão.

A TODOS os meus tios, em especial ao tio Rubens, a tia Lamis e à madrinha Dulce: que tiveram participação fundamental e primordial no decorrer desta minha vida estudantil. Sabemos que tudo na vida tem sua hora própria de acontecer. Se em certos momentos precisamos receber, noutros, teremos a satisfação de retribuir. Compreendendo bem esses momentos, agradeço a essencial participação que tiveram na realização e conclusão de mais esta etapa de minha vida, pois assim, estou podendo aprender a caminhar com minhas próprias pernas, mas fundamentalmente perceber que nunca estive sozinho.

Ao meu avô MUNIR (*in memorian*), ao meu padrinho José Sales – Zequinha (*in memorian*), a tia Norma Martins Edreira – Amarela (*in memorian*), pelo companheirismo, amizade, compreensão, orações e amor, que de alguma forma vieram-me incentivar na

busca por uma profissão e um lugar ao sol. Manifesto o meu eterno carinho, com a certeza que já noutra dimensão, ambos continuam torcendo por mim, pois já posso ver que as cicatrizes de ontem, se transformaram na LUZ que marcam suas infinitas presenças e iluminam o meu caminho rumo às vitórias.

Ao prof. Dr. João Ademir de Oliveira, que com sua competência profissional me aceitou como seu orientado e aluno de mestrado, compartilhou com humildade suas preciosas lições que manifestam-se em conhecimentos sólidos do aprendizado, cuja confiança em mim depositada é a grande bagagem que com orgulho levo do momento presente para o amanhã que me espera...

Aos amigos Ramon Henrique Edreira Neves, Ronan Caetano Cruvinel, João Gonçalves Corrêa - Coréia (*in memoriam*) que através de seus dignos trabalhos, amizade e carinho - óleo que lubrifica as engrenagens da vida - incentivaram nosso pensamento político, construtivo, renovando o otimismo para corrigirmos e aperfeiçoarmos nosso conhecimento para enfrentarmos os esforços da caminhada, na descoberta do que é real e verdadeiro até dentro de nós mesmos.

Aos Profs. Dr. Raysildo Barbosa Lobo, Dr. Cláudio de Ulhôa Magnabosco, Luiz Antônio F. Bezerra, Dr. José Benedito Trovo, Dr. Danísio Prado Munari, Dr. Adhemar Sanches, Dr. Humberto Tonhati e a Rita de Cássia Lôbo minha madrinha do mestrado, por terem me permitindo maior evolução de um aprendizado que será ponto de partida para outras conquistas, incentivo no aperfeiçoamento de novas idéias em prol de resultados sempre positivos, minha gratidão e reconhecimento.

Ao mestre Pedro Alejandro Vozzi e a colega Daniela Grossi do Amaral, talvez seja mais um que parte. Mas a convivência nos tornou amigos, e, tantas foram às vezes que nosso cansaço e preocupação foram sentidos e compartilhados, nos incentivando a prosseguir cada vez mais, levaremos saudades, deixando agradecimentos pela dedicação e as incansáveis ajudas.

Aos colegas do departamento, companheiros de jornada e de luta, irmãos e amigos das horas solitárias longe da família, teremos agora, como tudo indica destinos diversos, distanciando-nos talvez... Isto faz parte da História de cada um, pois o futuro nos espera e a felicidade é outro marco a ser conquistado, pois ela depende apenas de nós mesmos. Sejamos confiantes e acreditemos que as verdadeiras amizades que aqui

nasceram, sejam como árvores frondosas que, mesmo que sejam transportadas para outros lugares, continuem a emanar pólen, que o vento, ou algum beija flor permita-nos maravilhosos REENCONTROS. Portanto amigos, até breve!

Ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária “Julio de Mesquita Filho” – UNESP – Jaboticabal, pela oportunidade de realizar este trabalho.

A Companhia Comercial OMB em especial ao Fernando Manicardi e ao Manuel Martinez Gomes pelas constantes ajudas e correções de algumas informações e dados.

Aos profissionais, professores e funcionários do Departamento de Ciências Exatas, as instituições como ANCP, Embrapa e UNESP - Jaboticabal com as quais trabalhamos de forma direta ou indireta, agradecer é pouco, muito pouco, porém é o que podemos fazer neste momento. Temos a certeza de que suas imagens ficarão fixadas em nossas lembranças. OBRIGADO!

SUMÁRIO

Resumo geral	11
Summary.....	12
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	13
1 – Introdução.....	13
2 – Objetivos gerais.....	17
3 - Revisão da literatura.....	18
3.1 – A raça Brahman.....	18
3.2 – Variabilidade genética.....	22
3.2.1 – Coeficiente de endogamia.....	22
3.3 - Características de crescimento.....	25
3.3.1 - Coeficiente de herdabilidade (h^2).....	28
3.3.2 – Correlações genéticas.....	31
3.4 – Características reprodutivas.....	33
4 – Referências.....	37
CAPÍTULO 2 - VARIABILIDADE GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO DE BOVINOS DA RAÇA BRAHMAN NO BRASIL: ANÁLISE DE PEDIGREE.....	48
Resumo.....	48
1 – Introdução.....	49
2 – Objetivos.....	51
3 - Material e métodos.....	52
3.1 – Colheita de dados.....	52
3.2 - Análises Estatísticas.....	53
4 – Resultados e discussão.....	55
4.1 - Estrutura do pedigree.....	55
4.2 - Valores de endogamia.....	56
4.3 – Parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene.....	58
4.4 - Contribuição genética dos principais reprodutores	59
5 – Conclusões.....	61
6 - Referências	62
CAPÍTULO 3 – ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO NA RAÇA BRAHMAN.....	64
Resumo.....	64
1 – Introdução.....	66
2 – Objetivos.....	68
3 - Material e métodos.....	69

3.1 - Origem dos dados.....	69
3.2 - Características estudadas.....	70
3.3 - Formação dos grupos contemporâneos.....	71
3.4 - Análises estatísticas.....	71
3.5 - Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e eficiência relativa de seleção indireta versus direta.....	74
4 – Resultados e discussão.....	76
5 – Conclusões.....	85
6 – Referências.....	86
CAPÍTULO 4 - ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS NA RAÇA BRAHMAN.....	90
Resumo.....	90
1 – Introdução.....	92
2 – Objetivos.....	94
3 - Material e métodos.....	95
3.1 - Origem dos dados.....	95
3.2 - Características reprodutivas estudadas.....	96
3.3 - Formação dos grupos contemporâneos.....	97
3.4 – Análises estatísticas.....	97
3.5 - Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e eficiência relativa de seleção indireta versus direta.....	100
4 - Resultados e discussão.....	102
5 – Conclusões.....	109
6 – Referências.....	110
CAPITULO 5 – IMPLICAÇÕES.....	115

ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E REPRODUTIVAS EM BOVINOS DA RAÇA BRAHMAN NO BRASIL

RESUMO GERAL

O presente estudo teve por objetivos principais analisar a variabilidade genética e obter estimativas de parâmetros genéticos das características de crescimento e reprodutivas a partir de um conjunto de dados oriundos de uma população de bovinos da raça Brahman no Brasil. A variabilidade genética foi determinada pela probabilidade de origem do gene e os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita, utilizando análises uni e bi – características. O número efetivo de fundadores decresceu 75%, enquanto o número de ancestrais e genomas remanescentes tiveram um crescimento de 23%, no período de 1998 a 2005. As estimativas das herdabilidades diretas para o peso ao nascer (PN) variaram de 0,28 a 0,41, para os pesos ajustados aos 120 dias (P120), 210 dias (P210), 365 dias (P365), 455 dias (P455) e 550 dias (P550), de 0,36 a 0,52, 0,36 a 0,46, 0,40 a 0,41, 0,33 a 0,35 e 0,28 a 0,36, respectivamente. As correlações genéticas entre PN e os demais pesos variaram de 0,51 a 0,79, entre P120 e os pesos subseqüentes de 0,78 a 0,93, entre P210 e os pesos subseqüentes, de 0,98 a 0,99, entre P365 com P445 e P550, foram 0,99 e 0,98, respectivamente, e entre P455 e P550, 0,98. As estimativas de herdabilidades diretas para as características reprodutivas variaram de 0,25 a 0,35 para período de gestação (PG), de 0,09 a 0,12 para o intervalo entre partos (IEP), para os perímetros escrotais ajustados aos 365 dias (PE365) e 455 (PE455) dias, de 0,36 a 0,37 e de 0,26 a 0,27. As correlações genéticas entre PN e PG, PG e PE365, PG e PE455, PE365 e IEP, PE455 e IEP, PE365 e PE455, foram, respectivamente 0,27, 0,02, -0,03, -0,01, -0,12 e 0,99.

Palavras-chave: Bovinos, características reprodutivas, correlação genética, herdabilidade, pesos, variabilidade genética

QUANTITATIVE GENETIC STUDY OF BOTH GROWTH AND REPRODUCTIVE TRAITS IN A BRAZILIAN BRAHMAN CATTLE POPULATION

SUMMARY

The present study was conducted with two major objectives: the determinative of the genetic variability and the estimation of genetic parameters for growth and reproductive traits, in a Brazilian Brahman cattle population. The data were provided by Brahman Breeding Program. The genetic variability was determined by parameters based on the gene's origin probability and genetic parameters were estimated by the restricted maximum likelihood method by single and two, trait analyses. The effective number of founders decreased 75% while the ancestral numbers and the remaining genomes increased 23% in a period of 1998 to 2005. The estimates of the heritability for birth weight (BW) varied from 0.28 to 0.41, for adjusted weight at 120 days (P120) from 0.36 to 0.52, 210 days (P210) from 0.36 to 0.46, 365 days (P365) from 0.40 to 0.41, 455 days (P455) from 0.33 to 0.35, and 550 days (P550) from 0.28 to 0.36. The genetic correlations among BW and the other weights varied from 0.51 to 0.79. The correlations of P210 with the other growth traits varied from 0.98 to 0.99. Similarly, considering the remaining growth traits the estimated genetic correlations were close to one. The direct heritability estimates for the reproductive traits varied from 0.25 to 0.35 for gestation period (GP), from 0.09 to 0.12 to age for first calving (AFC), from 0.36 to 0.37 for scrotal circumference 365 days (SC365) and from 0.26 to 0.27 to scrotal circumference at 455 days (SC455) of age. The genetic correlations among BW and GP, GP and SC365, GP and SC455, SC365 and AFC, SC455 and AFC, SC365 and SC455, were, respectively, 0.27, 0.02, -0.03, -0.01, -0.12 and 0.99.

Key-words: Bovine, reproductive traits, genetic correlation, genetic variability, heritability, weights

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 - INTRODUÇÃO

A pecuária bovina de corte no Brasil é uma atividade econômica de fundamental importância para o agronegócio. O Produto Interno Bruto (PIB) referente à pecuária de corte é de, aproximadamente, US\$ 38,47 bilhões de dólares, com envolvimento de 7,0 milhões de pessoas considerando toda a cadeia produtiva. Contribuindo com um superávit para a balança comercial em 2005 quando comparado com 2004, de US\$ 34,13 bilhões de dólares. Em termos mundiais, a pecuária bovina brasileira destaca-se não somente pela grandeza de sua população de aproximadamente 168 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2006), mas, sobretudo, pela sua imensa potencialidade de crescimento, a qual, com políticas corretas em curto prazo, tornará o Brasil um celeiro de produção de proteínas de origem bovina.

Aproximadamente 12% da população bovina mundial encontra-se no Brasil, o que, o torna detentor do segundo maior rebanho bovino mundial, perdendo apenas para a Índia. Em termos de produção mundial de carne, o Brasil ocupa o primeiro lugar, superando a Austrália e os EUA, com produção anual de 7,5 milhões de toneladas de carne em 2005. A liderança mundial na exportação de carne bovina surgiu em função de surtos de doenças da vaca louca (encefalopatia espongiforme bovina) nos EUA. Projeções indicam que em 2006, as exportações de carne bovina renderão ao país aproximadamente 3,2 bilhões de dólares e o título de maior exportador em faturamento em 2005 (ANUALPEC, 2006).

O crescimento internacional de movimentos ambientalistas abre perspectiva para avanços ainda maiores na exportação de carne, principalmente, pelo fato desta ser produzida a pasto e sem uso de aditivos que poderiam por em risco a saúde humana. Pela sua importância e pela qualidade potencial de crescimento do rebanho nacional, certamente o Brasil se consolidará como o maior produtor mundial de carne bovina. Para tanto, uma das prioridades é melhorar a precocidade dos animais que serão utilizados como reprodutores e matrizes possibilitando a disseminação deste material genético de forma mais rápida, além de incluir indicadores que aumentem a qualidade

de carne produzida e obter desempenhos reprodutivos mais compatíveis com a moderna pecuária bovina.

Segundo SIMÕES e FERREIRA (2000), as quotas de importação, subsídios à produção e barreiras tarifárias e não tarifárias limitam enormemente o comércio internacional de carnes. O Brasil, conforme mencionou (PEREIRA, 2004), ao contrário dos países do primeiro mundo, não pratica subsídio à atividade, ou seja, seus produtores, comumente, têm de pagar altos tributos e conviver com uma infra-estrutura básica deficiente (meios de transporte, telecomunicações e energia) e, mesmo assim, ser competitivo em preço e qualidade. Concorrer com os protecionismos citados é tarefa árdua e desleal.

A despeito de todas estas dificuldades conjunturais, a pecuária de corte brasileira dispõe de dois componentes que, no cenário de globalização das economias, dão competitividade à esta atividade econômica: baixo custo de produção e domínio tecnológico da atividade (PINEDA, 2000). Este autor cita outros dados ilustrando a pujança da atividade: 168 milhões de cabeças, 200 milhões de hectares de pastagens distribuídas em 1,8 milhões de propriedades, que absorvem 7,0 milhões de trabalhadores, abate de mais de 40 milhões de cabeças/ano em mais de 700 indústrias de carne e derivados, 100 indústrias de armazenagem, 55 mil estabelecimentos no comércio varejista de carne, 560 curtumes e 4150 indústrias de calçados. É preciso ainda ressaltar que a população bovina mundial tende a se estabilizar, ou mesmo diminuir, nos grandes países produtores de carne, embora esta tendência não vem ocorrendo no Brasil.

Alguns países, como o Brasil, são privilegiados no que se refere às condições para a produção de proteínas de origem animal. Clima, solo e recursos humanos há muito deixaram de ser obstáculos e passaram a constituir vantagens comparativas que, somadas à extensão territorial, possibilitam ao País produzir proteína animal a preços competitivos, em quantidades crescentes, com qualidade desejada pelos consumidores, principalmente, a qualidade exigida por mercados importadores como a África do Sul e países do Oriente Médio.

Estudos indicam a necessidade de melhorar os índices do empreendimento para atender às crescentes demandas do mercado mundial, da sociedade e do governo, por

sistemas de baixo impacto ambiental, harmoniosamente inseridos na cadeia produtiva e capazes de promover desenvolvimento econômico e social em âmbito regional. Além disso, podendo gerar condições de participações em dispositivos como o Tratado de Kyoto, oportunidade com amplo espaço e que o Brasil ainda pouco explorou.

A produção animal resulta da ação conjunta das forças de origens genética e ambiental. Altos níveis de produção só podem ser alcançados melhorando simultaneamente a composição genética dos animais e as condições ambientais da criação. A composição genética é a base para o estabelecimento de programas de melhoramento e é o fator que limita a capacidade de resposta dos animais aos processos seletivos. É indispensável procurar compatibilizar o potencial genético com as condições ambientais da exploração animal.

O aumento da produção e produtividade dos animais domésticos é um desafio técnico e político dos dias atuais, face à crescente demanda das proteínas de origem animal pela população humana. Esta exigência é muito mais premente nos países tropicais, onde a maioria da população vive em estado de miséria e subnutrição. A produtividade animal nos países tropicais é extremamente baixa quando comparada com a dos países de clima temperado. Os trópicos, com 65% da população bovina mundial, produzem dez vezes menos leite e quatro vezes menos carne que os países temperados (PEREIRA, 2004). Obviamente, as causas destas acentuadas diferenças não são somente climáticas mas sim de várias origens, sendo que, inegavelmente, o baixo valor genético das suas populações animais, além de deficiências das condições ambientais, são os argumentos causais mais aceitos. Evidencia-se, assim, a importância do melhoramento genético das populações animais. Faz-se necessário que os criadores tenham acesso a reprodutores geneticamente superiores e simultaneamente disponibilizem condições ambientais adequadas e que haja remuneração justa pelo trabalho e investimento.

O Brasil é o país que mais produz embriões *in vitro* no mundo atualmente e vem se beneficiando de forma extraordinária de biotecnologias reprodutivas para uma maior obtenção de novos ganhos genéticos. Dentre essas biotecnologias citam-se a produção *in vitro* de embriões, a transferência de embriões, a inseminação artificial, a sexagem de sêmen, a seleção assistida por marcadores genéticos moleculares (MAS) e outros. No

Brasil, muitos progressos podem ser visualizados na qualidade genética do rebanho bovino, principalmente a partir dos anos 1970, com a difusão da inseminação artificial, quando se chegou a ter no País em torno de 30 a 40 centrais de produção de sêmen. Cresceu o interesse dos criadores por reprodutores de mérito genético superior, principalmente das raças Nelore, Gir, Guzerá, Indubrasil e raças européias utilizadas em cruzamentos com o Zebu (MARQUES, 2003).

2 – Objetivos gerais

Os objetivos gerais deste estudo foram:

- ✓ Estudar a variabilidade genética em bovinos da raça Brahman no Brasil participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB), quantificando a contribuição genética dos principais reprodutores, o tamanho efetivo populacional, o número efetivo de fundadores, ancestrais e genomas remanescentes e identificando os principais animais com maior representatividade alélica na população; e
- ✓ Estimar parâmetros genéticos e eficiências relativas de seleção indireta versus a direta para as características de crescimento, peso ao nascer, aos 120, 210, 365, 455 e 550 dias de idade e para as características reprodutivas, período de gestação, intervalo entre partos e perímetros escrotais nas idades 365, 455 e 550 dias de idade em bovinos do referido programa, com intuito de estabelecer critérios de seleção.

3 – REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - A raça Brahman

A região sul dos Estados Unidos, da costa do Golfo do México, passando pelo estreito do Texas até a Flórida, no século XIX tinha um gado de chifres longos, “Longhorn”, descendente dos animais trazidos pelos espanhóis, com muitos exemplares em estado de liberdade total. Raros eram os animais de origem britânica ou francesa como no norte do País.

Os fazendeiros daquela região precisavam encontrar resposta para uma raça bovina que fosse competitiva em um mercado com crescente demanda de carne. A descoberta dos *Bos indicus* como solução não foi inicialmente técnica. Como aconteceu no Brasil também. Foi um presente da curiosidade humana pelo exótico. O exemplo claro disso foi com o “irriquieto touro de circo”.

O cowboy Peter Hahn recebeu de presente do The Hagenbeck Animal Show of the Hagenbeck Wallace Circus, um touro azulado de sangue indiano por ter ajudado na montagem e desmontagem do circo em Columbus, 1895. Esse touro acompanhava seu dono onde ele fosse trabalhar. Nos diversos ranchos onde passou, deixou uma progênie com vacas das mais diversas raças que padreou (Longhorns, Herefords e Shorthorns). Seus bezerras e bezerras fizeram diferença aos olhos dos fazendeiros (LEMOS, 2006).

O “touro azul” era provavelmente da raça do Grupo I, na classificação do gado da Índia relatada por LEMOS, 2006 *apud* Josh e Phillips, 1954, que reúne as etnias: Guzerá (Kankrej), Kenwarianya, Malvi, Khergarh, Tharparkar e Hissar. Grupo que apresenta muito comumente uma pelagem cinza azulada e que os brasileiros denominaram “azulego”.

Foi notada a boa resistência dos animais filhos de animais de origem indiana ao ambiente hostil comparada à das raças de sangue europeu. Muitos criadores descobriram os cruzamentos com o gado de cupim e fizeram, então, o cruzamento absorvente para a genética indiana. Na Louisiana, a criação de gado com sangue da

Índia teve início mais fortemente com o Sr. Richard Barrow, plantador de cana de açúcar e algodão em Saint Francisville. Isso provavelmente, em 1854 (LEMOS, 2006).

Posteriormente, ocorreram algumas importações da Índia como a de um touro Guzerá puro chamado "Khedive", dando início ao processo de importação de mais animais zebuínos para a formação da raça, que se estendeu até 1915. A partir de então os produtos cruzados receberam o nome de "*big eared Louisiana cattle*". Em 1915, deu-se início a seleção de Brahman, quando ocorreu mais uma importação de 40 fêmeas aneloradas. O grande impulso, no entanto, aconteceu quando os Estados Unidos realizaram duas importações de Zebu do Brasil, em 1923 e 1924. O gado brasileiro apresentava uma nítida predominância de Guzerá, com alguma evidência de Gir e de Nelore (FELÍCIO, 2002).

O objetivo fundamental de seus formadores foi criar uma raça que pudesse suportar calor, umidade, insetos, parasitas e doenças típicas do Golfo do México na penúltima virada de século. Esses pioneiros eram criadores que gostavam das características das raças inglesas (Angus, Hereford e Shorthorn) como produtoras de carne, mas não podiam fazer com que elas tivessem sucesso e prevalecessem na inóspita região subtropical do Sul dos Estados Unidos.

