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

ESTUDO DO VALOR ADAPTATIVO ANUAL DE FÊMEAS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

Matilde da Conceição Pessoa
Zootecnista

JABOTICABAL – SP - BRASIL
Fevereiro de 2011

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

ESTUDO DO VALOR ADAPTATIVO ANUAL DE FÊMEAS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

Matilde da Conceição Pessoa

Orientador: Prof. Dr. Henrique Nunes de Oliveira

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, campus de Jaboticabal como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal

JABOTICABAL – SP - BRASIL
Fevereiro de 2011

Pessoa, Matilde da Conceição

P475e Estudo do Valor Adaptativo Anual de fêmeas da raça Nelore utilizando Modelos de Regressão Aleatória / Matilde da Conceição Pessoa. – – Jaboticabal, 2011

vii, 52 f.; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2001

Orientador: Henrique Nunes de Oliveira

Banca examinadora: Marcilio Dias Silveira da Mota, Maria Eugênia Zerlotti Mercadante

Bibliografia

1. Bovinos de corte. 2. Dados longitudinais. 3.Evolução. 4. Reprodução I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:636.082

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

unesp **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ESTUDO DO VALOR ADAPTATIVO ANUAL DE FÊMEAS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

AUTORA: MATILDE DA CONCEIÇÃO PESSOA

ORIENTADOR: Prof. Dr. HENRIQUE NUNES DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. HENRIQUE NUNES DE OLIVEIRA
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. MARIA EUGENIA ZERLOTTI MERCADANTE
Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho / Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP

Prof. Dr. MARCILIO DIAS SILVEIRA DA MOTA
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinaria e Zootecnia de Botucatu

Data da realização: 16 de fevereiro de 2011.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MATILDE DA CONCEIÇÃO PESSOA - nascida em 12 de novembro de 1984, na cidade de Mariana – MG, filha de Nelson Pessoa e Terezinha Venceslau da Silva Pessoa. Iniciou em agosto de 2004 o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus de Diamantina - MG, obtendo o título de Zootecnista em dezembro de 2008. Em março de 2009 ingressou no Programa de Pós - Graduação em Genética e Melhoramento Animal na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho - UNESP, Campus de Jaboticabal – SP, como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), obtendo o grau de mestre em 16 de fevereiro de 2011, sob orientação da Prof. Dr. Henrique Nunes de Oliveira.

"Por tanto amor
Por tanta emoção
A vida me fez assim
Doce ou atroz
Manso ou feroz
Eu caçador de mim

Preso a canções
Entregue a paixões
Que nunca tiveram fim
Vou me encontrar
Longe do meu lugar
Eu, caçador de mim

Nada a temer senão o correr da luta
Nada a fazer senão esquecer o medo
Abrir o peito a força, numa procura
Fugir às armadilhas da mata escura

Longe se vai
Sonhando demais
Mas onde se chega assim
Vou descobrir
O que me faz sentir
Eu, caçador de mim"

Luís Carlos Sá e Sérgio Magrão

Aos meus pais, pelo amor e exemplo de vida

Aos meus grandes irmãos, pela amizade

A todos os meus amigos

Dedico e Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus, *pela vida e por sempre me conduzir por caminhos certos e seguros.*

Aos meus pais *Nelson e Terezinha****,*** *exemplos de vida, amor e dedicação.*

Aos queridos irmãos, *pela amizade, compreensão e momentos de alegria.*

As minhas lindas sobrinhas, *fonte de alegria para toda família.*

Ao Diogo, *pelo carinho e companheirismo em todos os momentos.*

Ao meu orientador Henrique, *pelo exemplo de profissionalismo, orientação, amizade, carinho e paciência.*

Aos componentes da banca examinadora, *pela disponibilidade e valiosas sugestões que contribuíram para aprimorar este trabalho.*

À UNESP/Jaboticabal e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal*, pela oportunidade de crescimento científico.*

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)*, pelo apoio financeiro.*

À Associação Brasileira de Criadores e Pesquisadores (ANCP)*, pela concessão de dados utilizados nesse trabalho.*

Aos colegas de Pós-graduação*, pelo carinho, amizade e pela imensa ajuda durante esse período.*

Aos demais amigos que contribuíram de alguma forma.

A todos vocês, meu carinho e gratidão!

SUMÁRIO **PÁGINA**

CAPTULO1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS..... 8

Objetivos..... 9

Revisão de Literatura..... 10

Duração da vida reprodutiva..... 10

Valor adaptativo..... 11

Modelos de regressão aleatória e funções de covariância..... 13

Referências Bibliográficas..... 15

CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA VALOR ADAPTATIVO ANUAL EM FÊMEAS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA..... 21

Resumo..... 21

Introdução 22

Material e Métodos..... 23

Resultados e Discussão..... 28

Conclusões..... 35

Referências Bibliográficas..... 35

CAPÍTULO 3 - TENDÊNCIA GENÉTICA E COMPARAÇÃO ENTRE VALORES GENÉTICOS DO VALOR ADAPTATIVO ANUAL E OUTRAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS..... 38

Resumo..... 38

Introdução 39

Material e Métodos..... 40

Resultados e Discussão..... 43

Conclusões..... 50

Referências Bibliográficas..... 50

CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES..... 52

ESTUDO DO VALOR ADAPTATIVO ANUAL DE FÊMEAS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

RESUMO – O Objetivo deste trabalho foi avaliar o valor adaptativo anual para possível utilização como critério de seleção para a eficiência reprodutiva de fêmeas da raça Nelore. Foram estudadas medidas de valor adaptativo do 4º ao 13º ano de permanência no rebanho de 21.610 fêmeas. Os valores adaptativos anuais foram calculados com base na capacidade de sobrevivência e no número de crias deixado ano após ano. O modelo de melhor ajuste aos dados, segundo os critérios adotados, foi o de 5ª ordem para a tendência média da população, 5ª ordem para o efeito genético aditivo direto e 3ª ordem para efeito de ambiente permanente de animal. O modelo heterogêneo com 10 classes foi o mais adequado na modelagem da das variâncias residuais. As herdabilidades para valor adaptativo anual aumentaram com a idade dos animais (0,05 a 0,55). As correlações entre os valores adaptativos em diferentes idades foram baixas nas idades menores e altas entre as idades adultas. A tendência genética para valor adaptativo anual foi realizada com base nos valores genéticos preditos referentes às medidas adaptativas do 4º ($P_{ti}4$), 8º($P_{ti}8$) e 13º($P_{ti}13$) ano de idade. Como critério de comparação foram utilizadas as características idade ao primeiro parto (Ipp) e stayability (Stay). As associações entre os valores genéticos preditos das características foram feitas utilizando a correlação de Pearson e porcentagem de touros coincidentes. Estimativas de herdabilidade para Ipp, Stay1 e Stay2 foram respectivamente 0,12, 0,33 e 0,40. As tendências genéticas indicaram que houve ganhos para $P_{ti}4$ e $P_{ti}13$ e, para $P_{ti}8$ as médias dos valores genéticos se mantiveram quase que constantes com o passar dos anos. As associações entre os valores genéticos indicaram maior associação entre valores genéticos preditos para valor adaptativo medido no 4º ano e valores genéticos preditos para as características Ipp e Stay.

Palavras - chave: bovinos de corte, dados longitudinais, evolução, reprodução

STUDY OF THE ANNUAL FITNESS IN THE NELORE COWS USING RANDOM REGRESSION MODELS

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the annual Fitness as selection criteria for reproductive performance of Nelore cows. We studied measures of fitness of the 4th to the 13th year of stayability of 21,610 females. The annual fitness was calculated based on survivability and the number of offspring left year after year. The most appropriate model, according to criteria adopted, was a 5th order for the average trend of the population, 5th order for the direct genetic effect and 3th order for the permanent environmental effect of animal. The heterogeneous model with 10 classes was the most appropriated in modeling of residual variances. Heritability estimates for annual fitness increased with age of animals (0.05 to 0.55). The correlations between fitness at ages different were lower in younger ages, and high among the adult ages. The genetic trend for annual fitness was based on predicted breeding values to adaptive measures relating to the 4th (Pti4), 8th (Pti8) and 13th (Pti13) years of age. As criterion for comparison were used the traits age at first calving (IPP) and stayability (Stay). The associations between predicted breeding values of traits were made using Pearson correlation and percentage of bulls coincide. Heritability estimates for Ipp, and Stay1 Stay2 were respectively 0.12, 0.33 and 0.40. The genetic trends indicated that there were gains for Pti4 and Pti13, however for Pti8, the average genetic values remained almost constant over the years. The associations between breeding values indicate greater association between breeding values for annual fitness measured in year 4th year and the breeding values for the traits Ipp and Stay.