O Brahman atual apresenta as seguintes características: resistência a doenças e parasitas, adaptação a altas e baixas temperaturas, fertilidade e facilidade de parto; conversão eficiente de alimentos e menor exigência alimentar, precocidade sexual e de acabamento, docilidade e habilidade materna, qualificando essa raça de *Bos indicus* para os melhores trabalhos de seleção da pecuária de corte contemporânea (MARQUES, 2003).

Após a formação da raça nos Estados Unidos conforme descrição anterior e da fundação da ABBA - American Brahman Breeders Association, em 1929, até hoje, a raça experimentou imenso sucesso em todo o mundo tropical, já estando em mais de 70 países (FELÍCIO, 2002). Os dois últimos países a adotarem o Brahman foram a Tailândia e o Brasil. No Brasil, a sua introdução ocorreu recentemente, tendo sua primeira importação no ano de 1994, com animais originários dos Estados Unidos, que no passado foram fruto de cruzamento de quatro importantes raças: Nelore, Gir, Guzerá e Krishna Valley; posteriormente foram importados mais animais da Argentina,

Colômbia e Paraguai, em um total de 976 animais vivos que entraram no País desde abril de 1994.

Quando se compara o número de animais que ingressaram no Brasil aos 288 (266 touros e 22 vacas) que a ABBA tem como o número formador do Brahman nos Estados Unidos, pode-se dizer que já existe uma boa base Brahman para os criadores brasileiros utilizarem. Considerando-se os muitos embriões que vieram e que ainda continuam a chegar, o sêmen de bons reprodutores e a existência do maior rebanho zebuíno do mundo, pode se presumir, com razoável certeza que o Brasil, em breve, se tornará uma das referências mundiais de rebanho Brahman (LEMOS, 2006). Desde sua introdução em 1994, a raça está em constante crescimento no Brasil, o que pode ser observado por meio de dados estatísticos da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu de 1995 a 2005, o volume de registros genealógicos de nascimento cresceu em média, 129% ao ano. Só em 2005 foi registrado o nascimento de 10,5 mil animais na Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), um aumento de 138% em relação a 2004 (VASCONCELLOS, 2006).

Ao contrário de outras raças que têm tentado se consolidar no Brasil nos últimos vinte anos, a forma organizada como está começando o gado Brahman, com projetos consistentes, um programa de avaliação genética e uma associação atuante como a Associação dos Criadores de Brahman do Brasil – ACBB. A raça Brahman foi o grande destaque na comercialização de material genético no ano de 2003 o mercado das raças de corte no Brasil comercializou em leilões a soma de aproximadamente US\$ 175 milhões, sendo somente 2,2% correspondente à raça Brahman, mas foi à raça que apresentou a maior média geral de US\$ 4.855,00 por animal para um total de 779 animais vendidos e a maior média de fêmeas de US\$ 7.760,00 para 390 matrizes comercializadas e segunda média (US\$ 5.116,00) de prenhez por TE e FIV sexadas de fêmeas, relativamente a 86 animais (LEMOS, 2006).

No âmbito reprodutivo, em 2005 foram comercializadas 178 mil doses de sêmen, participando de 4% do mercado brasileiro de sêmen para corte. Apesar da redução de 9,7% em comparação a 2004, analisando a evolução dos últimos cinco anos, a raça Brahman foi a que mais cresceu em volume de vendas. De 2001 a 2005, o aumento foi

de 124%. E é por isso que a Brahman é a terceira raça zebuína com maior volume de vendas, perdendo apenas para a Nelore e Nelore Mocha (VASCONCELLOS, 2006).

Para os que vão além da inseminação artificial, os números também apontam crescimento. VASCONCELLOS (2006), analisando a evolução da comunicação de transferência de embriões, de acordo com a ABCZ, em 2005 foram transferidos 26 mil embriões de doadoras PO, um aumento de 254% em comparação a 2004. O aumento se deve à transferência de embriões *in vitro* (FIV), que participou de 81% do total, e aumentou, no mesmo período, em 493%. Segundo a mesma autora a técnica tem sido a preferida pelos criadores, por demonstrar melhor aproveitamento em doadoras de maior valor econômico. Além disso, doses de sêmen de valores genéticos e/ou de mercado de maior cotação também podem ser melhor aproveitadas por meio da FIV.

Por conta disso, a raça é a vice-líder na utilização de FIV, participando de 17% desse mercado. A Nelore, com a transferência de 97,3 mil embriões, tem uma participação de 76%. Estes dados mostram que de 2003 a 2005, a transferência de embriões *in vivo* (mais conhecida como TE), aumentou em média 22%, ao contrário da FIV, que no mesmo período aumentou em média 12 vezes mais (VASCONCELLOS, 2006).

3.2 - VARIABILIDADE GENÉTICA

Se a seleção ocorre à médio e longo prazos, FALCONER e MACKAY (1996) destacaram a importância de se considerar a depressão por consangüinidade, reduzindo, neste caso a variabilidade genética e, conseqüentemente, a resposta obtida. MEUWISSEN e WOOLLIAMS (1994) definiram os efeitos detrimenais da consangüinidade como: redução da variância genética aditiva, o que reduz as taxas de respostas e os valores do limite da seleção para a característica alvo de seleção e outras; depressão por consangüinidade para a característica sob seleção, se os efeitos genéticos são não aditivos; e, finalmente, depressão por consangüinidade na adaptação do animal.

Os valores de variabilidade presentes em uma população podem ser uma importante ferramenta para a tomada de decisões, a respeito do aproveitamento dos recursos genéticos presentes, além do auxílio na seleção e nos acasalamentos dos animais.

3.2.1 – Coeficiente de endogamia

O termo endogamia ou seu sinônimo consangüinidade é usado para especificar acasalamentos entre indivíduos mais aparentados entre si que a média da população à qual pertencem (OLIVEIRA et al., 1999). Tal coeficiente, quando ultrapassa valores superiores a 10% aumenta significativamente o número de locus em homozigose, aumentando, portanto, a chance de genes recessivos indesejáveis se expressarem (ALCALÁ et al., 1995). Levando-se em conta esses efeitos prejudiciais no processo de seleção, o grande desafio passa a ser o de reduzir as taxas de consangüinidade a níveis aceitáveis, no decorrer das gerações ou, de outra forma, tentar otimizar ganhos genéticos em níveis pré determinados (CUNHA et al., 2003).

A presença de ancestrais comuns simultaneamente nos lados paterno e materno da genealogia de um determinado animal determina um aumento na probabilidade de um animal receber cópias idênticas de um determinado gene a partir dos gametas de pai e da mãe (OLIVEIRA et al., 1999).

No trabalho realizado por MALECOT (1948) *apud* Elandt – Johnson (1971), o coeficiente de endogamia (F) indica a probabilidade que dois genes presentes em um indivíduo para um determinado locus sejam idênticos por descendência. O grau de homozigose resultante de acasalamento endogâmico dependerá do nível de parentesco entre os pais, sendo igual à metade do coeficiente de parentesco, para pais não endogâmicos (WRIGTH, 1923 *apud* Elandt – Johnson (1971)). Assim um acasalamento endogâmico entre irmãos completos (50% de parentesco), 25% dos genes que estavam em heterozigose nos pais estarão em autozigose na progênie.

Nesse sentido, diversas estratégias de seleção têm sido propostas no intuito de otimizar o uso da variabilidade genética em populações de animais domésticos selecionados e, com isso, assegurar maiores taxas de respostas à seleção, sobretudo a médio e longo prazos, minimizando-se os efeitos prejudiciais da elevação nos níveis de consangüinidade. Relatam-se, na literatura, práticas de acasalamentos não aleatórios entre os pais selecionados: acasalamentos do tipo fatorial (WOOLLIAMS, 1989); acasalamentos com parentesco mínimo (TORO et al., 1988); e acasalamentos compensatórios (SANTIAGO e CABALLERO, 1995). Em outras estratégias, predefine-se o valor do parentesco médio entre os indivíduos selecionados (MEUWISSEN, 1997).

O aumento do uso da inseminação artificial e outras técnicas reprodutivas, indicam a necessidade de geração e adaptação de conhecimentos sobre a relação de parentesco entre touros, para que medidas de acasalamento sejam tomadas pelos técnicos no campo (VIEIRA, 2004).

VOZZI (2004) cita que o efeito da endogamia sobre características de importância econômica em gado de corte foi extensivamente revisado por BURROW (1993), mostrando que a endogamia do indivíduo tem efeito adverso consistente sobre as características de crescimento desde o nascimento até a maturidade. Em geral, o aumento de um por cento da endogamia resultou num decréscimo de 0,06; 0,44; 0,69 e 1,30 kg nos pesos ao nascer, à desmama, pós desmama (12 a 18 meses de idade) e à maturidade, respectivamente. Isso representaria, supondo animais 50% endogâmicos, uma redução de 3; 22; 34,5 e 65 kg nos pesos ao nascer, à desmama, pós desmama e a maturidade, respectivamente. ALENCAR et al. (1981) mencionaram, na raça

Canchim, redução de 1,49 kg no peso à desmama de machos e de 0,98 kg nas fêmeas para cada um por cento de aumento do coeficiente de consangüinidade.

Tanto a endogamia, como o tamanho efetivo da população, são parâmetros de importância para delinear programas de melhoramento. A redução do tamanho efetivo populacional deve ser considerada e avaliada nestes programas, permitindo o seu monitoramento e manutenção em níveis aceitáveis para condução dos mesmos, já que deles depende a manutenção da variabilidade genética presente na população a ser utilizada nas futuras gerações (VIEIRA, 2004).

Dentre os fatores que justificam a necessidade do monitoramento de uma população em expansão pela análise do *pedigree*, VOZZI (2004) cita que além dos parâmetros de probabilidade de origem do gene, a razão entre o número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais (N_{fun}/N_{anc}) pode ser considerada como uma medida de aumento ou diminuição do número de reprodutores entre períodos. Do mesmo modo, a proporção entre o número efetivo de genomas remanescentes e o número efetivo de fundadores (N_{gen}/N_{fun}) é um indicativo do processo de deriva genética e, portanto, quantifica a perda de alelos fundadores entre gerações.

Os parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene resultam mais convincentes e fáceis de interpretar que os derivados dos níveis de endogamia para quantificar o efeito da deriva genética nas populações (BOICHARD et al., 1997), especialmente quando as informações de *pedigree* são incompletas e poucas gerações são traçadas no *pedigree* dos animais como é o caso da raça Brahman.

3.3 - CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

O crescimento rápido e adequado é desejável nos bovinos de corte, sendo que animais que apresentam maiores ganhos em peso necessitam de menos dias para atingirem o peso ideal de reprodução e/ou abate, tornando-se assim mais rentáveis e interessantes economicamente (VIEIRA, 2004).

PAZ et al. (1999) estudando os efeitos ambientais sobre o ganho de peso no período do nascimento ao desmama em animais Nelore, ressaltaram a importância da remoção destes efeitos sobre tal característica, para que os animais possam ser comparados e distinguidos na seleção do rebanho. Portanto, a correta identificação dos animais geneticamente superiores é determinante para o progresso genético da população. É também de extrema importância o conhecimento de quanto das diferenças observadas nas características de interesse no melhoramento deve-se a fatores genéticos aditivos, ou seja, aqueles transmissíveis às futuras progênes por meio da seleção.

A decomposição dos componentes da variância fenotípica em variância genética e ambiental, baseada no princípio de que semelhança fenotípica entre parentes fornece informações a respeito do grau de diferenciação genética, é de particular interesse, por ser o determinante primário do grau em que as progênes se assemelham aos pais, constituindo assim o fator que governa a taxa de resposta de um caráter à seleção (LYNCH e WALSH, 1997).

De acordo com MERCADANTE et al. (1995) em mamíferos, as mães têm maior influência no fenótipo da progênie do que o pai, sendo as muitas causas deste fato denominadas de efeitos maternos. Efeitos maternos podem ser definidos como qualquer contribuição, influência ou impacto sobre o fenótipo do indivíduo, atribuível diretamente ao fenótipo (genótipo mais ambiente) da mãe, sendo manifestados na fertilização, gestação ou durante a lactação, podendo ser transitórios ou persistir por toda a vida do animal. Esses autores observaram que, em bovinos da raça Nelore no Brasil, o ambiente materno contribuiu com 30% das variações totais dos pesos dos bezerros a desmama e com 19% aos 365 dias de idade.

Num programa de criação animal, a seleção para maximizar a produção é uma das mais importantes decisões a ser tomada pelo pecuarista moderno. Um pré-requisito para o sucesso em planos de melhoramento de gado de corte é a obtenção de estimativas acuradas de parâmetros genéticos. A falta de precisão de estimativas de herdabilidade e de correlações genéticas e fenotípicas podem reduzir a eficiência do critério de seleção a ser utilizado (COSTA, 2005).

A seleção em gado de corte visa o crescimento e a reprodução. O crescimento lento resulta em prejuízos para o criador, em vista do retardamento da idade ao abate e a baixa eficiência reprodutiva com a idade elevada à primeira cria e longos intervalos de partos (PEREIRA, 2004).

Conforme observado por (GARNEIRO et al., 1998) o melhoramento genético de bovinos no Brasil, passou por várias fases. Inicialmente, a seleção era baseada em caracterização racial. Em seguida, foram implantados processos seletivos para características de produção, tais como: controle ponderal, provas de ganho de peso e testes de progênie, baseando a seleção em pesos padronizados em diferentes idades, ganhos de peso e dias para atingir determinados pesos.

Sabe-se que a maioria das pesquisas na área de melhoramento genético animal é orientada no sentido de se obter informações apenas de pesos e ganhos em peso, durante ou logo após o período de aleitamento. Entretanto, OLIVEIRA e LÔBO (1992) sugeriram que essas informações devam ser estendidas para o peso aos 550 dias de idade, característica também importante para estimação de parâmetros genéticos e adoção de esquemas de seleção. Além disso, é importante mencionar que tais parâmetros sejam estimados em amostra bastante representativa da raça, para que se possa obter precisão nas estimativas.

O peso aos 120 dias de idade (P120) e peso aos 210 dias de idade (P210) é um indicador do peso à desmama, que é bastante estudado. Nessa característica verifica-se a manifestação do efeito dos genes do próprio animal para desenvolver-se (efeito direto) e o efeito dos genes da mãe do animal, influenciando seu desempenho (efeito materno). Este representa a habilidade da mãe, principalmente na produção de leite, sendo, portanto, uma medida de fundamental importância para a avaliação genética

indireta de matrizes pelos índices de fertilidade real e ambiental fornecida pela mãe à cria (VIEIRA, 2004).

O crescimento do animal pós-desmame é avaliado pelos pesos as idades-padrão de 365 (P365) e 455 dias de idade (P455). Nessas idades, o potencial genético do próprio animal é expresso em termos de ganho em peso, embora deve -se levar em consideração o efeito residual da habilidade materna, que vai decrescendo conforme o aumento da idade do animal (VIEIRA, 2004).

Entre os vários fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento pós-desmama em bovinos, o ano e a estação de nascimento têm importância particular, já que as condições climáticas podem ser diferentes durante os vários anos, o que significa também diferentes condições alimentares (BIFFANI et al., 1998). Para tanto, a quantificação dos diferentes fatores que atuam sobre determinada característica, sejam genéticos ou ambientais, indicam quais as melhores alternativas para melhorar a produção do rebanho.

Para que dados de pesos sejam úteis em um programa de melhoramento, faz-se necessário a disponibilidade de estimativas de seus parâmetros genéticos de forma acurada. Além disso, há necessidade de se aumentar a acurácia em identificar o mérito genético dos animais, juntamente com seu subsequente uso no programa de seleção, de modo a acelerar, na direção desejada, a alteração das características selecionadas. A implementação dos novos procedimentos teóricos aliados ao avanço tecnológico tem tornado isso possível (MUCARI e OLIVEIRA, 2003).

O desenvolvimento ponderal de bovinos de corte é influenciado por um componente genético, que quantifica a variância genética aditiva e não aditiva dos genes e um componente ambiental, regulado pela influencia temporária ou permanente do ambiente; neste contexto, o ambiente materno também influencia o desenvolvimento do bezerro, principalmente na fase pré-desmama (LOPES et al., 2005).

A correta identificação de efeitos ambientais e genéticos que influenciam a produção dos rebanhos é de suma importância, pois eventuais erros nessa etapa podem provocar estimativas pouco acuradas dos parâmetros e valores genéticos. Assim, as estimativas de herdabilidade e correlação genética entre as características pré-desmame e efeitos genéticos aditivos direto e materno têm significativa importância,

pois contribuem para a seleção cada vez mais precoce, de indivíduos geneticamente superiores (MERCADANTE et al. 1995)

Em termos práticos, 365 dias é a idade mais conveniente para a seleção em gado de corte. Animais mais pesados nessa idade tendem a ser também os mais pesados em idades mais avançadas, 550 e 730 dias de idade. Portanto, essa idade permite uma seleção eficiente e precoce dos melhores animais da população (PEREIRA, 2004).

Para bovinos de corte, até meados da década de 80 muito se discutiu sobre as conseqüências da seleção para peso corporal sobre a eficiência de produção, incluindo o desempenho reprodutivo das matrizes, principalmente pelo aumento do peso adulto advindo dessa seleção (KOCH et al., 1982; SCHOLTZ e ROUX, 1984). Com o acúmulo dos dados dos experimentos de seleção por várias gerações, somado ao aumento quantitativo e qualitativo dos bancos de dados de criadores e associações de raças, e ao avanço dos métodos de predição, os estudos têm mostrado que a seleção para maior peso corporal não apresenta efeitos significativos sobre o desempenho reprodutivo das fêmeas (WOLFE et al., 1990; MEYER et al., 1991; MORRIS et al., 1992; PARNELL, 1994; ARCHER et al., 1998; MERCADANTE et al., 2000; SILVA et al., 2000), embora na maioria deles os animais tenham sido criados em ambientes menos restritivos que o tropical.

3.3.1 - Coeficientes de herdabilidade (h^2)

Para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético animal, é necessário o conhecimento das estimativas de alguns parâmetros genéticos das características de interesse, dentre eles, os coeficientes de herdabilidades. Este coeficiente expressa a proporção da variância total que é atribuída aos valores genéticos, e estes é que determinam o grau de semelhança entre parentes (FALCONER e MACKAY, 1996).

A herdabilidade (h^2) é um parâmetro genético da população indispensável para o desenvolvimento de qualquer programa de seleção, pois determina a importância a ser dada a cada característica.

O coeficiente de herdabilidade tem um valor particular para determinada característica, em uma determinada população e em um determinado tempo (PAZ, 1997). Pode-se dizer que a herdabilidade é a proporção da superioridade ou inferioridade dos pais que se espera que seja transmitida à sua progênie (FALCONER e MACKAY, 1996). Então, a resposta à seleção para uma dada característica irá depender da magnitude do valor estimado para a mesma, sendo ainda necessária para estimar a resposta correlacionada à seleção, para elaborar índices de seleção e prever valor genético dos animais (GUNSKI et al., 2001).

A Tabela 1 apresenta os valores de estimativas de herdabilidade por autor e raça estudada, disponíveis na literatura consultada.

TABELA 1 – Estimativas de herdabilidades (h^2) e respectivos erros padrão (EP) para peso ao nascer (PN), aos 205 (P205), 210 (P210), 365 (P365), 455 (P455) e 550 (P550) dias de idades e raças de acordo com diversos autores.

Autor	Característica	Raça	$h^2 \pm EP$
REZENDE et al. (2005)	PN	Nelore	0,29
LOPES et al. (2005)			0,56 \pm 0,04
PARRA-BRACAMONTE et al. (2006)	PN	Brahman	0,37
REZENDE et al. (2005)	P120	Nelore	0,26
GARNERO et al. (2001)			0,33
MARCONDES et al. (2002)			0,24
LOPES et al. (2005)	P205	Nelore	0,64 \pm 0,05
RIBEIRO et al. (2001)	P205	Nelore	0,16 \pm 0,05
PIMENTA FILHO et al. (2001)	P205	Nelore	0,35 \pm 0,08
MAGNABOSCO et al. (1995)	P205	Guzerá	0,58
REZENDE et al. (2005)	P210	Nelore	0,41
REZENDE et al. (2005)	P365	Nelore	0,34
RIBEIRO et al. (2001)		Nelore	0,40 \pm 0,15
PIMENTA FILHO et al. (2001)		Guzerá	0,26 \pm 0,08
MARCONDES et al. (2002)		Nelore	0,27
MAGNABOSCO et al. (1995)		Nelore	0,69
MARCONDES et al. (2002)	P455	Nelore	0,34
RIBEIRO et al. (2001)	P550	Nelore	0,76 \pm 0,24
GARNERO et al. (2001)		Nelore	0,34
PIMENTA FILHO et al. (2001)		Guzerá	0,46 \pm 0,16
MARCONDES et al. (2002)		Nelore	0,43

3.3.2 - Correlações genéticas

O conhecimento da correlação genética entre características de interesse do melhoramento de alto valor econômico é também importante para o delineamento de programas de seleção em bovinos de corte (COSTA, 2005).

O coeficiente de correlação é um conceito estatístico para a medida do grau e da direção da associação linear entre duas características. Esta associação pode ser provocada por efeitos genéticos e ambientais. Essa associação entre duas ou mais características observadas em indivíduos de determinada população é denominada de correlação fenotípica, a qual decompõe-se nos componentes genético e de ambiente. Para o melhoramento genético de um rebanho bovino, é fundamental conhecer o sentido e a magnitude das associações genéticas entre as características selecionadas, para verificação e controle dos efeitos de seleção sobre outras características (FERRIANI, 2006).

Características correlacionadas são de interesse, por três razões principais. Primeiramente, em conexão com as causas genéticas da correlação, por meio de ação pleotrópica dos genes. Em segundo lugar, em conexão com as mudanças efetuadas pela seleção. É importante conhecer como o melhoramento de uma característica pode causar mudanças simultâneas em outras. Em terceiro lugar, em conexão com seleção natural: a relação entre a característica métrica e o poder adaptativo é o agente primário que determina as propriedades genéticas desta característica, em uma população natural podendo exercer influência importante em seleção (FALCONER e MACKAY, 1996).

Em estudos genéticos, é necessário distinguir as duas causas de correlação entre características: a genética e a de ambiente. A causa de correlação genética é principalmente, pleiotropismo, embora ligações gênicas sejam uma causa de correlação transitória, especialmente, em populações originadas de cruzamentos em linhagens divergentes. Pleiotropismo é, simplesmente, a propriedade pela qual um gene afeta duas ou mais características, de modo que se o gene estiver segregando, causará variação simultânea nas características que ele afeta (FALCONER e MACKAY, 1996).

MASCIOLI et al. (2000) estimaram correlação genética de $0,73 \pm 0,07$ entre peso ao nascer e peso aos 120 dias de idade para animais da raça Canchim. Outros autores, estudando correlações genéticas entre o peso ao nascer e peso aos 210 dias de idade, tais como NÁJERA AYALA et al. (1991), reportaram o valor de 0,28; PÁDUA e SILVA (1994), de 0,34; SOUZA RAMOS (1995), de 0,91, todos na raça Nelore.

PÁDUA e SILVA (1985) e FERREIRA (1985) estimaram na raça Nelore correlações genéticas entre P210 e P550, de 0,33 e 0,86, respectivamente. Estes mesmos autores, também obtiveram estimativas de correlações genéticas entre P455 e P550, de 0,58 e 0,61, respectivamente, na mesma raça.

3.4 – CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS

O perímetro escrotal (PE) vem sendo utilizado como critério de seleção, por apresentar correlações genéticas favoráveis com características de sêmen (KNIGHTS et al., 1984), com idade à puberdade em machos e fêmeas (BOURDON e BRINKS, 1983; MARTIN et al., 1992; e MOSER et al., 1996) e características de crescimento (KNIGHTS et al., 1984; BOURDON e BRINKS, 1983; KRIESE et al., 1991; LÔBO et al., 1994; e BERGMANN et al., 1996). Autores como MACKINNON et al. (1990) sugeriram que os fatores hormonais responsáveis pelo desenvolvimento testicular inicial nos machos são os mesmos que promovem o desenvolvimento ovariano inicial nas fêmeas. BOURDON e BRINKS (1983) relacionaram as medidas de PE com a fertilidade inerente da fêmea (genes para fertilidade).

O perímetro escrotal passou a ser característica valiosa na seleção, quando BOURDON e BRINKS (1983), em reprodutores *Bos taurus taurus*, observaram correlações positivas com a produção de sêmen, fertilidade e características de produção, como peso. BERGMANN et al. (1996) também encontraram correlações genéticas positivas entre pesos e perímetros escrotais. De acordo com LÔBO (1994), o perímetro escrotal possibilita a seleção, pois além de ser uma característica de fácil obtenção, a magnitude do coeficiente de herdabilidade é relativamente alta (0,30 a 0,40). GARNERO, 1999 *apud* Sanches e Lôbo (1998) observaram que os animais da raça Nelore, que atingiram a puberdade mais cedo, possuíam, em média, perímetros escrotais superiores entre os de seu grupo. Hoje em dia, o emprego do perímetro escrotal como critério de seleção em bovinos de corte é comum à maioria dos programas de melhoramento em todo o mundo.

BERGMANN et al. (1996) relatando vários resultados da literatura, mostraram que o PE apresenta estimativa de herdabilidade alta (em média, 0,5) em animais criados em países de clima temperado. Na raça Nelore, os valores estimados por ELER et al. (1996) foram semelhantes (0,52). Valores menores, $0,36 \pm 0,07$ e $0,31 \pm 0,10$, na mesma raça, foram obtidos por MARTINS FILHO e LÔBO (1991) e GRESSLER et al. (1998), respectivamente.

A herdabilidade relativamente alta, a facilidade de medição e as associações genéticas favoráveis com características de sêmen e negativas com características reprodutivas das fêmeas, fazem do perímetro escrotal o critério de seleção mais utilizado para a melhoria da eficiência reprodutiva em gado de corte (KOOTTS et al., 1994; BERGMANN et al., 1996; QUIRINO e BERGMANN, 1998; LÔBO et al., 2000). Entretanto, nos últimos anos, tem-se questionado a eficácia de sua utilização para melhorar a precocidade e a fertilidade das fêmeas, com o argumento de que as correlações genéticas têm baixa magnitude (PEREIRA et al., 1998; PEREIRA et al., 2000b). Diante disso, haveria a necessidade de se estudar outras características medidas diretamente nas fêmeas e que pudessem ser indicadoras de precocidade e fertilidade.

Com relação às fêmeas, há maior dificuldade de se determinar características facilmente mensuráveis e que sejam geneticamente relacionadas com a fertilidade (JOHNSTON e BUNTER, 1996). Algumas características geralmente utilizadas são intervalo entre partos (IEP) e período de gestação (PG).

O intervalo entre partos (IEP) é uma importante característica para avaliação da eficiência reprodutiva e produtiva de um rebanho. Em termos reprodutivos, ele é constituído pelos períodos de serviço e de gestação e, em termos produtivos, pelos períodos de amamentação e seco. No aspecto produtivo, o mesmo está direcionado para a matriz gerar pelo menos uma cria por ano e desmamando-a, preferencialmente com 50% do seu peso vivo (CAVALCANTE et al., 2000).

As características relacionadas à eficiência reprodutiva, segundo informações disponíveis na literatura, mostram valores baixos de herdabilidade. As conclusões extraídas com base em tais estimativas sugerem que o melhoramento genético da eficiência reprodutiva é tarefa difícil e que resultados imediatos podem ser mais facilmente obtidos através de melhoria das condições ambientais, especialmente da nutrição, manejo profilático-sanitário e do manejo geral da criação. No entanto, parece que há substancial variação quantitativa nas características reprodutivas, em geral causadas pela mistura complexa de fatores genéticos e ambientes. Em situações onde o manejo e alimentação são de boa qualidade, as variações genéticas das

características de eficiência reprodutiva são mais evidentes e permitem ações seletivas no sentido de melhorá-las (PEREIRA, 2004).

No caso das raças Zebuínas, cujas pesquisas são obtidas, na maioria dos casos, de dados originários de criadores de elite, onde é comum, até por modismos, o uso de reprodutores famosos e a prática de consangüinidade, é freqüente a obtenção de estimativas de herdabilidade viciadas (subestimadas) conforme PEREIRA, (2004).

Na Tabela 2 estão relacionadas as estimativas de herdabilidade para intervalo entre partos, obtidos pelo método de máxima verossimilhança restrita, de acordo com o ano de publicação do trabalho e raça, segundo diversos autores.

TABELA 2 – Estimativas de herdabilidade (h^2) e respectivos erros padrão (EP) para intervalos entre partos (IEP) de fêmeas das raças zebuínas no Brasil, segundo diversos autores.

Autor(es)	Raça	Nº de observações	$h^2 \pm EP$
NÁJERA AYALA (1990)	Nelore	3.285	0,039±0,027
MARTINS FILHO (1991)	Nelore	318	0,100±0,130
OLIVEIRA FILHO e ABREU (1991)	Nelore	2.467	0,006±0,101
SOUZA et al. (1991)	Gir	8.057	0,13±0,02
SOUZA et al. (1991)	Gir (PO)	2.079	0,06±0,04
SOUZA et al. (1991)	Gir (PC)	5.966	0,17±0,03
MERCADANTE et al. (1996)	Nelore	958	0,10
BALIEIRO (1998)	Gir	8.168	0,06±0,02
GRESSLER (1998)	Nelore	577	0,10±0,01
LÔBO (1998)	Guzerá	2.744	0,14±0,01
PEREIRA et al. (1998)	Nelore	9.476	0,06
BIFFANI et al. (2000)	Nelore	30.114	0,08
PEREIRA (2000)	Nelore	92.286	0,03

Fonte: Adaptado de NÁJERO AYALA (1990) *apud* de PEREIRA (2004)

As estimativas de herdabilidade do intervalo de partos, obtidas na literatura nacional que trata da reprodução do zebu, revelam média de 0,17 (NÁJERA AYALA, 1990), com as restrições já levantadas anteriormente. Há indicações de que as primíparas apresentam valores ligeiramente mais altos do que as múltíparas (PEREIRA, 2004). NÁJERA AYALA (1990), ao justificar o achado de baixas herdabilidades para características reprodutivas, em um rebanho Nelore de elite, constatou que vinte touros com maior número de progênies tinham parentesco médio de 0,1429. Segundo

PEREIRA (2004) além do parentesco, concorrem para a redução das estimativas de herdabilidade, o uso de reprodutores selecionados, portanto, com menor variação aditiva, além de erros que surgem pela utilização de amostras com pequeno número de informações. Também grandes variações ambientais existentes nos climas tropicais, provocam aumento da variância do componente de meio e, conseqüentemente, menor valor da herdabilidade.

O período de gestação (PG) é outra característica relacionada com a reprodução de bovinos, uma vez que vacas com menores períodos de gestação apresentam vantagens reprodutivas sobre vacas com gestações mais longas (BOURDON e BRINKS, 1983). Esses autores, entretanto, colocam em dúvida a eficácia da utilização do PG como critério de seleção, sugerindo que a seleção para crescimento, associada à seleção para menor período de gestação, seria menos eficaz que a seleção para maior taxa de crescimento e menor peso ao nascer, pois poderia diminuir a duração da gestação, quanto alterar a curva de crescimento.

PEREIRA et al. (2002) citaram que a duração da gestação, embora não seja propriamente uma medida de fertilidade, é estreitamente relacionada com o período produtivo, influenciando o número de dias para o parto e até mesmo a idade ao primeiro parto.

GRESSLER (1998) estimou correlação genética de -0,37 a -0,44 entre perímetro escrotal aos 365 dias de idade (PE365) e intervalo entre partos (IEP) para animais da raça Nelore. PEREIRA et al. (1998) estimaram correlações genéticas entre perímetro escrotal aos 550 dias de idade (PE550) e IEP, PE550 e PG, de 0,10 e -0,04, respectivamente, na raça Nelore. Também na raça Nelore, GRESSLER et al. (2000) estimaram correlação genética de 0,99 entre perímetro escrotal aos 365 dias de idade (PE365) e aos 550 dias de idade (PE550).

4 - REFERÊNCIAS

ALCALÁ, A.M.; FRANGANILLO, A.R.; CÓRDOBA, M.V. Analisis genético de los niveles de consanguinidad em lar aza Retinta. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.44, p.257-265, 1995.

ALENCAR, M.M.; SILVA, A.H.G.; BARBOSA, P.F. Efeito da consangüinidade sobre os peso ao nascimento e à desmama de bezerros na raça Canchin. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.10, p.156-171, 1981.

ANCP - Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.ancp.org.br>> . Acesso em: 20 jan. 2006.

ANUALPEC 2006 – Anuário da Pecuária Brasileira – São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, Editora Argos, 2006.

ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; PARNELL, P.F. et al. Effect of divergent selection for yearling growth rate on female reproductive performance in Angus cattle. **Livestock Production Science**, v.57, p.33-40, 1998.

BERGMANN, J.A.G.; ZAMBORLINI, L.C.; PROCÓPIO, C.S.O. et al. 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, p. 69-78, 1996.

BIFFANI, S.; MARTINS FILHO, R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos para crescimento em animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998 p.428-430.

BOICHARD, D.; Maignel, L.; VERRIER, E. The value of using probabilities of gene origin to measure genetics variability in a population. **Genetic, Selection and Evolution**, v.29, p.5-23. 1997.

BOURDON, R.M.; BRINKS, J.S. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 6, p.1412-417, 1983.

BURROW, H.T. The effects of inbreeding in beef cattle. **Animal Breeding Abstract**, v.61, p.737-751, 1993.

CAVALVANTE, F.A.; MARTINS FILHO, R.; CAMPELLO, C.C.; LOBO, R.N.B.; MARTINS, G.A. Intervalo de partos em rebanho Nelore na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1327-1331, 2000.

COSTA, G.Z. **Estudo de escores visuais e de ganhos médios diários de peso de animais formadores da raça Brangus**, 2005. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

CUNHA, E.E.; EUCLYDES, R.F.; TORRES, R.A.; LOPES, P.S.; RIBEIRO JUNIOR, J.I.; CARNEIRO, P.C.S. Efeito de tipos de acasalamentos e razões sexuais na seleção baseada no BLUP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1297 – 1303, 2003.

ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; SILVA, P.R. Parâmetros genéticos para peso, avaliação visual e circunferência escrotal na raça Nelore, estimados por modelo animal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 48, n.2, p.203-213, 1996.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 63p. (Documento, 75).

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Longman: Essex UK, 1996. 464p.

FELÍCIO, P. E. **Sistema de Informação da Carne**. Disponível em: <http://www.sic.org.br/PDF/Racas_Bovinas.pdf> Acesso em: 22 Jan. 2006.

FERREIRA, P.R.C. **Estudo de pesos a diferentes idades e características reprodutivas de um rebanho de animais Chianina, Nelore e seus mestiços em Goiás**. 1985, 148f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERRIANI, L. **Estimativas de herdabilidade das características de carcaça e crescimento e de suas correlações genéticas em animais da raça Nelore**. 2006, 42 f. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

GARNERO, A.V. **Comparação de critérios de seleção em gado de corte visando precocidade e crescimento**. 1999. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

GARNERO, A. del V.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N., Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.714-718, 2001.

GARNERO, A.V.; LÔBO, R.B.; REYES, A.B. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. 1998, **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.434-436.

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. 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. v.3, p.368-370.

GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; PENNA, V.M.; PEREIRA, J.C.C.; GRESSLER, M.G.M. 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.

GUNSKI, R.J.; GARNERO, A. del V.; BORJAS, A. de los R.B.; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.4, p. 603-607, 2001.

JOHNSTON, D.J.; BUNTER, K.L. Days to calving in Angus cattle: genetic and environmental effects, and covariances with other traits. **Livestock Production Science**, v.45, p.13-22, 1996.

KOCH, R.M.; GREGORY, K.E., CUNDIFF, L.V. Critical analysis of selection methods and experiments in beef cattle and consequences upon selection programs applied. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 2., 1982, Madrid. **Proceedings....** Madrid: WCGALP, 1982. v.5, p.514-526.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; SMITH, C. et al. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 1-Heritability. **Animal Breeding Abstract**, v.62, p.309-338, 1994a.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; WILTON, J.W. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 2-Phenotypic and genetics correlations. **Animal Breeding Abstract**, v.62, p.825-853, 1994b.

KNIGHTS, S.A.; BAKER, R.L.; GIANOLA, D. et. al. Estimates of herdabilities 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.

KRIESE, L.A.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L. Age adjustment factors, heritabilities and genetic correlations for scrotal circumference and related growth traits in Hereford and Brangus bulls. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 478-489, 1991.

LEMOS, J.O. **O Brahman no Brasil**, Uberaba- Rotal, 2006. 368 f.

LÔBO, R.B.; REYES, A.; FERRAZ, J.B.S. et al. Bivariate animal model analysis of growth weights and scrotal circumference of Nelore cattle in Brazil. In: WORD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5., 1994, Guelph, Canada. **Proceedings...** Guelph, Canada, 1994. p.199-202.

LÔBO, R.N.B.; MADALENA, F.E.; VIEIRA, A.R. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. **Animal Breeding Abstracts**, Wallingford, v.68, p. 433-462, 2000.

LOPES, J.S.; SOUZA, P.R.S.; RORATO, P.R.N.; WEBWE, T.; BOLIGON, A.A.; DORNELES, C.K.P., Efeitos ambientais e genéticos sobre ao nascer e peso ajustado para 205 dias de bovinos Nelore na Região Sul do Brasil. In: Reunião Anual da SBZ, 42., 2005. Goiânia – Goiás, **Anais...** Goiânia: SBZ, 25 a 28 de julho de 2005. CD-ROM.

LYNCH, M.; WLASH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sinauer Associates, 1997, 980p.

MAGNABOSCO, C.U.; FAMULA, T.R. et al. Componentes de variância e covariância para características de crescimento em rebanho da raça Nelore Mocho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995, p.677-678.

MALECOT, G. **Lês mathématiques de 1^ª hérédité**. Paris :Mason & Cie., 1948.

MARQUES, D. da C. **Criação de Bovinos**. 7 ed., rev., atual e ampl. Belo Horizonte: CVP, Consultoria Veterinária e Publicações, 2003, 586 f.

MARCONDES, C.R. **Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore**. 1999, 93f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MARCONDES, C.R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T.C.C.; ROCHA, J.C.M.C.; LOBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Estudo de modelo alternativo para estimação de componentes de (co) variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** , Belo Horizonte, v.54, n.1, 2002.

MACKINNON, M.J.; TAYLOR, J.F.; HETZEL, D.J.S. Genetic variation and covariation in beef cow and bull fertility. **Journal Animal Science**, v. 68, n. 5, p.1208-1214, 1990.

MARTIN, L.C.; BRINKS, J.S.; BOURDON, R.M. et al. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 4006-4017, 1992.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, p. 209-212, 1991.

MASCIOLI, A.S.; FARO, L.E.; ALENCAR, M.M.; FRIES, L.A.; BARBOSA, P.F. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos e análise de componentes principais para características de crescimento na raça Canchim. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, nov. /dez. 2000.

MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, 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, p.997-1004, 2000.

MERCADANTE, M.E.Z.; LOBO, R.B.; REYES, A. Parâmetros genéticos para características de crescimento em zebuínos de carne. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.3, p.45-89, 1995.

MEUWISSEN, T.H.E. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding. **Journal of Animal Science**, v.75, n.4, p.934 – 940, 1997.

MEUWISSEN, T.H.E.; WOOLLIAMS, J.A. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. **Theoretical and Applied Genetics**, v.89, p.1019 – 1026, 1994.

MEYER, K.; HAMMOND, K.; MACKINNON, M.J. et al. Estimates covariances between reproduction and growth in Australian beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3533-3543, 1991.

MORRIS, C.A.; BAKER, R.L.; HUNTER, J.C. Correlated responses to selection for yearling or 18-month weight in Angus and Hereford cattle. **Livestock Production Science**, v.30, p.33-52, 1992.

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.

MUCARI, T.B.; OLIVEIRA, J.A. Análise genético-quantitativa de pesos aos 8,12,18 e 24 meses de idade em um rebanho da raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1604-1613, 2003 (Supl.1)

NÁJERA AYALA, J.M. **Efeitos genéticos e não genéticos sobre características reprodutivas e ponderais de duas populações de bovinos da raça Nelore.** 1990, 150f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NÁJERA AYALA, J.M.; PEREIRA, J.C.C.; OLIVEIRA, H.N. Efeitos genéticos e não genéticos sobre características ponderais de duas populações da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.43, n.1, p.81-91, 1991.

OLIVEIRA, J.A.; BASTOS, J.F.P.; TONHATI, H. Endogamia em um rebanho da raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.721-728, 1999.

OLIVEIRA, J.A.; LÔBO, R.B. Fatores ambientais e genéticos relacionados com o peso aos dezoito meses e ganho diário em bovinos Guzerá. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n.4, p. 629-636, 1992.

PÁDUA, J.T.; SILVA, R.G. da. Avaliação genética do desempenho de bovinos mestiços Chianina x Nelore, 1. Fatores envolvidos e estimação de parâmetros genéticos. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v.10, n.1, p.15-25, jun.1994.

PARNELL, P.F. The consequences of selection for growth rate in beef cattle. **Proceedings of Australian Society of Animal Production**, v.20, p.17-26, 1994.

PAZ, C.C.P. **Efeitos ambientais e genéticos que afetam o ganho de peso de pré desmama em bovinos da raça Nelore.** 1997. 108f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PAZ, C.C.P.; ALBUQUERQUE, L.G.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais sobre o ganho de peso no período do nascimento o desmame em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28 p. 55-64, 1999.

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

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

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. et al. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 3., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ, 1998. p.381-384.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal** – 4. ed. – Belo Horizonte :FEPMZ Editora, 2004, 609 f.

PIMENTA FILHO, E.C.; MARTINS, G.A.; SARMENTO, J.L.R.; RIBEIRO, M.N.; MARTINS FILHO, R., Estimativas de herdabilidade de efeito direto e materno de características de crescimento de bovinos Guzerá, no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1220-1223, 2001.

PINEDA, N.R. Influência do Zebu na produção de carne no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000, Belo Horizonte,. **Anais...** Belo Horizonte, 2000, p.130-149.

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**, New York, v.49, p.1389-1396, 1998.

REZENDE, F.M.; FIGUEIREDO, L.G.G.; MOURÃO, G.B.; BALIEIRO, J.C.C.; CINTRA, D.C.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S., Estimativas de parâmetros genéticos para vigor ao nascimento e algumas características de desenvolvimento ponderal em bovinos da Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 42., 2005, Goiânia – Goiás, **Anais...** Goiânia, SBZ, 2005. CD-ROM.