Keywords: beef cattle, longitudinal data, evolution, reproduction

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Historicamente, o Brasil tem sido um dos grandes produtores de carne bovina em função do efetivo numérico de seu rebanho. Até o início da década de 90, o Brasil vinha aumentando lentamente a eficiência produtiva do rebanho e, a partir daí, como resultado das pressões impostas pela globalização da economia, a pecuária de corte brasileira teve um crescimento acelerado na produtividade (POLAQUINI et al., 2006). Desta forma, a competitividade foi fundamental para que se aplicassem as tecnologias e disponibilizassem para o mercado consumidor produtos de qualidade com custos menores. Neste cenário, deve ser mencionada a possibilidade de o Brasil nos próximos anos se fixar como maior fornecedor mundial de carne bovina.

A busca de animais que tenham bom desempenho, e de condições ótimas para que estes expressem seu potencial é de grande importância para o sucesso produtivo. Vários pesquisadores têm focado suas pesquisas nas necessidades de diferentes categorias e fases do ciclo de produção de bovinos de corte. No entanto, maior atenção deve ser dada a fase de cria, pois além de envolver animais de diferentes categorias, esta fase é primordial para o sucesso das fases subseqüentes do sistema produtivo (EUCLIDES FILHO, 2000; FONTES et al., 2008)

O desempenho reprodutivo de novilhas e matrizes, talvez seja o componente de maior impacto para o sucesso da produção de bovinos de corte na fase de cria, pois, a capacidade de gerar descendentes e mantê-los viáveis até o desmame é uma função quase que exclusivamente das mães (matrizes).

Assim, espera-se que as fêmeas bovinas permaneçam por um período de tempo suficiente para pagar o investimento feito em seu próprio desenvolvimento, produzindo crias viáveis a cada ano, sem falhas reprodutivas, até serem descartadas, quando estas diminuem sua capacidade reprodutiva.

Entretanto, garantir uma produção de bezerros constante pelas fêmeas é uma tarefa difícil, uma vez que o desempenho reprodutivo de fêmeas depende

muito do manejo adotado nas propriedades. Além disso, as características de caráter reprodutivo só recentemente foram consideradas como critérios de seleção nos programas de melhoramento estabelecidos no Brasil.

Estudos disponíveis na literatura sobre eficiência reprodutiva em bovinos de corte têm se baseado, entre outras, em características indicativas de precocidade sexual e de permanência de fêmeas no rebanho, como a Idade ao primeiro parto (Ipp) e a Stayability (Stay) (AZEVÊDO et al., 2006 a,b; Van MELIS et al., 2007; QUEIROZ et al., 2007; BALDI et al., 2008; MEIRELLES et al,. 2009). Embora essas características sejam bons indicadores da capacidade reprodutiva de fêmeas, elas podem apresentar alguns problemas na avaliação do mérito genético dos animais, uma vez que, no caso da Ipp, apenas os animais que já expressaram o primeiro parto podem ser avaliados. No caso da Stay, a expressão acontece tardiamente na vida do animal, o que dificulta a seleção. Além disso, ambas as características apresentam estimativas de herdabilidade variando de baixas a moderadas, o que pode dificultar sua utilização nos programas de seleção.

Neste sentido, torna-se necessária a busca por características que descrevam o desempenho reprodutivo de fêmeas nos sistemas de produção de bovinos de corte como um todo, ou seja, características que consigam avaliar a trajetória reprodutiva, desde a puberdade até as idades de descarte.

O valor adaptativo individual medido a cada ciclo reprodutivo (anual) pode ser uma alternativa capaz de descrever em maior detalhe o comportamento reprodutivo de uma matriz, desde o início da sua vida reprodutiva até que esta não consiga mais se manter no rebanho como uma reprodutora viável.

Objetivos

Objetivo geral

Avaliar as medidas de valor adaptativo anual, como possível critério de seleção direto para eficiência reprodutiva de fêmeas da raça Nelore, utilizando modelos de regressão aleatória.

Objetivos específicos

- Estimar parâmetros genéticos para o valor adaptativo anual visando verificar a possibilidades de sua utilização como critério de seleção no melhoramento da eficiência reprodutiva de fêmeas da raça Nelore.