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; MARTINS, G.A.; SARMENTO, J.L.R.; MARTINS FILHO, R., Herdabilidade para efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos Nelore no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1224-1227, 2001.

SANTIAGO, E.; CABALLERO, A. Effective size of populations under selection. **Genetics**, v. 139, p. 1013 – 1030, 1995.

SCHOLTZ, M.M.; ROUX, C.Z. Correlated responses to selection for growth, size and efficiency. In: WORLD CONGRESS ON SHEEP AND BEEF CATTLE BREEDING, 2, 1984, Pretoria, South Africa. **Proceedings...** Pretoria: WCSBCB, 1984, p.433-443.

SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R. et al. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2223-2230, 2000.

SIMÕES, R; FERREIRA, R.C. Entraves comerciais às exportações de carne bovina. **Informativo Agropecuário**, v.21, n.205, p.23-29, 2000.

SOUZA, J.C. de; RAMOS, A.A. Efeitos de fatores genéticos e do meio sobre os pesos de bovinos da raça Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.24, n.1, p.164-172, 1995.

VASCONCELLOS, A. Sob a ótica do Brahman. **Revista O Brahman no Brasil**, Uberaba, Ano I, edição I, p.18 - 20, 2006.

VIEIRA, H.C.M. **Análise da Estrutura Genética de Rebanhos da Raça Guzerá de um Programa de Melhoramento Genético**. 2004. 57f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

VOZZI, P. A. **Análise da estrutura e variabilidade genética dos rebanhos do Programa de Melhoramento Genético da raça Nelore**. 2004. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

WOLFE, M.W.; STUMPF, T.T.; WOLFE, P.L. et al. Effect of selection for growth traits on age and weight at puberty in bovine females. **Journal of Animal Science**, v.68, p.1595-1602,1990.

WOOLLIAMS, J.A. Modifications to MOET nucleus breeding schemes to improve rates of genetic progress and decrease rates of inbreeding in dairy cattle. **Animal Production**, v. 49, p. 1 – 14, 1989.

WRIGHT, S. Evolution in Mendelian populations. **Genetics**, v.16, p.97-159, 1923.

CAPITULO 2 - VARIABILIDADE GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO DE BOVINOS DA RAÇA BRAHMAN NO BRASIL: ANÁLISE DE PEDIGREE

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar estatísticas descritivas sobre a variabilidade genética em um grupo de animais da raça Brahman oriundos de 16 rebanhos participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB) por meio da análise do pedigree. O arquivo de dados foi dividido em dois períodos de anos: 1998-2001 e 2002-2005. A variabilidade genética foi determinada pelos parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene visando avaliar a evolução nos períodos analisados. Os valores encontrados para o número de fundadores mostraram que a população está em expansão, embora o número efetivo de fundadores (N_f) tenha reduzido de 718,3 para 183,3, indicando diminuição do número de famílias de fundadores, o que não ocorreu em relação ao número de ancestrais (N_a) e genomas remanescentes (N_g), que apresentaram um crescimento de 23% nos períodos avaliados. O número de ancestrais com maior contribuição genética na população é ainda pequeno, indicando a utilização de poucas famílias na reprodução. Tal fato poderá causar redução da variabilidade genética, além de propiciar perdas de alelos fundadores por deriva genética e, conseqüentemente, aumento da probabilidade de acasalamentos consangüíneos.

Palavras-chave: Bovinos, contribuição genética, endogamia, tamanho efetivo de população

1 - INTRODUÇÃO

Um programa de melhoramento genético eficaz proporciona rápida propagação de genes desejáveis, favorecido ainda pelo recente desenvolvimento de tecnologias como a inseminação artificial, a transferência de embriões e a produção “*in vitro*” de embriões. A disseminação intensiva do material genético melhorado, por sua vez, a uma redução da diversidade genética.

A estrutura do fluxo de genes na população, favorece naturalmente a diminuição das diferenças genéticas entre rebanhos multiplicadores e comerciais, que seguem orientados por núcleos de seleção, por sua vez caracterizados pela contribuição genética de poucas famílias. Logo, com a implementação desses programas de melhoramento genético e o emprego de modernas biotecnologias, a estrutura de uma população pode ser influenciada, tendo como consequência, uma desigual e prolongada contribuição genética dos principais ascendentes a contribuírem com o desenvolvimento populacional. Isto associado à permanência desses touros por longos períodos nas centrais de inseminação poderão proporcionar um aumento nos níveis de endogamia nos rebanhos (FARIA et al., 2002).

No melhoramento animal, o parentesco pressupõe semelhança de genótipos. Portanto, conhecendo o grau de parentesco entre dois indivíduos pode-se estimar o valor genético aditivo de um animal com base nas informações de outros animais e estimar ou predizer a contribuição genética de determinados animais fundadores, genearcas, nas populações de reprodutores atuais (VIEIRA, 2004)

Um dos caminhos para descrever a variabilidade genética e sua evolução no tempo é por meio de análise de informações contidas nos pedigrees dos animais (BOICHARD et al., 1997). O método proposto por LACY (1989) para populações de animais presentes em programas de conservação e BOICHARD et al. (1997) para populações bovinas selecionadas, foi aplicado com sucesso na análise de diversidade genética de raças bovinas francesas e austríacas (MAIGNEL et al., 1996; SÖLKNER et al., 1998) e nas raças zebuínas presentes no Brasil (FARIA, 2002; VOZZI, 2004).

Um alelo autossômico amostrado aleatoriamente de qualquer indivíduo tem 50% de probabilidade de ter sido herdado de seu pai ou mãe e 25% de probabilidade de ter

sido herdado de qualquer de seus quatro avós. Por meio dessa regra pode-se estudar o *pedigree* de qualquer indivíduo e estimar a probabilidade de origem deste alelo de qualquer um de seus antepassados (VOZZI, 2004).

Os parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene com o número efetivo de fundadores, ancestrais e genomas remanescentes apresentam muita utilidade para descrever a estrutura populacional das raças após um pequeno número de gerações. Mudanças nos critérios de seleção podem ser detectadas pelos parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene com importante sensibilidade (VOZZI et al., 2004).

Avanços em tecnologias reprodutivas tais como transferência de embriões e fertilização *in vitro*, em populações comerciais de animais domésticos, têm chamado a atenção de pesquisadores, por proporcionarem rápido progresso genético por propiciarem a aplicação de altas intensidades de seleção e, conseqüentemente, facilitarem o aumento da consangüinidade. Estima-se que aproximadamente 50% dos mais de 5.000 touros holandeses jovens submetidos anualmente aos testes de progênie no mundo sejam filhos dos dez melhores touros usados de forma intensiva em diferentes países (WEIGEL, 2001).

2 - OBJETIVOS

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar a variabilidade genética da raça Brahman, utilizando informações de pedigree contidas em um banco de dados do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB), sob gestão da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). A análise da variabilidade genética foi realizada por meio da estimação do tamanho efetivo populacional, do número efetivo de fundadores, ancestrais e genomas remanescentes, e identificação dos principais animais com maior representatividade alélica na população.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Colheita de dados

Foram utilizados dados de pedigree do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB) gerido pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), com o objetivo de promover o melhoramento genético da raça.

O conjunto de dados foi proveniente de 16 rebanhos participantes do PMGRB, criados nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins e Goiás. A maioria das fazendas, ao ingressar no PMGRB, adotaram estação de acasalamentos, cuja duração variava de 60 a 90 dias, envolvendo o período de outubro a março, conforme a região e o nível de manejo do rebanho. A utilização de técnicas de reprodução como inseminação artificial (IA), produção *in vitro* (PIV) e transferência de embriões (TE), como também repasse de touros, após a primeira ou segunda oportunidade de acasalamento têm sido práticas comuns nos rebanhos analisados. O desmame dos bezerros tem ocorrido entre sete e oito meses de idade.

Os dados colhidos nas fazendas foram submetidos a uma rigorosa consistência antes de serem incorporados à base geral de dados.

As fazendas participantes do programa possuía manejos diferenciados de acordo com as atividades realizadas em cada uma, pois alguns criadores participam de exposições e leilões de elite. Desta forma, os rebanhos podem ter sido manejado exclusivamente em pastagens, em pastagens e suplementados e em pastagens e confinados. As pastagens mais comuns incluem *Brachiarias*, *Andropogon*, *Panicuns* e *Cynodon*. Alguns criadores adotara técnicas de adubação e irrigação de pastagens, com pastejo rotacionado. O clima onde se localizam as fazendas varia entre o equatorial, subtropical quente e úmido a tropical úmido.

3.2 - Análises Estatísticas

O arquivo de dados analisado continha de 35.180 observações, colhidas entre os anos de 1998 a 2005, referentes aos animais cadastrados no PMGRB. As informações contidas no arquivo de parentesco foram: animal, pai, mãe, sexo, raça, ano de nascimento e nome do animal. O banco de dados foi dividido, a título de comparação em dois períodos, os quais foram estabelecidos em termos de dois quadriênios subseqüentes (1998 a 2001 e 2002 a 2005). A estimação dos parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene, o coeficiente de endogamia e parentesco foram obtidos por meio da utilização do pacote PEDIG® (BOICHARD, 2002), o qual, apresenta programas escritos em linguagem FORTRAN para o cálculo dos diferentes parâmetros.

O número médio de gerações, o qual quantifica a contribuição dos principais reprodutores, foi definido pela soma, entre todas as gerações, da proporção de ancestrais identificados em cada geração.

O número efetivo de fundadores (N_{fun}) representa o número de animais com igual contribuição que produziria a mesma variabilidade genética encontrada na população estudada; o número efetivo de ancestrais (N_{anc}) representa o mínimo de animais (fundadores ou não) necessários para se explicar a total diversidade genética da população estudada; o número efetivo de genomas remanescentes (N_{gen}) representa o número de fundadores com igual contribuição que produziria a mesma diversidade genética da encontrada na população estudada e o coeficiente de parentesco mede a probabilidade de dois indivíduos terem genes idênticos por descendência determinada pela presença de um ancestral comum entre eles.

O número efetivo de fundadores (N_{fun}) foi obtido como:

$$N_{fun} = 1/\sum p_i^2$$

em que, p_i é a proporção de alelos da população de referência, contribuída pelo i -ésimo fundador (LACY, 1989). A determinação do número efetivo de ancestrais (Nanc) foi obtida computando-se a contribuição marginal de cada ancestral como:

$$Nanc = 1/\sum p_k^2$$

em que, p_k é a contribuição marginal do k -ésimo ancestral na população (BOICHARD et al., 1997). O número efetivo de genomas remanescentes (Ngen) foi computado como:

$$Ngen = 1/\sum (p_i^2 / r_i)$$

em que, r_i é a proporção esperada de alelos do i -ésimo fundador que permaneceria na população referência, e p_i a proporção esperada de alelos do i -ésimo fundador que contribuiria para a população referência (LACY, 1989).

O coeficiente de endogamia (F) foi analisado nos dois períodos considerados. No presente caso, F designa o coeficiente médio de endogamia esperado se os reprodutores de cada período fossem acasalados aleatoriamente.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Estrutura do pedigree

O arquivo de genealogia utilizado permitiu calcular o número médio de gerações de machos e fêmeas, de acordo com o ano de nascimento, cujas informações permitiram verificar o grau de complexidade do *pedigree* dos animais analisados. A Tabela 1 apresenta o referido número por sexo e ano de nascimento dos animais.

TABELA 1: Número médio de gerações por ano de nascimento e sexo dos animais da raça Brahman.

Nascimento	Machos	Fêmeas
1994	2,58	1,28
1995	1,76	1,12
1996	1,71	1,22
1997	1,49	1,45
1998	1,97	1,70
1999	1,86	1,32
2000	1,22	0,50
2001	2,68	1,70
2002	2,71	2,74
2003	2,94	2,89
2004	2,72	2,66
2005	3,44	3,35

O arquivo analisado contempla informações referentes ao número de gerações desde 1994 até 2005, onde havia pelo menos um ancestral conhecido. O número máximo encontrado no arquivo de dados foi de aproximadamente 3 gerações para machos e fêmeas. No trabalho realizado por FARIA (2004) na raça Sindi, o autor encontrou um número máximo de seis gerações para ambos os sexos; enquanto que em raças zebuínas, FARIA, (2002) encontrou até 13 gerações. Assim, os valores encontrados no presente trabalho, menores que os relatados por esse autor para a raça Sindi e para outras raças zebuínas, podem ser atribuídos ao ingresso desta raça no Brasil apenas na década de 90, não possibilitando ainda a existência de muitas gerações com antecedentes conhecidos.

4.2 - Valores de endogamia

O coeficiente médio de endogamia da população, bem como a porcentagem de animais endogâmicos, foram estimados em dois períodos (1998 a 2001 e 2002 a 2005). A Tabela 2 mostra que o coeficiente de endogamia médio estimado no período de 1998 a 2001 foi maior que o do período compreendido de 2002 a 2005. Tal decréscimo se deve, provavelmente, ao aumento populacional da raça Brahman no Brasil e, conseqüentemente ao incremento significativo de animais novos na população, além da inclusão de animais, no programa, sem pedigree conhecido.

TABELA 2: Coeficiente médio de endogamia e porcentagem de animais endogâmicos da raça Brahman, nos dois períodos analisados.

	1998-2001	2002-2005
F médio (%)	0,69	0,42
% de animais endogâmicos	13,24	10,71

Dos 35.180 animais presentes no arquivo de genealogia, 5.170 (14,69%) apresentaram coeficiente de endogamia (F) diferentes de zero, sendo a estimativa do $F_{\text{médio}}$ igual a 0,55%, com valores variando de zero ao máximo de 37,5%. VIEIRA (2004) reportou em seu estudo que OLIVEIRA et al. (1999) estudando a raça Guzará, em um rebanho isolado, obteve valores de $F_{\text{médio}}$ de 1,08% e 1,36% nos machos e fêmeas, respectivamente.

Resultado superior ao encontrado no presente estudo foi obtido por FARIA (2002), estudando o arquivo nacional de animais registrados na raça Nelore, que relatou um $F_{\text{médio}}$ de 5,55%, com valores variando de zero a 39,06%. O mesmo autor estudando outras raças zebuínas encontrou valores de $F_{\text{médio}}$ de 7,14%, 12,17%, 6,06% e 3,77%, respectivamente, para as raças Gir, Gir mocho, Tabapuã e Nelore, os quais são também superiores aos encontrados no presente estudo para a raça Brahman.

Neste trabalho, também ocorreu a flutuação nos valores, referente ao número de animais endogâmicos em relação aos não endogâmicos, diminuindo de um período para outro, representando uma pequena queda da endogamia. Isto talvez poderia ser um indicativo de que o número de animais aparentados entre os animais que compõem

a base de dados do PMGRB esteja diminuindo, embora essa diminuição também possa ter ocorrido devido ao incremento de novos animais ao PMGRB.

Na Tabela 3, pode-se observar o número de indivíduos endogâmicos na raça Brahman em relação à sua classe de endogamia (F).

TABELA 3: Distribuição da frequência de animais da raça Brahman, de acordo com a classe de endogamia (F).

Classe de endogamia (F %)	Número de animais
0 – 5	4.335
5 – 10	285
10 – 15	177
15 – 20	8
20 – 25	353
25 – 30	1
30 – 35	11
Total	5.170

Embora tenha ocorrido alteração no número de animais endogâmicos em relação aos não endogâmicos, a percentagem de animais com F maior que zero é relativamente alta. Sendo que dos 35.180 animais analisados, 5.170 apresentam um determinado grau de parentesco, indicando a existência de uma provável utilização em larga escala de reprodutores aparentados com uma conseqüente diminuição da variabilidade genética da população estudada.

4.3 – Parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene

O resultado da análise de pedigree por meio dos parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene está disponibilizado na Tabela 4. Pode-se observar que houve um aumento de aproximadamente 2,5 vezes no número de fundadores no último período considerado, o que pode ser explicado pela expansão da raça no Brasil em tal período. A representação de fundadores nos animais analisados, demonstrado pelo N_{fun} , indica diminuição do valor entre os períodos estudados, apesar de que o valor referente ao último período é de alta magnitude. Esta diminuição pode ser consequência da maior utilização de poucas famílias de reprodutores. A presença de animais das raças Nelore, Guzerá e Brahman como fundadores, pode também explicar os valores encontrados para o parâmetro N_{fun} .

TABELA 4. Parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene na raça Brahman por período de anos.

	1998-2001	2002-2005
Nº de fundadores	3164	7973
N_{fun}	718,3	183,3
N_{anc}	41,0	50,2
N_{gen}	33,2	40,9

Os valores encontrados para o número efetivo de ancestrais (N_{anc}) indicam intenso uso de poucos reprodutores nos dois períodos estudados (Tabela 4), com a predominância de inseminação artificial, produção *in vitro* de embriões e transferência de embriões, inexistência de subdivisão da população, onde 10 reprodutores contribuíram com aproximadamente 30% dos genes em cada período de referência.

Para o número efetivo de genomas remanescentes (N_{gen}) ocorreu um pequeno crescimento entre os dois períodos, devido provavelmente ao aumento de alelos fundadores no período compreendido entre 2002 a 2005, embora exista ainda uma predominância na utilização de poucas famílias de reprodutores.

De modo similar ao observado em relação ao parâmetro N_{anc} , o número de genomas remanescentes foi maior no último período considerado, possivelmente em razão da incorporação de animais no pedigree resultante da expansão da raça.

Os valores de diversidade na raça representados pelo N_{anc} são menores que os encontrados por PEREZ TORRECILLAS et al. (2002) nas raças italianas Chianina e Maremmana e por BOICHARD et al. (1997) na raça Simental na França, a qual possui o maior valor de N_{anc} , relatado na literatura consultada. No caso da raça Simental, as fazendas, em sua maioria, utilizavam monta natural.

No Brasil, FARIA (2002), em trabalho envolvendo raças zebuína, obteve valores de N_{anc} de 166, 211, 107, 34, 98, 9 e 78, respectivamente, para Guzerá, Gir, Nelore Padrão, Nelore Mocho, Indubrasil, Sindi e Tabapuã. VOZZI (2004) reportou um N_{anc} para a raça Nelore de 70, em relação ao ano de 2002. Dentre essas raças, a Sindi é a que apresenta maior risco de perda de variabilidade genética, devido à existência de poucos rebanhos, escasso número de fêmeas em reprodução e baixo nível de emprego da inseminação artificial.

4.4 - Contribuição genética dos principais reprodutores

A Tabela 5 apresenta a contribuição genética dos principais ancestrais da raça Brahman nos períodos estudados. Como pode ser observado, poucos reprodutores apresentaram muita contribuição genética na população participante do programa de melhoramento genético da raça. Nos últimos 4 anos, 10 reprodutores responderam por quase 34% dos alelos presentes na população. O principal ancestral contribuiu com mais de 10% dos genes em cada período considerado.

TABELA 5. Contribuição genética (%) dos principais ancestrais nos rebanhos da raça Brahman considerados neste estudo, por períodos de anos.

	1998-2001	2002-2005
Principais Ancestrais	14,53	11,33
5 primeiros	23,49	24,48
10 primeiros	28,78	33,80
50 primeiros	41,32	49,80

A elevada utilização de poucos ancestrais nos períodos analisados que compreendem os últimos 8 anos, pode gerar uma redução da variabilidade genética aditiva, perda de alelos fundadores por deriva genética e conseqüentemente um aumento da probabilidade de acasalamentos consangüíneos na população estudada. Os parâmetros analisados detectaram tendência de diminuição da variabilidade genética. Outro fator observado é uma tendência à diminuição no número de reprodutores entre gerações, perda progressiva de alelos fundadores e um possível aumento das relações de parentesco entre os principais reprodutores e dentro da população analisada da raça Brahman. Embora, a raça Brahman esteja em crescente número populacional e aumento da quantidade de fêmeas em reprodução, o presente trabalho indica a necessidade de constante monitoramento da diversidade genética, para se evitar que no futuro o progresso genético para características de importância econômica seja comprometido, devido à perda de alelos que possam ser importantes nas futuras gerações.

Mas, como a raça encontra-se em expansão, se o material genético fundador não for muito ruim, o melhoramento genético poderá ser bastante efetivo. Efeitos dos fundadores seriam provavelmente mais problemáticos se a população estivesse decrescendo.

5 – CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo com base em bovinos da raça Brahman no Brasil permitiram concluir que:

- ✓ A variabilidade genética, provavelmente, não se alterou com o aumento populacional, assim;
- ✓ Há necessidade de maior utilização de reprodutores, pertencentes a novas famílias; e
- ✓ Implementar acasalamentos dirigidos, com conseqüente monitoramento da variabilidade genética nos bovinos participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman.

6 - REFERÊNCIAS

ANCP - Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.ancp.org.br>> . Acesso em: 20 jan. 2006.

BOICHARD, D.; Maignel, L.; VERRIER, E. The value of using probabilities of gene origin to measure genetics variability in a population. **Genetic, Selection and Evolution**, v.29, p.5-23. 1997.

BOICHARD, D. Pedig: A Fortran package for pedigree analysis suited for large populations. 2002. Disponível em: <<http://dga.jouy.inra.fr/sgqa/diffusions/pedig/pedigE>>. Acesso em: 11 de fev. 2003.

FARIA F. J. C. **Estrutura genética das populações zebuínas brasileiras registradas**. 2002. 177p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FARIA, F.J.C.; VERCESI FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Estrutura Genética da Raça Sindí no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.852-857, 2004.

FARIA, F.J.C.; VERCESI FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Pedigree analysis in the brasilian zebu breeds. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, FR. **Proceeding...** Montpellier: WCGALP, 2002. CD-ROM.

LACY, R. C. Analysis of founder representation in pedigree: founder equivalents and founder genome equivalents. **Zoo Biology**. v.8, p. 111-123,1989.

MAIGNEL, L.; BOICHARD, D.; VERRIER, E. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. **Interbull Bull**, v.14, p. 49-54. 1996.

OLIVEIRA, J.A.; BASTOS, J.F.P.; TONHATI, H. Endogamia em um rebanho da raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.721-728, 1999.

PEREZ TORRECILLAS, C.; BOZZI, R.; NEGRINI, R.; FILIPPINI, F.; GEORGETTI, A. Genetic variability of tree Italian cattle breeds determined by parameters based on probabilities of genes origin. **Journal Animal Breeding Genetics**, v.119, p. 274-279, 2002.

SÖLKNER, J.; FILIPCIC, L.; HAMPSHIRE, N. Genetic variability of populations and similarity of subpopulations in Austrian cattle breeds determined by analysis of pedigree. **Animal Science**. v.67, p. 249-256, 1998.

VIEIRA, H.C.M. **Análise da Estrutura Genética de Rebanhos da Raça Guzerá de um Programa de Melhoramento Genético**. 2004, 57f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

VOZZI, P. A. **Análise da estrutura e variabilidade genética dos rebanhos do Programa de Melhoramento Genético da raça Nelore**. 2004. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

VOZZI, P. A.; MARCONDES, C. R.; BEZERRA, L. A. F.; LOBO, R. B. Estudo de variabilidade genética na raça Nelore mediante análise de pedigree. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande, SBZ: 2004. CD-ROM.

WEIGEL, K.A. Controlling inbreeding in modern breeding programs. **Journal of Dairy Science**, v.84, E. Suppl., p.E177 – E184, 2001.

CAPITULO 3 – ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE BOVINOS DA RAÇA BRAHMAN NO BRASIL

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram estimar componentes de (co)variâncias, herdabilidades para os pesos ao nascer (PN), aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365), 455 (P455) e 550 (P550) dias de idade, correlações genéticas e as eficiências relativas de seleção indireta versus direta entre as características analisadas, para bovinos da raça Brahman no Brasil. Foram analisados 39.783 registros contendo, 15.664, 7.432, 6.585, 4.223, 3.362 e 2.517 observações de PN, P120, P210, P365, P455 e P550, respectivamente, sendo os animais participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB), sob gestão da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Os componentes de variância e as herdabilidades foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML), em modelos unicaracter e bicaracteres. Como efeitos fixos foram considerados os grupos de contemporâneos e idade da vaca ao parto como covariável (efeitos linear e quadrático), aleatório o efeito do animal e do ambiente permanente da vaca (efeito aleatório não correlacionado). Para as características PN, P120 e P210 considerou-se ainda o efeito materno, também aleatório as estimativas das herdabilidades diretas para PN variaram de 0,28 a 0,41, para P120 de 0,36 a 0,52, para P210 de 0,36 a 0,46, para P365 de 0,40 a 0,41, para P455 de 0,33 a 0,35 e para P550 de 0,28 a 0,36. As correlações genéticas entre PN e os demais pesos variaram de 0,51 a 0,79, entre P120 e os pesos subsequentes de 0,78 a 0,93, entre P210 e os pesos subsequentes, de 0,98 a 0,99, entre P365 com P455 e P550, foram 0,99 e 0,98, respectivamente, e entre P455 e P550, 0,98. Os resultados mostram que as características estudadas podem ser usadas como critério de seleção para a identificação dos animais mais produtivos. As correlações genéticas estimadas indicam que, ao se selecionar os animais para qualquer uma das características, automaticamente promoverá também uma resposta para as outras. O peso aos 210 dias em termos de eficiência relativa de seleção indireta

versus a direta com os demais pesos pode ser adotado como critério de seleção da raça Brahman no Brasil, embora ainda apresente influência do efeito materno.

Palavras-chave: Bovinos, Brahman, correlação genética, eficiência relativa de seleção indireta versus a direta, herdabilidade, pesos

1 - INTRODUÇÃO

Para buscar a qualidade do rebanho, com o objetivo de sustentabilizar o sistema, deve-se procurar selecionar como reprodutores aqueles animais que possuam maior longevidade, alta eficiência reprodutiva, conversão eficiente dos alimentos em carne, e pertencentes a tipos e padrões que irão transmitir aos seus descendentes uma composição de carcaça desejável. A capacidade de um indivíduo possuir estas características é devida a dois fatores: a herdabilidade e o meio ambiente no qual está submetido. Nos sistemas de produção modernos, com o advento da informatização, tornou-se muito fácil a utilização de informações de desempenho do animal na determinação do seu potencial genético e sua habilidade em responder ao meio ambiente. A avaliação dessas características é de grande importância, principalmente na comparação e escolha de animais muitas vezes semelhantes, mas onde se busca aquele que melhor irá responder a um programa reprodutivo eficiente.

Os recursos genéticos animais, portanto, constituem a fonte para a futura produção de alimentos e para a estabilidade ambiental e sócio-econômica. O crescimento da população humana e a urbanização continuarão exercendo pressões significativas no desenvolvimento e utilização da pecuária. Conforme estas pressões forem aumentando, haverá maior demanda por produtos de origem animal e recursos genéticos que sustentam essa produção.

O aumento da competitividade no setor agropecuário é uma realidade na pecuária de corte brasileira. A busca por animais economicamente produtivos tem levado os criadores a investirem mais na aplicação de novas tecnologias. Além disso, a globalização expôs o produto nacional à concorrência externa, enfatizando a necessidade de se elevar a produtividade (COSTA, 2005).

Deste modo, faz-se necessário produzir carne de qualidade e sistemas de produção que sejam capazes de se manter produzindo, de forma rentável, por diversas gerações. Isso, entre outras coisas, requer o uso de animais adequados às condições do ambiente de produção, pois só assim, o sistema de produção será capaz de suportar o aumento da rentabilidade para atender o mercado consumidor (COSTA, 2005).

Definir biótipos animais é um processo muito complicado porque formas orgânicas de vida são, naturalmente, muito complexas. Tentar simplificar esses mecanismos acaba levando a generalizações muito perigosas, que podem ser compreendidas erroneamente. Deve-se lembrar que o animal é um resultante de seu patrimônio genético e do meio ambiente (sistema de produção) no qual ele está inserido. Se o ambiente não for restritivo, ou seja, na ausência de estresse ambiental, é possível dizer que animais maiores e mais pesados venham a ser mais produtivos (desde que os fatores ambientais favoráveis estejam disponíveis de forma economicamente viável).

Deste modo para o desenvolvimento de programa de melhoramento genético é necessário o conhecimento de estimativas de parâmetros genéticos das características de interesse. Em gado de corte, as estimativas de herdabilidade para características produtivas como peso ao nascer e os pesos padronizados aos 120, 210, 365, 455 e 550 dias de idade variam, segundo a literatura consultada, de $0,16 \pm 0,05$, para o peso aos 205 dias, a $0,76 \pm 0,24$, para o peso aos 550 dias, ambas estimadas por RIBEIRO et al., (2002) na raça Nelore, sendo que as correlações genéticas entre os pesos variam de 0,28 (PÁDUA e SILVA, 1994) a 0,91 (SOUZA RAMOS, 1995).

2 - OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram estimar os componentes de (co)variâncias, herdabilidades para pesos ao nascer, aos 120, 210, 365, 455 e 550 dias de idade, correlações genéticas e eficiências relativas de seleção indireta versus direta entre essas características de crescimento em bovinos da raça Brahman no Brasil, visando estabelecer critérios de seleção para os mesmos.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Origem dos dados

O arquivo de dados analisado consistiu de 39.783 registros de pesos em várias fases do crescimento, destes 15.664 de peso ao nascer, 7.432 de P120, 6.585 de P210, 4.223 de P365, 3.362 de P455 e 2.517 de P550, sendo todos os animais participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB), sob gestão da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) com sede em Ribeirão Preto, SP.

O conjunto de dados inclui 43 rebanhos localizados nos estados de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Tocantins (TO) e Goiás (GO). A maioria das fazendas, ao ingressarem no PMGRB, adotou estação de acasalamentos, com duração de 60 a 90 dias, dentro do período de outubro a março, conforme a região e o nível de manejo do rebanho. Técnicas de reprodução como inseminação artificial (IA), produção *in vitro* (PIV) e transferência de embriões (TE), como também repasse de touros, após a primeira ou segunda oportunidade foram utilizados com frequência. O desmame dos bezerros ocorrem em idades próximas aos sete e oito meses de idade.

As informações colhidas nas fazendas foram enviadas ao setor técnico da ANCP, onde após passarem por rigorosa consistência, foram incorporadas à base geral de dados. Os registros individuais incluíam como variáveis rebanho, sexo, data de nascimento animal, data de nascimento e idade da mãe, pesagens com os respectivos pesos. Antes de serem analisados, os pesos observados de cada indivíduo foram padronizados às idades de 120, 210, 365, 455 e 550 dias.

As fazendas participantes do programa possuía manejos diferenciados de acordo com as atividades realizadas em cada uma, pois alguns criadores participam de exposições e leilões de elite. Desta forma, os rebanhos podem ter sido manejado exclusivamente em pastagens, em pastagens e suplementados e em pastagens e confinados. As pastagens mais comuns incluem *Brachiarias*, *Andropogon*, *Panicuns* e *Cynodon*. Alguns criadores adotara técnicas de adubação e irrigação de pastagens,

com pastejo rotacionado. O clima onde se localizam as fazendas varia entre o equatorial, subtropical quente e úmido a tropical úmido.

3.2 - Características estudadas

As características estudadas foram os pesos ao nascer, aos 120, 210, 365, 455 e 550 dias de idade. A Tabela 1 inclui números de observações, médias, valores mínimos e máximos, desvios-padrão e coeficientes de variação das referidas características.

TABELA 1 – Número de observações médias, valores mínimos e máximos, desvio padrão e coeficiente de variação das características analisadas em animais da raça Brahman.

Características	Número de Observações	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
PN (kg)	15.664	33,10	15	60	4,17	12,60
P120 (kg)	7.432	131,01	55	258	21,25	16,22
P210 (kg)	6.585	192,08	75	339	34,34	17,88
P365 (kg)	4.223	255,97	110	561	61,10	23,87
P455 (kg)	3.362	295,88	80	684	72,04	24,35
P550 (kg)	2.517	338,25	115	747	77,85	23,02

PN = peso ao nascer, P120 = pesos aos 120 dias de idade, P210 = pesos aos 210 dias de idade, P365 = pesos aos 365 dias de idade, P455 = pesos aos 455 dias de idade e P550 = pesos aos 550 dias de idade.

As padronizações dos pesos nas idades estudadas foram baseadas em uma pesagem anterior e uma posterior à idade padrão referência. No entanto, como nos animais, as pesagens foram realizadas a cada três meses, no caso de perda de informação, o intervalo máximo considerado entre pesagem posterior e a anterior para a padronização foi de 195 dias.

Os animais objeto do presente estudo nasceram entre os anos de 2000 a 2005. As pesagens foram feitas a cada 90 dias (janeiro, abril, julho e outubro) e ao desmame de cada lote.

3.3 - Formação dos grupos de contemporâneos

É de grande importância a formação de grupos contemporâneos para estimativas de parâmetros genéticos, uma vez que, formam as bases dentro das quais as comparações de desempenho dos animais são realizadas. São utilizados nos modelos de análises para que se torne possível eliminar os efeitos ambientais e comparar os animais pelos valores genéticos. É desejável que cada grupo contemporâneo tenha um número razoável de indivíduos, que entre os grupos de contemporâneos hajam animais aparentados (conectabilidade), isto é, os pais de determinados indivíduos em um grupo também sejam pais de outros indivíduos em um outro grupo, e caracterizem um bom controle ambiental, ou seja, possam diminuir a heterogeneidade entre eles. A acurácia da predição do valor genético dos animais dentro de um grupo depende da eficiência dos critérios usados para a definição do grupo contemporâneo. No que se refere a grupos de contemporâneos, o importante é que, além da conectabilidade haja “competição”, ou seja, filhos de diversos reprodutores competindo. Por exemplo, um grupo de contemporâneos com praticamente todos os indivíduos filhos de um mesmo touro, contribui muito pouco para sua acurácia, já que a acurácia é a quantidade aliada à qualidade das informações. Quanto maior for o número de indivíduos por grupo contemporâneos, maior deverá ser a acurácia das estimativas genéticas, desde que, as condições de ambiente apresentem menor heterogeneidade possível e os grupos estejam geneticamente bem conectados (SIQUEIRA, 2000).

Os grupos contemporâneos para as características estudadas neste trabalho, foram constituídos de animais do mesmo sexo, nascidos na mesma fazenda, no mesmo trimestre, no mesmo regime alimentar e no mesmo ano.

3.4 - Análises estatísticas

Os dados foram previamente analisados para se estudar os fatores não-genéticos que estavam influenciando as características em questão, e identificar aqueles com efeitos significativos. As análises foram conduzidas pelo método dos quadrados mínimos, usando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do

pacote estatístico SAS (2000). Objetivou-se a partir desta análise inicial, definir os efeitos fixos, como grupos de contemporâneos e covariáveis, a serem incluídas nos modelos para as análises genéticas. Grupos contemporâneos com número de observações menores que 3 ou filhos de um único pai foram eliminados, além dos que tinham pais desconhecidos. O efeito de grupo de contemporâneos foi significativo para todas as características, enquanto que o efeito da idade da vaca, como covariável (linear e quadrática) foi significativo para PN, P120 e P210. Apesar disto, este efeito foi mantido no modelo de análise para todos os pesos.

Os componentes de variância e covariância necessários à estimação dos parâmetros genéticos das características estudadas foram, estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita, que utiliza algoritmo livre de derivadas, disponível no pacote MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995). O critério de convergência admitido foi de 1×10^{-9} . Como efeitos fixos foram considerados os grupos de contemporâneos (sexo, fazenda, trimestre, regime alimentar e ano), idade da vaca ao parto como covariável (efeito linear e quadrático) e como efeito aleatório o efeito do animal. Para todas as características foi considerado o ambiente permanente da vaca como efeito aleatório não correlacionado. Para peso ao nascer, aos 120 e 210 dias de idade foi incluído no modelo o efeito materno.

Em termos matriciais, o modelo geral utilizado pode ser descrito como:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3p + \varepsilon,$$

em que:

y = vetor das observações da característica;

X = matriz de incidência dos efeitos fixos;

β = vetor dos efeitos fixos;

Z_1 = matriz de incidência do efeito genético direto;

a = vetor de efeitos genéticos diretos aleatórios;

Z_2 = matriz de incidência do efeito genético materno;

m = vetor de efeitos genéticos maternos aleatórios;

Z_3 = matriz de incidência do efeito de ambiente permanente;

p = vetor de efeitos aleatórios de ambiente permanente; e

ε = vetor de efeitos residuais aleatórios.

As pressuposições acerca das distribuições de y , a , m , p e ε podem ser descritas como:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ m \\ p \\ \varepsilon \end{bmatrix} \approx NMV \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} ; \begin{bmatrix} V & Z_1G+Z_2C & Z_1C+Z_2M & Z_3P & P \\ GZ_1++CZ_2 & G & C & 0 & 0 \\ CZ_1+MZ_2 & C & M & 0 & 0 \\ PZ_3 & 0 & 0 & P & 0 \\ R & 0 & 0 & 0 & R \end{bmatrix} \right\}$$

onde:

$$V = Z_1G_1' + Z_2MZ_2' + 2Z_1CZ_2' + Z_3PZ_3' + R;$$

$G = A \sigma_a^2$ em análise unicaráter e $A \oplus G_0$ em análise bicaráter;

$C = A \sigma_{am}$ em análise unicaráter e $A \oplus C_0$ em análise bicaráter;

$M = A \sigma_m^2$ em análise unicaráter e $A \oplus M_0$ em análise bicaráter;

$P = Im \sigma_c^2$ em análise unicaráter e $Im \oplus P_0$ em análise bicaráter;

$R = In \sigma_e^2$ em análise unicaráter e $In \oplus R_0$ em análise bicaráter ;

m = número total de mães;

n = número total de observações; e

NMV = multivariada normal.

Nestas designações, σ_a^2 é a variância genética aditiva direta; σ_{am} , a covariância genética entre os efeitos direto e materno; σ_m^2 , a variância genética materna; σ_c^2 , a variância de ambiente materno permanente; σ_e^2 , a variância do erro. G_0 , M_0 , P_0 e R_0 são matrizes de (co)variâncias genética direta, genética materna, de ambiente permanente e residual, respectivamente. C_0 é uma matriz de covariâncias dos efeitos genéticos direto e materno. Assume-se que P ou P_0 e R ou R_0 não são correlacionados

com os demais efeitos. A é a matriz de relações aditivas entre os animais. I é uma matriz identidade e \oplus é o produto direto entre as matrizes.

3.5 - Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e eficiência relativa de seleção indireta versus direta.

Os coeficientes de herdabilidade (h^2) das características analisadas foram estimados por meio da fórmula:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}$$

onde: $\hat{\sigma}_a^2$ = estimativa da variância genética aditiva, e $\hat{\sigma}_e^2$ = estimativa da variância de ambiente (a qual inclui também outros efeitos genéticos não aditivos) se existentes.

Após a obtenção das estimativas de herdabilidades pelas análises bi-caráter, foram calculadas as médias de todos os valores estimados entre as características analisadas. Foi estimado também o intervalo entre o menor e a maior estimativa obtida para cada característica.

As correlações genéticas (r_{aiaj}) entre as características foram estimadas por:

$$r_{aiaj} = \frac{\hat{\sigma}_{aiaj}}{\hat{\sigma}_{ai} \cdot \hat{\sigma}_{aj}}$$

onde: $\hat{\sigma}_{aiaj}$ = estimativa da covariância genética aditiva, entre as características i e j ; e

$\hat{\sigma}_{ai}$ e $\hat{\sigma}_{aj}$ = desvios – padrão genético (da variância genética) aditivo para as características i e j , respectivamente.

A eficiência relativa da seleção praticada em uma característica sobre outra a ela geneticamente correlacionada foi estimada pela fórmula apresentada por TURNER e YOUNG (1969) que discutiram o valor das correlações genéticas em um processo de seleção simultânea para duas características, relataram que, sendo as características 1

e 2 correlacionadas geneticamente, a eficiência relativa da seleção indireta contra a seleção direta (G), em termos de ganho genético, pode ser obtida do quociente:

$$G = \frac{\text{Ganho genético em 2 sob seleção para 1}}{\text{Ganho genético em 2 sob seleção para 2}}$$

que é estimado pela correlação genética entre as mesmas, multiplicada pela raiz quadrada da razão entre as herdabilidades das características 1 e 2, ou seja:

$$G = r_{G(1,2)} \times \sqrt{\frac{h_1^2}{h_2^2}}$$

onde: se $(r_{G(1,2)} \times \sqrt{\frac{h_1^2}{h_2^2}}) > 1$, a seleção indireta é mais eficiente. Se for < 1 , sugere o quanto se estaria deixando de ganhar caso a seleção fosse direta.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos componentes de variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$), residual ($\hat{\sigma}_e^2$) e fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$), estimados, neste estudo, para os pesos ao nascer, aos 120 dias de idade (P120), aos 210 dias de idade (P210), aos 365 dias de idade (P365), aos 455 dias de idade (P455) e aos 550 dias de idade (P550) para os bovinos estudados da raça Brahman estão sumariados na Tabela 2.

TABELA 2 - Estimativas de componentes de variância pelas análises unicaracter para PN, P120, P210, P365, P455 e P550 de animais da raça Brahman.

Características	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$
PN	3,76	10,95	7,95
P120	113,28	321,28	178,97
P210	399,20	830,10	388,34
P365	534,81	1442,97	907,64
P455	567,96	1903,69	1336,00
P550	564,75	1911,13	1346,30

$\hat{\sigma}_a^2$ = variância genética aditiva, $\hat{\sigma}_p^2$ = variância fenotípica, $\hat{\sigma}_e^2$ = variância residual, PN = peso ao nascer, P120 = pesos aos 120 dias de idade, P210 = pesos aos 210 dias de idade, P365 = pesos aos 365 dias de idade, P455 = pesos aos 455 dias de idade e P550 = pesos aos 550 dias de idade

As estimativas de variâncias pelas análises bicaracteres para as características produtivas estudadas, são apresentadas na Tabela 3. As estimativas de variância genética aditiva, variância fenotípica e variância residual obtidas nas análises unicaracter e nas bicaracteres, estão sumariadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

TABELA 3 - Estimativas de componentes de variância obtidas por análises bicaracteres para PN, P120, P210, P365, P455 e P550 de animais da raça Brahman.