- Comparar os diferentes valores genéticos preditos para o valor adaptativo anual e as outras características reprodutivas já utilizadas como critério de seleção nos programas de melhoramento estabelecidos, visando verificar possível seleção indireta para valor adaptativo anual.

Revisão de Literatura

1. Duração da vida reprodutiva

A duração da vida reprodutiva de fêmeas, medida geralmente pela longevidade e stayability, é uma característica de grande importância na avaliação da eficiência reprodutiva.

A longevidade indica o número de anos de permanência da matriz no rebanho, ou seja, reflete a diferença entre a idade em que a vaca é descartada e a idade ao primeiro parto. Embora a maximização da longevidade gere diminuição das taxas de reposição, a longevidade é uma característica de difícil avaliação, pois matrizes que apresentam falhas na reprodução tendem a ser descartadas mais cedo (MERCADANTE et al., 2000), não atingindo, desta forma, a idade adulta. Além disso, a obtenção da informação ocorre apenas em animais adultos, o que dificulta a sua utilização como critério de seleção direto.

Na raça Nelore, foram estimadas herdabilidades para longevidade iguais a 0,08 (MERCADANTE et al., 2000) e 0,46 (BERTAZZO et al., 2004). Para a raça Canchim, GIANLORENÇO et al. (2003) e BALDI et al. (2008) relataram estimativas de herdabilidade de 0,24 e 0,06, respectivamente.

Outra característica indicativa da vida reprodutiva de fêmeas é a stayability, também chamada habilidade de permanência, esta se refere, principalmente, à

vida reprodutiva de uma matriz, indicando sua capacidade em permanecer no rebanho produzindo um bezerro ao ano, sem falhas, até uma idade específica.

Valores de herdabilidade estimados para stayability na raça Nelore, com diferentes definições variaram de 0,21 a 0,28 (MELLO et al., 2006; SILVA et al., 2003 e Van MELIS et al., 2007). Estimativas semelhantes foram encontradas na raça Caracu considerando também diferentes definições de stayability (QUEIROZ et al., 2007).

Correlação genética entre longevidade e idade ao primeiro parto (0,29), na raça Nelore, estimada por BERTAZZO et al. (2004) demonstra que novilhas mais precoces tendem a permanecer por menos tempo no rebanho. Entretanto, MERCADANTE et al. (2000) relataram correlação de -0,12, sugerindo que novilhas sexualmente mais precoces têm maior probabilidade de permanecer por mais tempo no rebanho, sendo, portanto, mais produtivas.

BUZANSKAS (2009) reportou, na raça Canchim, correlação genética negativa e favorável entre habilidade de permanência e idade ao primeiro parto (-0,63), indicando que fêmeas mais precoces podem contribuir para o aumento do número de bezerros nascidos por vaca até 76 meses de idade.

Ambas as características, idade ao primeiro parto e habilidade de permanência, são indicativas da duração da fase reprodutiva de fêmeas bovinas, porém, estas são observadas em idades adultas, específicas e isoladas, não sendo, portanto, avaliadas como uma trajetória reprodutiva ao longo da vida do animal.

2. Valor adaptativo

A seleção natural, conceito proposto inicialmente por CHARLES DARWIN em 1859, é um dos fatores capazes de provocar mudanças nas freqüências gênicas em uma população biológica, significando a sobrevivência dos mais aptos nas populações. Neste sentido surgiu a necessidade de se quantificar os efeitos causados pela seleção natural em termos de adaptabilidade ou “fitness”, geralmente medidos em função do diferencial reprodutivo e mais

especificadamente pela proporção de descendentes produzidos de uma geração para outra em determinada população.

Com o desenvolvimento dos estudos evolutivos, foi proposta a denominação adaptabilidade relativa ou valor adaptativo, que pode ser estimado de diferentes maneiras dependendo da população em estudo e, que corresponde à proporção de descendência sobrevivente de determinado genótipo quando comparada a proporção de um genótipo ótimo dessa mesma população em um dado ambiente (FUTUYMA, 2002). Assim, o valor adaptativo é geralmente indicado como simples medida de sucesso reprodutivo capaz de garantir a manutenção do pool gênico da população geração após geração (STINE, 1989; VOGEL E MOTULSKY, 1997; GARDNER et al., 2004; PRESTES, 2007).