Características	Intervalo de Valores $\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_a^2$ média	Intervalo de Valores $\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_p^2$ média	Intervalo de Valores $\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_e^2$ média
PN	3,71 a 4,25	3,87	10,94 a 11,10	10,99	6,72 a 7,08	6,96
P120	116,18 a 189,11	163,78	333,07 a 375,96	363,72	166,20 a 223,44	186,44
P210	285,33 a 380,59	332,96	792,07 a 833,13	812,60	391,61 a 447,37	419,49
P365	608,11 a 611,68	609,98	1.468,45 a 1.546,25	1.507,35	858,37 a 934,56	896,46
P455	670,56 a 676,64	673,60	1.938,00 a 2.021,63	1.979,81	1.261,18 a 1.351,07	1.306,12
P550	528,76 a 735,65	632,20	1.916,76 a 2.041,59	1.979,17	1.305,94 a 1.384,78	1.345,36

$\hat{\sigma}_a^2$ = variância genética aditiva, $\hat{\sigma}_p^2$ = variância fenotípica, $\hat{\sigma}_e^2$ = variância residual, PN = peso ao nascer, P120 = pesos aos 120 dias de idade, P210 = pesos aos 210 dias de idade, P365 = pesos aos 365 dias de idade, P455 = pesos aos 455 dias de idade e P550 = pesos aos 550 dias de idade

As estimativas de herdabilidade para as características analisadas, obtidas por meio de análises unicaracter, são apresentadas na Tabela 4.

Para a raça Brahman, vale ressaltar que são escassas na literatura consultada, informações referentes à estimativas de herdabilidade para as mais diversas características, sobretudo no Brasil onde a raça foi introduzida recentemente.

TABELA 4 - Estimativas de herdabilidade direta (h^2_a) e materna (h^2_m) para PN, P120, P210, P365, P455 e P550 de animais da raça Brahman obtidas por análises unicaracter.

Características	h^2_a	h^2_m
PN	0,34 ± 0,029	0,01 ± 0,009
P120	0,35 ± 0,064	0,00 ± 0,065
P210	0,49 ± 0,075	0,05 ± 0,029
P365	0,39 ± 0,078	
P455	0,32 ± 0,078	
P550	0,31 ± 0,095	

h^2_a = herdabilidade, h^2_m = herdabilidade materna, PN = peso ao nascer, P120 = pesos aos 120 dias de idade, P210 = pesos aos 210 dias de idade, P365 = pesos aos 365 dias de idade, P455 = pesos aos 455 dias de idade e P550 = pesos aos 550 dias de idade

As estimativas de herdabilidade para as características produtivas (pesos) estudadas na raça Brahman (Tabela 4) apresentam seus valores dentro dos limites revisados na Tabela 1, os quais variaram de 0,13 a 0,76. Na Tabela 5 são apresentadas as estimativas de herdabilidade direta obtidas por análises bicaracteres.

TABELA 5 - Estimativas de herdabilidade direta (h^2_a) para PN, P120, P210, P365, P455 e P550 de animais da raça Brahman obtidas nas análises bicaracter.

Características	PN	P120	P210	P365	P455	P550	h^2_a média
PN	0,38	0,41	0,46	0,41	0,35	0,28	0,38
P120	0,41	0,31	0,36	0,51	0,51	0,52	0,43
P210	0,46	0,36	0,36	*	*	*	0,41
P365	0,41	0,40	*	*	*	*	0,40
P455	0,35	0,33	*	*	*	*	0,34
P550	0,28	0,36	*	*	*	*	0,32

*Critérios de convergência atendido, porém valores super estimados

PN = peso ao nascer, P120 = pesos aos 120 dias de idade, P210 = pesos aos 210 dias de idade, P365 = pesos aos 365 dias de idade, P455 = pesos aos 455 dias de idade e P550 = pesos aos 550 dias de idade

As estimativas de herdabilidades obtidas pelas análises unicaracter apresentam magnitude aparentemente diferente das obtidas pelas bicaracteres, o que pode ser atribuído ao maior número de animais contemplados na matriz de parentesco e pelas covariâncias consideradas entre todas as características avaliadas, na análise bicaracter, além desta levar em conta o efeito da seleção. Por esta razão, coube aqui discutir somente os resultados das análises bicaracteres, sendo que, os das análises unicaracter foram apresentados em função destas permitirem, devido à estrutura dos dados, estimar os erros padrão das estimativas, que foram de pequena magnitude, que é um indicador da precisão das mesmas.

A estimativa média de h^2_a observada de 0,38 para o peso ao nascer dos bezerros estudados neste trabalho, é inferior às relatadas por LOPES et al. (2005), de $0,56 \pm 0,04$ e MACHADO et al. (1999), de 0,48; para a raça Nelore. Entretanto, é superior aos valores observados na mesma raça, por REZENDE et al. (2005) de 0,29 e MILAGRES et al. (1993); NÁJERA AYALA et al. (1991); EUCLIDES FILHO et al. (1991), que estimaram valores variando de 0,19 a 0,36. Por outro lado, a referida estimativa de herdabilidade (0,38) é semelhante à de 0,37 obtida por PARRA-BRACAMONTE et al. (2006), para a raça Brahman.

A estimativa média de h^2_a de 0,43 obtida neste trabalho para o peso aos 120 dias de idade em animais da raça Brahman é superior aos valores encontrados por MARCONDES et al. (2002); REZENDE et al. (2005); GARNERO et al. (2001), de 0,24, 0,26 e 0,33, respectivamente, para a raça Nelore.

A estimativa média de 0,41 para peso aos 210 dias de idade em animais da raça Brahman é menor que a relatada ($0,64 \pm 0,05$) por LOPES et al. (2005) e por MACHADO et al. (1999) de 0,62, para peso aos 205 dias de idade (desmama) na raça Nelore. Por outro lado, é semelhante às relatadas na literatura para a raça Nelore, que variaram de 0,13 a 0,47, com maioria de valores estando entre 0,15 e 0,25.

A estimativa média de h^2_a de 0,40 para peso aos 365 dias de idade para animais da raça Brahman é semelhante à relatada por RIBEIRO et al. (2001) de $0,40 \pm 0,15$, porém é superior às mencionadas na raça Nelore por MARCONDES et al. (2002) de 0,27; REZENDE et al. (2005), de 0,34; EUCLIDES FILHO et al. (1991), de 0,35. No entanto é inferior que à encontrada por MASCIOLI et al. (1996) na raça Canchim (0,53).

A estimativa média de h^2_a de 0,34 para peso aos 455 dias de idade observada neste estudo para animais da raça Brahman (Tabela 5) é semelhante ao valor encontrado por MARCONDES et al. (2002) de 0,34 para animais da raça Nelore.

A estimativa média de h^2_a de 0,32 para peso aos 550 dias de idade, é semelhante à estimativa encontrada por GARNERO et al. (2001) de 0,34; mas é inferior quando comparada às estimativas de $0,76 \pm 0,24$; 0,73; 0,43, obtidas respectivamente por RIBEIRO et al. (2001), MACHADO et al. (1999), MARCONDES et al. (2002), na raça Nelore e a de $0,46 \pm 0,16$, na raça Guzerá, estimada por PIMENTA FILHO et al. (2001). Porém, é superior a encontrada por PÁDUA e SILVA (1994) na raça Nelore (0,13).

As estimativas de correlações genéticas obtidas neste estudo para os diferentes pesos estudados na raça Brahman são apresentadas na Tabela 6.

TABELA 6 – Estimativas das correlações genéticas entre PN, P120, P210, P365, P455 e P550 de animais da raça Brahman, obtidas por análises bicaracteres.

Características	P120	P210	P365	P455	P550
PN	0,79	0,62	0,60	0,54	0,51
P120		0,93	0,78	0,78	0,82
P210			0,98*	0,99*	0,99*
P365				0,99*	0,98*
P455					0,98*

*Correlação de Pearson estimada entre os valores genéticos obtidos pelas análises unicaracter dos animais para as características em questão.

PN = peso ao nascer, P120 = pesos aos 120 dias de idade, P210 = pesos aos 210 dias de idade, P365 = pesos aos 365 dias de idade, P455 = pesos aos 455 dias de idade e P550 = pesos aos 550 dias de idade

Como pode ser observado na Tabela 6, com o aumento da diferença entre PN e as demais idades houve uma diminuição nas correlações genéticas entre as características. A estimativa da correlação genética entre peso ao nascer e peso aos 120 (0,79) concorda com a de MASCIOLI et al. (2000), que obteve para a raça Canchim a estimativa de $0,73 \pm 0,07$. Quanto à estimativa de 0,62, obtida entre peso ao nascer e peso ao desmame (P210), esta é superior às relatadas por NÁJERA AYALA et al. (1991), de 0,28, e por PÁDUA e SILVA (1994), de 0,34, na raça Nelore, mas é menor do que o valor estimado por SOUZA RAMOS (1995), de 0,91, na raça Nelore.

Como a estimativa da correlação genética foi positiva entre os pesos ao nascer e à desmama, há uma indicação de que a seleção baseada nos animais mais pesados ao nascer, deve constituir em uma técnica eficiente para a obtenção de animais mais pesados aos 210 dias de idade, embora não seja recomendada pela possibilidade de aumentar a incidência de problemas de parto. Observa-se também na Tabela 6 que os valores das correlações genéticas para os pesos ao nascer e os pesos aos 365, 455 e 550 dias de idade foram de 0,60, 0,54 e 0,51, respectivamente, sugerindo que a seleção com base nestes pesos poderão levar o aumentos, do peso ao nascer, implicando, provavelmente, no surgimento de partos distócicos nas matrizes.

No caso da raça Brahman, no Brasil, vale ressaltar que alguns fatores podem estar influenciando o peso ao nascer dos animais, pertencentes à população analisada,

devido à existência de animais provenientes de transferência e produção *in vitro* de embriões (HORTA et al. 1993).

Considerando-se a estimativa da correlação entre valores genéticos entre o peso aos 210 dias e o peso aos 365 dias de idade de 0,98 (Tabela 6), constata-se que ao selecionar animais para peso aos 210 dias, a resposta correlacionada em P365 deve ser favorável e no mesmo sentido. Esta estimativa é superior às mencionadas na literatura consultada para a raça Nelore, cujos valores variam de 0,43 a 0,81. As estimativas das correlações genéticas entre o peso aos 210 dias e os pesos aos 455 dias de idade e aos 550 dias de idade foram de altas magnitudes (0,99). Este resultado sugere que ao selecionar para peso aos 210 dias de idade, também haverá resposta favorável para os pesos aos 455 e 550 dias de idade. A estimativa observada entre P210 e P550 é superior à obtida por PÁDUA e SILVA (1994), de 0,33, e por FERREIRA (1985), de 0,86.

As estimativas das correlações genéticas entre o peso aos 365 dias de idade e os pesos aos 455 e 550 dias de idade foram de 0,99 e 0,98 (Tabela 6), respectivamente. Isso significa que a probabilidade de resposta correlacionada favorável para os pesos aos 455 e 550 dias de idade é alta, se a seleção for feita com base nos animais mais pesados aos 365 dias de idade. As estimativas das correlações genéticas entre os pesos aos 365 dias de idade e aos 455, 550 dias de idade obtidas neste trabalho são superiores às encontradas por PÁDUA e SILVA (1994), de 0,58, e por FERREIRA (1985), de 0,61.

O peso à desmama apresentou herdabilidade média de valor igual a 0,41 e altas correlações genéticas com pesos futuros (Tabela 6). No entanto, sendo uma característica indicativa da habilidade materna da vaca, principalmente com relação à produção de leite, não deve ser usada como critério de seleção único para reprodutores. No entanto, MASCIOLI et al. (1996) sugeriram que o peso a desmama pode ser usado como primeiro critério de descarte. NÁJERA AYALA et al. (1991) indicaram um possível efeito materno implícito no peso aos 210 dias de idade, provocando, dessa forma, uma confusão na avaliação dos bezerros.

O peso aos 365 dias de idade apresentou herdabilidade de 0,40 e correlações genéticas positivas e altas com os demais pesos. Portanto, este peso sob seleção

poderá resultar em mudanças para o aumento no P455 e P550, indicando que o P365 pode se constituir em um eficaz critério de seleção.

O peso aos 455 dias de idade apresentou uma estimativa herdabilidade de 0,34, correlações genéticas altas e positivas com os demais pesos. Assim, esse peso também pode constituir em um eficaz critério de seleção para a obtenção de animais mais produtivos.

O peso aos 550 dias de idade apresentou estimativa de herdabilidade de 0,32 e correlação genética alta e positiva com os outros pesos, portanto sob seleção, deverá provocar mudanças em P210 e P365, além do fato de poder alterar de forma não desejável o peso ao nascer dos animais. Apresenta a vantagem de possuir pequeno efeito materno, uma vez que, o animal já foi desmamado há cerca de um ano, podendo ser considerado, por isso, um bom critério de seleção.

Pelo que foi discutido, os pesos aos 365, 455 e 550 dias de idade constituem-se nos melhores critérios de seleção para aumentar o peso na raça Brahman. Além do mais, o pesos aos 455 e 550 dias de idade representam o equilíbrio entre a capacidade de crescimento precoce e adaptabilidade dos animais, pois, até essas idades os animais já passaram por uma estação seca e uma estação chuvosa, em que ocorreu carência de alimentos e excesso de pastagens, respectivamente.

O melhor critério de seleção proposto neste trabalho difere dos apresentados por NÁJERA AYALA et al. (1991) e PÁDUA e SILVA (1994), que sugeriram ser o peso a desmama e o peso a um ano de idade (P365), respectivamente. Porém, o critério aqui apresentado como sendo o mais eficaz é concordante com os relatados por MASCIOLI et al. (1996) e EUCLIDES FILHO et al. (1991).

Na Tabela 7 são apresentadas as eficiências de seleção indireta comparativamente à seleção direta das características estudadas, segundo o critério de TURNER e YOUNG (1969).

TABELA 7: Estimativas das eficiências relativas de seleção indireta comparativamente à seleção direta para as características PN, P120, P210, P365, P455 e P550 de animais da raça Brahman.

Características correlacionadas	Eficiência relativa de seleção (G)
PN (1) x P120 (2)	0,71
PN (1) x P210 (2)	0,59
PN (1) x P365 (2)	0,58
PN (1) x P455 (2)	0,57
PN (1) x P550 (2)	0,55
P120 (1) x P210 (2)	0,98
P120 (1) x P365 (2)	0,83
P120 (1) x P455 (2)	0,90
P120 (1) x P550 (2)	0,98
P210 (1) x P365 (2)	0,99
P210 (1) x P455 (2)	1,08
P210 (1) x P550 (2)	1,12
P365 (1) x P455 (2)	1,07
P365 (1) x P550 (2)	1,09
P455 (1) x P550 (2)	1,01

PN = peso ao nascer, P120 = pesos aos 120 dias de idade, P210 = pesos aos 210 dias de idade, P365 = pesos aos 365 dias de idade, P455 = pesos aos 455 dias de idade e P550 = pesos aos 550 dias de idade.

Diante destes valores pode-se constatar que a seleção direta para peso, ao nascer, é menos eficiente do que a seleção direta para os pesos aos 120, 365, 455 e 550 dias de idade. Na comparação entre a seleção indireta aos 120 dias de idade e a direta nas idades posteriores, observa-se que a primeira também é menos eficiente.

Quando o objetivo for seleção com base nos pesos aos 455 e 550 dias de idade, verifica-se que a seleção indireta aos 210 dias é para esses pesos mais eficiente que a seleção direta para os mesmos. Para os pesos aos 455 e 550 dias de idade, verifica-se que a seleção direta para o peso aos 455 dias de idade é mais eficiente para o melhoramento do peso aos 550 dias, do que melhorá-lo diretamente. Em virtude do exposto, recomenda-se para a raça Brahman, por razões econômicas de tempo e

espaço, realizar a seleção com base no peso aos 210 dias de idade. Assim, a seleção baseada neste peso deve melhorar o desenvolvimento posterior dos animais e, ao mesmo tempo implicar num aumento dos pesos aos 455 e 550 dias de idade em função da alta correlação genética entre os referidos pesos, além de pouco interferir no peso ao nascer. No entanto, o peso aos 210 dias de idade (desmama) como critério de seleção deve ser utilizado com cautela devido ao efeito residual do efeito materno que pode ter bastante influência no peso dos animais, podendo vir a causar algum tipo de confundimento. Uma alternativa seria a utilização como critério de seleção o peso aos 365 dias de idade, tal como pode sugerir as estimativas das eficiências relativas (Tabela 7).

5 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo em bovinos da raça Brahman no Brasil permitiram concluir que:

- ✓ As características de crescimento analisadas apresentaram suficientes variabilidades genéticas aditivas para que a resposta à seleção com base no fenótipo seja positiva, sendo que;
- ✓ Ao selecionar qualquer uma dessas características, automaticamente, tal como sugerem as estimativas das correlações genéticas, deverá haver resposta correlacionada, favorável, nas demais;
- ✓ O peso aos 210 dias de idade, como indicaram as eficiências relativas à seleção, poderia ser utilizado como critério de seleção, para melhorar as características de crescimento, embora tenha como restrição o fato de apresentar ainda influência materna.

6 - REFERÊNCIAS

BOLDMAN, K.G.; KREISE, L.A.; VAN VLECK, L.D. et al. **A manual of MTDFREML**. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincoln: Agricultural Research Service, 1995. 120p.

COSTA, G.Z. **Estudo de escores visuais e de ganhos médios diários de peso de animais formadores da raça Brangus**. 2005. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

EUCLIDES FILHO, K.; NOBRE, P.R.C.; ROSA, A. do N. Idade da vaca e suas inter-relações com a fazenda, reprodutores e sexo do bezerro. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.20, n.1, p.40-46, 1991.

FERREIRA, P.R.C. **Estudo de pesos a diferentes idades e características reprodutivas de um rebanho de animais Chianina, Nelore e seus mestiços em Goiás**. 1985, 148f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

GARNERO, A. del V.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N., Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.714-718, 2001.

HORTA, A.E.M.; MARQUES, C.C.; VASQUES, M.I.; LEITÃO, R.M.; PORTUGAL, A.V. Indução de gestações gemelares em vacas de por transferência de embriões produzidos *in vitro*. In: Simpósio Internacional de Reprodução Animal SPRA, 5., 1993, **Proceedings...**, 1993, Vol.II, 163-172.

LOPES, J.S.; SOUZA, P.R.S.; RORATO, P.R.N.; WEBWE, T.; BOLIGON, A.A.; DORNELES, C.K.P. Efeitos ambientais e genéticos sobre ao nascer e peso ajustado para 205 dias de bovinos Nelore na Região Sul do Brasil. In: Reunião Anual da SBZ, 42., 2005, Goiânia – Goiás, **Anais...** Goiânia – Goiás, 2005. CD-ROM.

MACHADO, P.F.A.; AQUINO, L.H.; GONÇALVES, T.M., Estimativas de parâmetros genéticos e critérios de seleção em características ponderais de bovinos Nelore. **Ciência e Agrotécnica**, v.23, n.1, p.197-204, 1999.

MARCONDES, C.R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T.C.C.; ROCHA, J.C.M.C.; LOBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Estudo de modelo alternativo para estimação de componentes de (co) variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** , Belo Horizonte, v.54, n.1, 2002.

MASCIOLI, A.S.; ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F.; NOVAES, A.P. de; OLIVEIRA, M.S.C Estimativas de parâmetros genéticos e proposição de critérios de seleção para pesos na raça Canchim. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n.1, p.72-82, 1996.

MASCIOLI, A.S.; FARO, L.E.; ALENCAR, M.M.; FRIES, L.A.; BARBOSA, P.F. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos e análise de componentes principais para características de crescimento na raça Canchim. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, 2000.

MILAGRES, J.C.; ARAÚJO, C.R. de; TEIXEIRA, N.M.; TORRES, R. de A.; Influencias de meio e herança sobre os pesos ao nascer, aos 205 dias e aos 365 dias de idade de animais Nelore criados no nordeste do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.3, p.455-465, 1993.

NÁJERA AYALA, J.M.; PEREIRA, J.C.C.; OLIVEIRA, H.N. Efeitos genéticos e não genéticos sobre características ponderais de duas populações da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.43, n.1, p.81-91, 1991.

PARRA-BRACAMONTE, G.M.; MARTINEZ-GONZÁLES, J.C.; TEWOLDE-MEDHIN, A.; GONZÁLEZ-REYNA, A.; BIONES-ENCINIA, F.; GARCIA-ESQUIVEL, F.; CIENFUEGOS-RIVAS, E.G. Alternative models in genetic parameter estimation of weaning weight of registry Brahman cattle from México. In: WORD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 8, Belo Horizonte, Brasil. **Proceedings...**, Belo Horizonte, Brasil, 2006, CD-ROM.

PÁDUA, J.T.; SILVA, R.G. da. Avaliação genética do desempenho de bovinos mestiços Chianina x Nelore, 1. Fatores envolvidos e estimação de parâmetros genéticos. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v.10, n.1, p.15-25, 1994.

PIMENTA FILHO, E.C.; MARTINS, G.A.; SARMENTO, J.L.R.; RIBEIRO, M.N.; MARTINS FILHO, R. Estimativas de herdabilidade de efeito direto e materno de características de crescimento de bovinos Guzerá, no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1220-1223, 2001.

REZENDE, F.M.; FIGUEIREDO, L.G.G.; MOURÃO, G.B.; BALIEIRO, J.C.C.; CINTRA, D.C.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S., Estimativas de parâmetros genéticos para vigor ao nascimento e algumas características de desenvolvimento ponderal em bovinos da Nelore. In: Reunião Anual da SBZ, 42., 2005, Goiânia – Goiás, **Anais...** Goiânia – Goiás, CD-ROM.

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; MARTINS, G.A.; SARMENTO, J.L.R.; MARTINS FILHO, R., Herdabilidade para efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos Nelore no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1224-1227, 2001.

SAS INSTITUTE. **SAS\STAT User`s guide. 8.2** ed. Cary, Inc. 2000.

SOUZA, J.C. de; RAMOS, A.A. Efeitos de fatores genéticos e do meio sobre os pesos de bovinos da raça Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.24, n.1, p.164-172, 1995.

SIQUEIRA, R.L.P.G. **Análise da variabilidade genética aditiva das características de crescimento na raça Nelore**, 2000, f.68. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrária e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TURNER, H.N.; YOUNG, S.S.Y. **Quantitative genetics in sheep breeding**. New York, Cornell University Press, 1969, 332p.

CAPITULO 4 - ESTUDO GENÉTICO QUANTITATIVO DAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS NA RAÇA BRAHMAN

RESUMO

Os objetivos neste trabalho foram estimar componentes de (co)variâncias e herdabilidades para o peso ao nascer (PN), período de gestação (PG), intervalo entre partos (IEP) e perímetro escrotal aos 365 (PE365), 455 (PE455) e 550 (PE550) dias de idade, as correlações genéticas e as eficiências relativas de seleção indireta versus a direta entre as características analisadas, para bovinos da raça Brahman no Brasil. Foram analisados 25.449 registros, contendo 4.095 períodos de gestações, 2.547 intervalos entre partos e 1.028, 1.216 e 899 perímetros escrotais aos 365, 455 e 550 dias de idade, respectivamente, sendo os animais participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB). Os componentes de variância e os coeficientes de herdabilidades foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), em modelos de análises unicaracter e bicaracteres. Como efeitos fixos foram considerados grupos de contemporâneos e idade da vaca ao parto como covariável (efeito linear e quadrático), efeito aleatório o efeito de animal e de ambiente permanente da vaca (efeito aleatório não correlacionado). Para as características, período de gestação e peso ao nascer considerou-se ainda o efeito materno, também aleatório. Análises bicaracteres foram efetuadas para PG com PN, PG com PE365 e PE455, IEP com PE365 e P455 e PE365 com PE455. As estimativas de herdabilidades diretas variaram de 0,25 a 0,35 para PG, de 0,09 a 0,12 para IEP, de 0,36 a 0,37 para PE365 e de 0,26 a 0,27 para PE455. As correlações genéticas entre PN e PG, PG e PE365, PG e PE455, IEP e PE365, IEP e PE455, PE365 e PE455, foram, respectivamente 0,27, 0,02, -0,03, -0,01, -0,12 e 0,99. Os resultados mostraram que o PG pode ser utilizado como um critério de seleção, no intuito de melhorar o desempenho reprodutivo do rebanho. O baixo valor estimado de herdabilidade para IEP indica que esta característica deve responder muito pouco a seleção com base no fenótipo. Quanto ao perímetro escrotal, as estimativas de herdabilidade sugerem que essa característica nas idades analisadas, apresenta variabilidade genética aditiva

suficiente para responder de modo favorável à seleção, como indicativo de precocidade sexual. No entanto, a opção seria PE365, pois permitiria selecionar os animais, em idade anterior aos 455 dias, tal como indicou a estimativa da eficiência relativa.

Palavras-chave: bovinos, características reprodutivas, correlação genética, eficiência relativa de seleção indireta versus direta, herdabilidade, peso ao nascer

1 - INTRODUÇÃO

A expressão eficiência reprodutiva tem um significado amplo e de difícil caracterização, porque se relaciona com todas as fases da vida do animal, desde sua fecundação até o nascimento e morte. Nas fêmeas, a eficiência reprodutiva abrange, entre outros, os seguintes eventos: puberdade, ovulação, regularidade de ciclos estrais, idades à primeira concepção e primeiro parto, período de serviço (do parto até início de nova geração), intervalo de partos, número de crias produzidas ao longo da vida útil, longevidade, facilidade de parição, etc.

Variações na eficiência reprodutiva são expressões fenotípicas resultantes de ações que envolvem fatores genéticos e ambientais. É difícil quantificar com precisão a contribuição de cada uma dessas forças para a sua expressão. Em geral, as causas genéticas tem individualmente menor influência e sua importância é diluída pelos fatores ambientais que exercem ação mais expressiva, como a nutrição, mineralização, saúde e profilaxia, etc.

Em geral, os parâmetros rotineiramente usados para quantificar a eficiência reprodutiva não levam em consideração as fêmeas problemáticas que, em sistemas mais intensivos de exploração, são responsáveis por até 50% das perdas totais do rebanho. A omissão de tais informações provoca redução na variação genética da fertilidade geral do rebanho, causando estimativas de herdabilidade baixas quando, possivelmente, estas são mais elevadas.

VACCARO et al. (1988) mencionaram que a herdabilidade verdadeira ou real da eficiência reprodutiva é mais alta do que comumente tem sido quantificado, especialmente nos países tropicais. O criador, pela importância econômica da fertilidade, deve adotar critérios rígidos de seleção visando à valorização funcional daquelas fêmeas que, no mesmo ambiente, revelam-se superiores e melhores adaptadas.

Os vários estádios do crescimento são bem documentados (MOHJUDDIN, 1993; MERCADANTE et al., 1995; BERTAZZO et al., 2004), porém o número de estudos quanto às características de reprodução ainda são escassos (KOOTTS et al., 1994 a,b). Existem evidências a respeito do antagonismo genético entre crescimento e reprodução

em ambiente desfavorável (MARIANTE e ZANCANER, 1985; BARBOSA, 1991), porém há também estudos indicando que estas características estão pouco relacionadas (SMITH e BRINKS, 1989), ou até mesmo favoravelmente relacionadas com outras características (BARBOSA, 1991; MEYER et al., 1991).

A maioria dos trabalhos publicados com características indicadoras de precocidade está relacionada ao perímetro escrotal. Esta característica apresenta correlação negativa com características reprodutivas, tais como, idade ao primeiro parto, dias para o parto e duração de gestação (PEREIRA et al., 1998). Desta forma, seleção para perímetro escrotal implicaria em ganhos genéticos para estas características de eficiência reprodutiva.

Os problemas reprodutivos são os principais limitantes da eficiência produtiva em bovinos de corte (MATTOS e ROSA, 1984) e, por isso, a inclusão de características reprodutivas nos objetivos de seleção seria indispensável para a otimização da eficiência econômica do rebanho. Apesar disso, os programas de melhoramento genético mais tradicionais têm dado ênfase quase exclusivamente às características de desempenho ponderal.

ALENCAR et al. (1993) sugerem a fertilidade dos machos como critérios de seleção alternativo para aumentar a taxa de natalidade imediata e permanente, uma vez que a baixa herdabilidade das características de fertilidade das fêmeas aliada à baixa intensidade de seleção, normalmente aplicada a esse sexo, resulta em baixo progresso genético esperado.

O intervalo entre partos (IEP) e o período de gestação (PG) são também importantes características para a avaliação da eficiência reprodutiva de um rebanho. As estimativas de herdabilidade para o IEP, segundo valores obtidos na literatura consultada, variam de 0,02 (PEREIRA, 2000) a $0,17 \pm 0,03$ (SOUZA et al., 1991) e com o valor médio de 0,10 em diversas raças (KOOTTS et al., 1994), enquanto que as do PG variam de 0,09 a 0,28 em bovinos de corte (SILVA e PEREIRA, 1986; WRAY et al., 1987; SACRPATI, 1997; PEREIRA et al., 2002). Por outro lado, as estimativas para perímetro escrotal em várias idades são maiores, variando de 0,31 (GRESSLER et al., 1998) a 0,77 (QUIRINO e BERGMANN, 1998).

2 - OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivos, estimar componentes de (co)variâncias, herdabilidades para peso ao nascer (PN), período de gestação (PG), intervalo entre partos (IEP) e perímetro escrotal (PE) aos 365, 455 e 550 dias de idade, correlações genéticas envolvendo o peso ao nascer com o período de gestação, perímetros escrotais com intervalo entre partos e entre os perímetros nas idades estudadas e eficiências relativas de seleção indireta em comparação com a direta entre essas características em bovinos da raça Brahman no Brasil, com propósito de estabelecer critérios de seleção para os mesmos.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Origem dos dados

O arquivo de dados analisado consistiu de 25.449 registros contendo 15.664 informações de peso ao nascer, 4.095 de período de gestação, 2.547 de intervalo entre partos e 1.028, 1.216 e 899 de perímetros escrotais aos 365, 455 e 550 dias de idade, respectivamente, sendo todos os animais participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman (PMGRB), sob gestão da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), com sede em Ribeirão Preto, SP.

O conjunto de dados inclui 43 rebanhos localizados, nos estados de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Tocantins (TO) e Goiás (GO). A maioria das fazendas, ao ingressar no PMGRB, adotam estação de acasalamentos com duração de 60 a 90 dias, envolvendo o período de outubro a março, conforme a região e o nível de manejo do rebanho. Técnicas de reprodução como inseminação artificial (IA), produção *in vitro* (PIV) e transferências de embriões (TE), como também repasse de touros, após a primeira ou segunda oportunidade de acasalamento têm sido práticas comuns nos rebanhos analisados. O desmame dos bezerros têm ocorrido em idades próximas aos sete e oito meses.

As informações colhidas nas fazendas foram enviadas ao setor técnico da ANCP, onde após passarem por rigorosa consistência, foram incorporadas à base geral de dados. Os registros individuais incluíam como variáveis rebanho, número, sexo e data de nascimento do animal, data de nascimento e idade da mãe, pesagens com os respectivos pesos, período de gestação, intervalo entre partos, os perímetros escrotais observados de cada indivíduo foram padronizados às idades de 365, 455 e 550 dias.

As fazendas participantes do programa possuíam manejos diferenciados de acordo com as atividades realizadas em cada uma, pois alguns criadores participavam de exposições e leilões de elite. Desta forma, os rebanhos podem ter sido manejados exclusivamente em pastagens, em pastagens e suplementados e em pastagens e confinados. As pastagens mais comuns incluem *Brachiarias*, *Andropogon*, *Panicuns* e *Cynodon*. Alguns criadores adotaram técnicas de adubação e irrigação de pastagens,

com pastejo rotacionado. O clima onde se localizam as fazendas varia entre o equatorial, subtropical quente e úmido a tropical úmido.

3.2 - Características reprodutivas estudadas

As características estudadas foram período de gestação (PG), intervalo entre partos (IEP), perímetros escrotais aos 365 (PE365), 455 (PE455) e 550 (PE550) dias de idade. A Tabela 1 inclui números de observações, médias, valores mínimos e máximos, desvios-padrão e coeficientes de variação. Os perímetros escrotais foram ajustados para as idades padrão de acordo com a medição anterior e uma posterior a idade referência. No entanto, como os animais, foram submetidos a medições a cada três meses, no caso de perda de informação, o intervalo máximo considerado entre medições posterior e anterior para a padronização foi de 195 dias.

TABELA 1 – Número de observações, médias, valores máximos e mínimos, desvios padrão e coeficientes de variação de PN, PG, IEP, PE365, PE455 e PE550 dias de idade de animais da raça Brahman.

Características	Número de Observações	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
PN (kg)	15.664	33,10	15,00	60,00	4,17	12,60
PG (dia)	4.095	286,83	245,00	315,00	11,83	4,13
IEP (dia)	2.393	439,92	285,00	998,00	100,83	22,92
PE365 (cm)	1.028	20,36	15,00	32,30	2,90	14,20
PE455 (cm)	1.216	22,90	14,40	36,10	3,29	14,40
PE550 (cm)	899	26,00	16,10	38,90	3,37	12,90

PN = peso ao nascer, PG = período de gestação, IEP = intervalo entre partos, PE365 = perímetro escrotal aos 365 dias de idade, PE455 = perímetro escrotal aos 455 dias de idade e PE550 = perímetro escrotal aos 550 dias de idade.

3.3 - Formação dos grupos de contemporâneos

É de grande importância a formação de grupos contemporâneos para estimativas de parâmetros genéticos, uma vez que, formam as bases dentro das quais as comparações de desempenho dos animais são realizadas. São utilizados nos modelos de análises para que se torne possível eliminar os efeitos ambientais e comparar os animais pelos valores genéticos. É desejável que cada grupo contemporâneo tenha um número razoável de indivíduos, que entre os grupos de contemporâneos hajam animais aparentados (conectabilidade), isto é, os pais de determinados indivíduos em um grupo também sejam pais de outros indivíduos em um outro grupo, e caracterizem um bom controle ambiental, ou seja, possam diminuir a heterogeneidade entre eles. A acurácia da predição do valor genético dos animais dentro de um grupo depende da eficiência dos critérios usados para a definição do grupo contemporâneo. No que se refere a grupos de contemporâneos, o importante é que, além da conectabilidade haja “competição”, ou seja, filhos de diversos reprodutores competindo. Por exemplo, um grupo de contemporâneos com praticamente todos os indivíduos filhos de um mesmo touro, contribui muito pouco para sua acurácia, já que a acurácia é a quantidade aliada à qualidade das informações. Quanto maior for o número de indivíduos por grupo contemporâneos, maior deverá ser a acurácia das estimativas genéticas, desde que, as condições de ambiente apresentem menor heterogeneidade possível e os grupos estejam geneticamente bem conectados (SIQUEIRA, 2000).

Os grupos contemporâneos para as características estudadas neste trabalho, foram constituídos de animais do mesmo sexo, nascidos na mesma fazenda, no mesmo trimestre, no mesmo regime alimentar e no mesmo ano.

3.4 - Análises estatísticas

Os dados foram previamente analisados para se estudar os fatores não-genéticos que estariam influenciando as características em questão, e identificar aqueles de efeitos significativos. As análises foram conduzidas pelo método dos

quadrados mínimos, usando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do pacote estatístico SAS (2000). Objetivou-se a partir deste estudo inicial, definir os efeitos fixos, como grupos de contemporâneos e covariáveis, a serem incluídas nos modelos para as análises genéticas. Grupos contemporâneos com número de observações menores que 3 ou filhos de um único pai foram eliminados, além dos que tinham pais desconhecidos. Apesar do efeito fixo de grupo de contemporâneo ser o único significativo para todas as características estudadas, o efeito de idade da vaca foi mantida como covariável (linear e quadrática) no modelo, para todas as características estudadas.

Os componentes de variância e covariância necessários à estimação dos parâmetros genéticos das características estudadas foram, obtidos pelo método da máxima verossimilhança restrita, que utiliza algoritmo livre de derivadas, disponível no pacote MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995). O critério de convergência admitido foi de 1×10^{-9} . Como efeitos fixos foram considerados os grupos de contemporâneos (sexo, fazenda, trimestre, regime alimentar e ano), idade da vaca ao parto como (co)variável (efeito linear e quadrático) e como aleatório o efeito animal. Para todas as características foi considerado o ambiente permanente da vaca como efeito aleatório não correlacionado. Para período de gestação e peso ao nascer foi incluído no modelo o efeito materno.

Em termos matriciais, o modelo geral utilizado pode ser descrito como:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3p + \varepsilon,$$

em que:

y = vetor das observações da característica;

X = matriz de incidência dos efeitos fixos;

β = vetor dos efeitos fixos;

Z_1 = matriz de incidência do efeito genético direto;

a = vetor de efeitos genéticos diretos aleatórios;

Z_2 = matriz de incidência do efeito genético materno;

m = vetor de efeitos genéticos maternos aleatórios;
 Z_3 = matriz de incidência do efeito de ambiente permanente;
 p = vetor de efeitos aleatórios de ambiente permanente; e
 ε = vetor de efeitos residuais aleatórios.

As pressuposições acerca das distribuições de y , a , m , p e ε podem ser descritas como:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ m \\ p \\ \varepsilon \end{bmatrix} \approx NMV \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} ; \begin{bmatrix} V & Z_1G+Z_2C & Z_1C+Z_2M & Z_3P & P \\ GZ_1++CZ_2 & G & C & 0 & 0 \\ CZ_1+MZ_2 & C & M & 0 & 0 \\ PZ_3 & 0 & 0 & P & 0 \\ R & 0 & 0 & 0 & R \end{bmatrix} \right\}$$

onde:

$$V = Z_1G_1' + Z_2MZ_2' + 2Z_1CZ_2' + Z_3PZ_3' + R;$$

$G = A \sigma_a^2$ em análise unicaráter e $A \oplus G_0$ em análise bicaráter;

$C = A \sigma_{am}$ em análise unicaráter e $A \oplus C_0$ em análise bicaráter;

$M = A \sigma_m^2$ em análise unicaráter e $A \oplus M_0$ em análise bicaráter;

$P = Im \sigma_c^2$ em análise unicaráter e $Im \oplus P_0$ em análise bicaráter;

$R = In \sigma_e^2$ em análise unicaráter e $In \oplus R_0$ em análise bicaráter ;

m = número total de mães;

n = número total de observações; e

NMV = multivariada normal.

Nestas designações, σ_a^2 é a variância genética aditiva direta; σ_{am} , a covariância genética entre os efeitos direto e materno; σ_m^2 , a variância genética materna; σ_c^2 , a variância de ambiente materno permanente; σ_e^2 , a variância do erro. G_0 , M_0 , P_0 e R_0 são matrizes de (co)variâncias genética direta, genética materna, de ambiente permanente e residual, respectivamente. C_0 é uma matriz de covariâncias dos efeitos genéticos direto e materno. Assume-se que P ou P_0 e R ou R_0 não são correlacionados

com os demais efeitos. A é a matriz de relações aditivas entre os animais. I é uma matriz identidade e \oplus é o produto direto entre as matrizes.

3.5 - Estimativas de herdabilidade, correlações genéticas e eficiência relativa de seleção indireta versus direta.

Os coeficientes de herdabilidade (h^2) das características analisadas foram estimados por meio da fórmula:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}$$

onde: $\hat{\sigma}_a^2$ = estimativa da variância genética aditiva, e $\hat{\sigma}_e^2$ = estimativa da variância de ambiente (a qual inclui também outros efeitos genéticos não aditivos) se existentes.

Após a obtenção das estimativas de herdabilidades pelas análises bi-caráter, foram calculadas as médias de todos os valores estimados entre as características analisadas. Foi estimado também o intervalo entre o menor e a maior estimativa obtida para cada característica.

As correlações genéticas (r_{aiaj}) entre as características foram estimadas por:

$$r_{aiaj} = \frac{\hat{\sigma}_{aiaj}}{\hat{\sigma}_{ai} \cdot \hat{\sigma}_{aj}}$$

onde: $\hat{\sigma}_{aiaj}$ = estimativa da covariância genética aditiva, entre as características i e j ; e

$\hat{\sigma}_{ai}$ e $\hat{\sigma}_{aj}$ = desvios – padrão genético (da variância genética) aditivo para as características i e j , respectivamente.

A eficiência relativa da seleção praticada em uma característica sobre outra a ela geneticamente correlacionada foi estimada pela fórmula apresentada por TURNER e YOUNG (1969) que discutiram o valor das correlações genéticas em um processo de seleção simultânea para duas características, relataram que, sendo as características 1

e 2 correlacionadas geneticamente, a eficiência relativa da seleção indireta contra a seleção direta (G), em termos de ganho genético, pode ser obtida do quociente:

$$G = \frac{\text{Ganho genético em 2 sob seleção para 1}}{\text{Ganho genético em 2 sob seleção para 2}}$$

que é estimado pela correlação genética entre as mesmas, multiplicada pela raiz quadrada da razão entre as herdabilidades das características 1 e 2, ou seja:

$$G = r_{G(1,2)} \times \sqrt{\frac{h_1^2}{h_2^2}}$$

onde: se $(r_{G(1,2)} \times \sqrt{\frac{h_1^2}{h_2^2}}) > 1$, a seleção indireta é mais eficiente. Se for < 1 , sugere o quanto se estaria deixando de ganhar caso a seleção fosse direta.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos componentes de variância genética aditivo direto, variância fenotípica e residual (ambiente temporário), para o período de gestação (PG), intervalo entre partos (IEP), e perímetros escrotais aos 365 (PE365), 455 (PE455) e 550 (PE550) dias de idade para bovinos da raça Brahman no Brasil estão sumariados na Tabela 2.

TABELA 2 - Estimativas de componentes de variância pelas análises unicaracter para PG, IEP, PE365, PE455 e PE550 de animais da raça Brahman.

Características	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$
PG	10,07	40,12	25,98
IEP	7333	1.833.325	1.759.992
PE365	115,00	311,83	196,82
PE455	125,11	471,61	341,49
PE550	119,87	617,34	497,47

$\hat{\sigma}_a^2$ = variância genética aditiva, $\hat{\sigma}_p^2$ = variância fenotípica, $\hat{\sigma}_e^2$ = variância residual, PG = período de gestação, IEP = intervalo entre partos, PE365 = perímetro escrotal aos 365 dias de idade, PE455 = perímetro escrotal aos 455 dias de idade e PE550 = perímetro escrotal aos 550 dias de idade.

As estimativas de variâncias obtidas pelas análises bicaracteres para PG, IEP, PE365 e PE455 são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Estimativas de componentes de variância pelas análises bicaracteres para PG, PE365 e P455 de animais da raça Brahman.

Características	Intervalo de Valores $\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_a^2$ média	Intervalo de Valores $\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_p^2$ média	Intervalo de Valores $\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_e^2$ média
PG	12,09 a 14,49	12,91	42,02 a 42,58	42,21	24,83 a 25,82	25,49
PE365	111,14 a 115,18	113,16	308,48 a 311,99	310,23	196,80 a 196,90	196,85
PE455	113,77 a 130,78	122,27	466,11 a 472,66	469,38	341,88 a 352,30	347,09

$\hat{\sigma}_a^2$ = variância genética aditiva, $\hat{\sigma}_p^2$ = variância fenotípica, $\hat{\sigma}_e^2$ = variância residual, PG = período de gestação, PE365 = perímetro escrotal aos 365 dias de idade e PE455 = perímetro escrotal aos 455 dias de idade.

As estimativas de herdabilidade para as características reprodutivas analisadas por análises unicaracter são apresentadas na Tabela 4.

As estimativas de herdabilidades obtidas pelas análises unicaracter apresentam magnitude aparentemente diferente das obtidas pelas bicaracteres, o que pode ser atribuído ao maior número de animais contemplados na matriz de parentesco e pelas covariâncias consideradas entre todas as características avaliadas, na análise bicaracter, além desta levar em conta o efeito da seleção. Por esta razão, coube aqui discutir somente os resultados das análises bicaracteres, sendo que, os das análises unicaracter foram apresentados em função destas permitirem, devido à estrutura dos dados, estimar os erros padrão das estimativas, que foram de pequena magnitude, que é um indicador da precisão das mesmas.

TABELA 4 - As estimativas de herdabilidade direta (h^2_a) e materna (h^2_m) para PG, IEP, PE365, PE455 e PE550 de animais da raça Brahman obtidas por análises unicaracteres.

Características	h^2_a	h^2_m
PG	$0,25 \pm 0,047$	$0,18 \pm 0,11$
IEP	$0,12 \pm 0,003$	
PE365	$0,37 \pm 0,142$	
PE455	$0,27 \pm 0,125$	
PE550	$0,19 \pm 0,125$	

h^2_a = herdabilidade, h^2_m = herdabilidade materna, PG = período de gestação, IEP = intervalo entre partos, PE365 = perímetro escrotal aos 365 dias de idade, PE455 = perímetro escrotal aos 455 dias de idade e PE550 = perímetro escrotal aos 550 dias de idade.

O valor de herdabilidade direta estimado para o período de gestação de $0,25 \pm 0,047$ é semelhante ao valor encontrado por PEREIRA et al. (2002) de 0,26, na raça Nelore. Esta estimativa de herdabilidade permite indicar como positiva a resposta à seleção para a característica. Embora, o PG ainda não tenha sido muito utilizada como critério de seleção, ela pode ser uma ferramenta importante no monitoramento do peso ao nascer (PN), que pode estar aumentando nos programas de melhoramento devido à correlação genética com o peso à desmama.

Para o intervalo entre partos (IEP), foi encontrado a estimativa de herdabilidade de $0,12 \pm 0,003$, valor este maior ao relatado por PEREIRA et al. (2002) de 0,06, para a

raça Nelore. Trabalhos realizados por KOOTS et al. (1994) observaram herdabilidade média de 0,10 em trabalhos com várias raças, valor este semelhante ao encontrado neste estudo para a raça Brahman.

Os valores de coeficiente de herdabilidades estimadas para os perímetros escrotais aos 365, 455 e 550 dias de idade foram $0,37 \pm 0,142$, $0,27 \pm 0,125$ e $0,19 \pm 0,125$, respectivamente. As estimativas para PE365 e PE455 são inferiores as mencionadas por SESANA et al. (2005) de 0,43, para ambas as idades, na raça Nelore, porém o valor encontrado para PE455 é semelhante ao encontrado por VARGAS et al. (1998) para a raça Brahman. A literatura consultada apresenta para a raça Nelore valores de estimativas de h^2 para perímetros escrotais de 0,31 (GRESSLER et al., 1998) a 0,77 (QUIRINO e BERGMANN, 1998), mostrando que a seleção para perímetro escrotal poderia levar à ganhos genéticos importantes para esta característica.

Os resultados das estimativas de componentes de variância e herdabilidades, por meio de análises bicaracteres, para as características peso ao nascer (PN), período de gestação (PG), intervalo entre partos (IEP) e perímetros escrotais aos 365 e 455 dias de idades obtidos neste estudo para raça Brahman, são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 - Estimativas de herdabilidade direta (h^2_a) para PN, PG, IEP, PE365 e P455 de animais da raça Brahman obtidas nas análises bicaracteres.

Características	PN	PG	PE365	PE455	h^2 média
PN	0,35	*	*	*	0,35
PG	*	0,34	0,29	0,29	0,31
IEP	*	*	0,09	0,09	0,09
PE365	*	*	0,36	*	0,36
PE455	*	*	0,24	0,28	0,26

* Critérios de convergência atendido porém valores super estimados

PN = peso ao nascer, PG = período de gestação, IEP = intervalo entre partos, PE365 = perímetro escrotal aos 365 dias de idade e PE455 = perímetro escrotal aos 455 dias de idade.

Pelas análises bicaracteres, a estimativa de herdabilidade para o peso ao nascer, em animais da raça Brahman no Brasil, foi de 0,35, a qual é inferior à encontrada por MACHADO et al. (1999), para a raça Nelore ($0,48 \pm 0,03$).

Quanto ao período de gestação foi obtido a estimativa média de herdabilidade de 0,31, a qual foi superior aos valores de 0,09 a 0,28 relatados na literatura para bovinos

de corte (SILVA e PEREIRA, 1986; WRAY et al., 1987; SCARPATI, 1997; PEREIRA et al., 2002).

Para o intervalo entre partos foi encontrada neste estudo a estimativa média de herdabilidade de 0,09 para a raça Brahman (Tabela 5), que é superior à obtida por PEREIRA et al. (2002) de 0,06, para a raça Nelore. E semelhante aos valores relatados em revisão elaborada por KOOTS et al. (1994), que apresentaram estimativa média de herdabilidade de 0,10, considerando várias raças.

Em relação aos valores de coeficientes de herdabilidade estimados para os perímetros escrotais aos 365 dias de idade de 0,36 e de 0,26, aos 455 dias de idade (Tabela 5), estes são inferiores aos valores encontrados por SESANA et al. (2005) de 0,43 para as duas idades, na raça Nelore. Porém, a estimativa para PE455 é semelhante à citada por VARGAS et al. (1998) para a raça Brahman. Na literatura consultada as estimativas de herdabilidade mencionadas para perímetro escrotal, na raça Nelore, são iguais a 0,31 (GRESSLER et al., 1998) e 0,77 (QUIRINO e BERGMANN, 1998).

Na Tabela 6 são apresentadas as estimativas das correlações genéticas entre as características: peso ao nascer com período de gestação, intervalo entre partos com perímetro escrotal aos 365 dias de idade, intervalo entre partos com perímetro escrotal aos 455 dias de idade, obtidas neste estudo, por análises bicaracteres, em animais da raça Brahman.

TABELA 6 – Estimativas das correlações genéticas entre PN, PG, IEP, PE365 e PE455 de animais da raça Brahman obtidas por análises bicaracteres.

Características	PG	PE365	PE455
PN	0,27		
PG		0,02	-0,03
IEP		-0,01	-0,12
PE365			0,99

PN = peso ao nascer, PG = período de gestação, IEP = intervalo entre partos, PE365 = perímetro escrotal aos 365 dias de idade e PE455 = perímetro escrotal aos 455 dias de idade.

A correlação genética estimada entre o peso ao nascer (PN) e o período de gestação foi positiva (0,27), valor inferior ao relatado por SCARPATI (1997), que obteve

a estimativa de 0,41, para a raça Nelore. Este resultado sugere que a seleção com base no PG tem influência no peso ao nascer, ou seja, os bezerros com gestação mais curta nascem mais leves, conforme citação feita por LÔBO et al. (2000). BOURDON e BRINKS (1983), também estimaram correlação genética positiva entre PG e peso ao nascer.

A estimativa da correlação genética entre intervalos entre partos e perímetro escrotal aos 365 dias de idade foi de -0,01 e para intervalo entre partos e perímetro escrotal aos 455 dias de idade, foi de -0,12, indicando que a seleção para PE praticamente não tem influência na fertilidade do rebanho (intervalo entre partos). A literatura mostra resultados controversos quanto à correlação genética entre PE e IEP, apresentando estimativas positivas, segundo MORRIS e CULLEN (1994) e GRESSLER et al. (2000), e negativas, de acordo com MEYER et al. (1991) e PEREIRA et al. (1998).

A baixa estimativa de herdabilidade do intervalo entre partos de 0,09, sugere a necessidade do estudo de outras características que possam avaliar diretamente a fertilidade da fêmea e que tenham maior herdabilidade. Deve ser lembrado que o uso de biotecnias reprodutivas (PIV e TE) nos rebanhos estudados, podem viesar as estimativas obtidas do IEP.

A estimativa da correlação genética entre perímetro escrotal aos 365 dias de idade com o período de gestação, é de 0,02, valor este semelhante ao encontrado por PEREIRA et al. (2002) para a raça Nelore. A estimativa da correlação genética entre PE455 e PG foi negativa (-0,03), e foi semelhante à relatada por PEREIRA et al. (2000). Como os resultados sugerem, as características PG e PE não são influenciadas pelos mesmos genes. Portanto a seleção com base em uma delas não deverá proporcionar uma resposta correlacionada na outra.

A estimativa da correlação genética entre os perímetros escrotais aos 365 e 455 dias de idade foi de 0,99 (Tabela 6), valor este superior ao encontrado por FRIZZAS (2006) para a raça Nelore, de 0,89. Este resultado sugere que os perímetros escrotais medidos aos 365 e 455 dias de idade podem ser considerados em termos genéticos como sendo a mesma característica. Assim, pode-se adotar como critério de seleção para essa característica nos machos, para a identificação antecipada de animais mais

precoces sexualmente, a medida na idade de 365 dias, por questão essencialmente do tempo.

Na Tabela 7 são apresentadas as eficiências de seleção indireta comparativamente à seleção direta das características estudadas, segundo o critério de TURNER e YOUNG (1969).

TABELA 7: Estimativas das eficiências relativas de seleção indireta comparativamente à seleção direta para as características PN, PG, IEP, PE365 e PE455 em animais da raça Brahman.

Características correlacionadas	Eficiência relativa de seleção (G)
PG (1) x PN (2)	0,25
PG (1) x PE365 (2)	0,01
PG (1) x PE455 (2)	-0,03
IEP (1) x PE365 (2)	0,00
IEP (1) x PE455 (2)	0,07
PE365 (1) x PE455 (2)	1,16

PN = peso ao nascer, PG = período de gestação, IEP = intervalo entre partos, PE365 = perímetro escrotal aos 365 dias de idade e PE455 = perímetro escrotal aos 455 dias de idade.

As estimativas de eficiência relativa obtidas indicam que se a seleção para menor PG for adotado como critério, haverá também diminuição do PN, em proporções menores do que se a seleção fosse direta para PN, o que é desejável, considerando que menores PN reduzem problemas de parto, mas não devem ser drasticamente reduzidos para que complicações relacionadas ao desenvolvimento e crescimento do bezerro sejam evitadas. Com relação à eficiência relativa da seleção indireta para PG sobre P365, os valores obtidos mostram que a mesma pode ser considerada praticamente inexistente, em comparação com a seleção direta para P365. Desta forma, estas duas características podem ser usadas simultaneamente em programas de seleção, não havendo interferência entre elas.

Diante dos valores apresentados na Tabela 7 pode-se constatar que a seleção direta para peso ao nascer, período de gestação e intervalo entre partos, é menos eficiente do que a seleção direta para perímetros escrotais aos 365 e 455 dias de idade.

Quando o objetivo for seleção com base nos perímetros escrotais, verifica-se que para a seleção indireta aos 365 dias de idade, é mais eficiente que a seleção direta para o perímetro escrotal aos 455 dias de idade.

Em virtude do exposto, recomenda-se para a raça Brahman, por razões econômicas de tempo e espaço, realizar a seleção com base no perímetro escrotal aos 365 dias de idade, com intuito de melhorar o desempenho reprodutivo dos machos nos rebanhos estudados da referida raça.

5 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo em bovinos da raça Brahman no Brasil permitiram concluir, dentre as características reprodutivas analisadas; que:

- ✓ O intervalo entre partos deve responder muito pouco à seleção fenotípica, tendo em vista ser baixa a proporção da variância total que é atribuível a variância genética aditiva estimada;
- ✓ A utilização do menor período de gestação como critério de seleção, deve levar a uma diminuição no peso ao nascer (PN), mas, em proporção menor do que a seleção direta para menor PN;
- ✓ O perímetro escrotal aos 365 dias de idade pode ser adotado como critério de seleção para melhorar as características reprodutivas dos machos.

6- REFERÊNCIAS

ALENCAR, M.M.; OLIVEIRA, F.T.T.; TAMBASCO, A.J. et al. Desenvolvimento pós-desmama e eficiência reprodutiva pós-parto em gado de corte: influencia da produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, n.22, p. 1012-1018, 1993.

BARBOSA, P.F. **Análise genético-quantitativa de características de crescimento e reprodução em fêmeas da raça Canchim**. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 1991, 237p.

BERTAZOO, R.P.; FREITAS, R.T.F.; GONÇALVES, T.M.; PEREIRA, I.G.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; OLIVEIRA, A. I.G.; ANDRADE, I.F. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p. 1118-1127, 2004.

BOLDMAN, K.G.; KREISE, L.A.; VAN VLECK, L.D. et al. **A manual of MTDFREML**. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincoln: Agricultural Research Service, 1995. 120p

BOURDON, R.M.; BRINKS, J.S. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 6, p.1412-417, 1983.

FRIZZAS, O.G. **Curva de desenvolvimento e parâmetros genéticos e fenotípicos para peso corporal e perímetro escrotal de bovinos da raça Nelore**, 2006, f.59. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrária e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; PENNA, V.M.; PEREIRA, J.C.C.; GRESSLER, M.G.M. 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.

GRESSLER, S.L. **Estudo de fatores de ambiente e parâmetros genéticos de algumas características reprodutivas em animais da raça Nelore.** 1998, 149f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; SMITH, C. et al. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 1-Heritability. **Animal Breeding Abstract**, v.62, p.309-338, 1994a.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; WILTON, J.W. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 2-Phenotypic and genetics correlations. **Animal Breeding Abstract**, v.62, p.825-853, 1994b.

LÔBO, R.N.B.; MADALENA, F.E.; VIEIRA, A.R. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. **Animal Breeding Abstracts**, Wallingford, v.68, p. 433-462, 2000.

MACHADO, P.F.A.; AQUINO, L.H.; GONÇALVES, T.M., Estimativas de parâmetros genéticos e critérios de seleção em características ponderais de bovinos Nelore. **Ciência e Agrotecnica**, v.23, n.1, p.197-204, 1999.

MARIANTE, A.S.; ZANCANER, A. **Crescimento e reprodução em gado Nelore. Visão do criador e do pesquisador.** 1.ed. São Paulo: Ed. dos Criadores, 1985, 152p.

MATTOS, S.; ROSA, A.N. Desempenho reprodutivo de fêmeas de raças zebuínas. **Informativo Agropecuário**, n.10, p.29, 1984.

MERCADANTE, M.E.Z.; LOBO, R.B.; REYES, A. Parâmetros genéticos para características de crescimento em zebuínos de carne. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.3, p.45-89, 1995.

MEYER, K.; HAMMOND, K.; MACKINNON, M.J. et al. Estimates covariances between reproduction and growth in Australian beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3533-3543, 1991.

MOHJUDDIN, G. Estimates of genetic and phenotypic parameters of some performance traits in beef cattle. **Animal Breeding Abstract**, v.61, p.495-522, 1993.

MORRIS, C.A.; CULLEN, N.G. A note on genetic correlation between pubertal traits of males or females and lifetime pregnancy rate in beef cattle. **Livestock Production Science**. Amsterdam, v.39, p.291-297, 1994.

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

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. et al. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 3., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ, 1998, p.381-384.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; COSTA, F.A.A.; MENDONÇA, C.D.A. Análise genética da correlação entre idade ao primeiro parto e perímetro escrotal em um rebanho Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000a. 1 CD-ROM.

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**, New York, v.49, p.1389-1396, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS / STAT User`s guide. 8.2** ed. Cary, Inc. 2000.

SCARPATI, M.T.V. **Modelos animais alternativos para estimação de componentes de (co)variância e de parâmetros genéticos e fenotípicos do período de gestação na raça Nelore**. 1997. 71p. Dissertação (Mestre em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto.

SESANA, R.C.; ALBUQUERQUE, L.G.; SILVA, J.A. de V.; SESANA, J.C.; ORTELAN, A.A. Estimativas de parâmetros genéticos para perímetro escrotal, medido em diferentes idades em animais Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005. Goiânia, **Anais...**Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, CD-ROM.

SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A. Fatores de meio e genéticos que influem no desempenho reprodutivo de fêmeas Zebu e mestiças Chuiantina-Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 15, n. 2, p. 132-141, 1986.

SMITH, B.A.; BRINKS, J.S. Estimation of genetic parameters among reproductive and growth traits in yearling heifers. **Journal of Animal Science**, v.67, p.2886-2891, 1989.

SIQUEIRA, R.L.P.G. **Análise da variabilidade genética aditiva das características de crescimento na raça Nelore**, 2000, f.68. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrária e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TURNER, H.N.; YOUNG, S.S.Y. **Quantitative genetics in sheep breeding**. New York, Cornell University Press, 1969, 332p.

VACCARO, L.; QUIJANDIRA, B. et al. **The role of animal breeding studies in farming systems research**. Ottawa: The International Development Research Centre, 151p., 1988.

VARGAS, C.A.; ELZO, M.A.; CHASE, JR.; CHENOWETH, P.J.; OLSON, T.A. 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.

WRAY, N. R.; QUAAS, R. L., POLLAK, E. J. Analysis of gestation length in American Simental cattle. **Journal of Animal Science**, v. 65, p. 970-974, 1987.

CAPÍTULO 5 – IMPLICAÇÕES

O aumento populacional de bovinos da raça Brahman no Brasil em seu programa de melhoramento genético não correspondeu a um incremento na variabilidade genética. Isto sugere a necessidade da utilização de novos reprodutores, sem parentesco com os atuais, com conseqüente monitoramento da variabilidade genética na população participante do referido programa, no sentido de se evitar perdas futuras na mesma.

Considerando que o Programa de Melhoramento Genético da Raça Brahman tem como objetivo incrementar a produtividade nos rebanhos participantes e sabendo-se que a variabilidade genética é fator essencial na condução do mesmo, recomenda-se que seja implementado acasalamentos dirigidos, tendo em vista a taxa de endogamia, o tamanho efetivo populacional, o número efetivo de fundadores, ancestrais e genomas remanescentes, com o propósito de melhorar a taxa de resposta à seleção em cada geração subseqüente.

Estas estratégias possibilitariam aos criadores direcionar melhor os acasalamentos, o que aliado à multiplicação mais adequada dos animais por meio das biotecnias reprodutivas disponíveis, tão exploradas atualmente, levaria a um conseqüente incremento na variabilidade genética da população e uma maior oferta de reprodutores.

Com base nas herdabilidades estimadas neste estudo, espera-se resposta positiva à seleção, tendo como critério as características de crescimento analisadas, para a identificação dos animais mais produtivos. Por outro lado, como sugeriram as associações genéticas entre tais características, ao se selecionar para qualquer uma delas automaticamente promoverá uma resposta correlacionada favorável nas demais.

Os resultados da eficiência relativa de seleção direta comparativamente à indireta, permitiram indicar o peso aos 210 dias de idade como um critério de seleção a ser adotado, com intuito de melhorar as características de crescimento nos bovinos da raça Brahman no Brasil. Isto poderá gerar maior ganho genético em um menor intervalo de tempo, porém há o inconveniente da característica ser influenciada pelos efeitos maternos, os quais interferem no desempenho dos animais. Uma alternativa seria a

utilização como critério de seleção o peso aos 365 dias de idade, que praticamente depende apenas do potencial genético do animal.

Em termos reprodutivos, o menor período de gestação pode ser adotado como critério de seleção, pois além de melhorar o desempenho do rebanho neste aspecto, diminuirá o peso ao nascer (PN) dos bezerros. O PN está diretamente ligado à facilidade de parto e diminuição de partos distócicos. Como a raça está em plena expansão, a utilização deste critério de seleção para a identificação das melhores doadoras de embriões, poderá surtir efeitos importantes principalmente no intuito de diminuir o peso ao nascer.

O baixo valor de herdabilidade estimado para o intervalo entre partos indica que o mesmo deve ser bastante influenciado por fatores ambientais ligados a interferência humana, principalmente na adequação de manejo. Outro fator que pode ter influenciado a estimativa de herdabilidade obtida, seria o fato que animais presentes no conjunto de dados analisados terem participado de programas de transferência e produções *in vitro* de embriões, que devem interferir diretamente no valor do intervalo entre parto. Deste modo, esta característica deve responder muito pouco à seleção fenotípica.

Por outro lado, as herdabilidades estimadas para o perímetro escrotal aos 365 dias de idade (PE365) e 455 dias de idade sugerem que esta característica, em ambas as idades, apresentam suficiente variabilidade genética aditiva para responder favoravelmente à seleção. A opção, como critério para melhorar as características dos machos na raça Brahman no Brasil, seria PE365, por permitir selecionar os animais, em idade anterior aos 455 dias, possibilitando, deste modo, a identificação daqueles mais precoces sexualmente.