Recentemente, metodologias da genética quantitativa estão sendo empregadas na estimação de parâmetros genéticos, visando avaliar a capacidade de herança da adaptabilidade relativa e sua relação com outras características nas populações (SNOKE & PROMISLOW, 2003; KRUUK, 2004; WILSON et al., 2007).

Embora a maioria dos estudos sobre valor adaptativo considerem mudanças ocorridas em tempo igual a uma geração, COULSON et al. (2006), baseando-se na definição de seleção proposta por CASWEEL (2001), em que a seleção é considerada como um processo contínuo que atua na distribuição fenotípica dentro de uma população em um ponto no tempo, podendo gerar respostas genéticas como mudanças nas freqüências alélicas, propuseram uma medida alternativa capaz de promover a seleção em tempo menor que uma geração. Esta medida permite calcular a contribuição de um indivíduo para o crescimento da população durante um tempo de vida desse mesmo indivíduo em uma população.

Basicamente, COULSON et al. (2006) consideraram no cálculo da P_{ti} os componentes sobrevivência e fecundidade individual em relação aos mesmos componentes médios da população ano após ano. O tamanho efetivo anual populacional também foi considerado, visando minimizar erros estatísticos. Dessa maneira, foram geradas medidas de adaptabilidade para cada indivíduo em cada ano de sua vida na população.

Estudando as bases genético quantitativas do envelhecimento em duas populações silvestres WILSON et al. (2007) estimaram parâmetros genéticos, por meio de diferentes modelos, entre eles o de regressão aleatória, para valor adaptativo individual anual em diferentes classes de idade dos animais, indicando a importância e utilidade de estudos individuais baseados em diferentes fases na vida para estudos evolutivos. Em ambas as populações estudadas, WILSON et al. (2007) mostraram uma tendência de aumento da variação genética de acordo com a idade, o que, segundo os autores, pode ser explicado pela teoria de mutações deletérias que se manifestam em idades mais avançadas e acumulam-se em função da menor pressão de seleção nestas idades. As correlações entre as medidas adaptativas tomadas em diferentes idades diminuíram com o afastamento entre as idades, sugerindo a ação de genes pleotrópicos, que agiriam de maneira divergente nos indivíduos mais jovens e mais velhos, sendo que a seleção favoreceria os animais com maior valor adaptativo em animais adultos.

A característica valor adaptativo individual medido em tempo menor que uma geração não foi ainda estudada em espécie animal destinada à produção, entretanto o processo e a metodologia utilizadas por WILSON et al. (2007) possivelmente poderão ser aplicadas para avaliar a fertilidade em bovinos de corte.

3. Modelos de Regressão Aleatória e Funções de Covariância

Os modelos de Regressão Aleatória (MRA), também chamados modelos de dimensão infinita, têm recebido grande destaque entre as metodologias utilizadas nos programas de avaliação genética de características tomadas inúmeras vezes na vida do animal, os chamados dados longitudinais (SCHAEFFER & DEKKERS, 1994). Proposto por HENDERSON (1982), os MRA, foram inicialmente empregados em avaliações genéticas de bovinos leiteiros (JAMROZIK et al., 1997; KETTUNEN et al., 2000; EL FARO & ALBUQUERQUE, 2003; EL FARO & ALBUQUERQUE, 2005) o que logo se estendeu a outras espécies destinadas a produção comercial. Em comparação aos modelos tradicionais utilizados nas

avaliações de dados longitudinais (repetibilidade e multicaracterísticas), os MRA apresentam algumas vantagens, tais como: 1) permite estimar um menor número de parâmetros, principalmente quando várias características são analisadas simultaneamente (REKAYA et al, 1999); 2) permite a estimação de componentes de covariância entre as medidas tomadas em diferentes idades (El FARO & ALBUQUERQUE, 2003); e 3) as análises abrangem todo o intervalo contínuo em que as medidas foram tomadas, permitindo predizer o valor dos animais em qualquer ponto do intervalo em que foram feitas as mensurações fenotípicas (ALBUQUERQUE & PEREIRA, 2006).

A maior parte dos trabalhos, envolvendo MRA, utiliza Polinômios de Legendre. (MEYER, 1999; SAKAGUTI, 2000; ALBUQUERQUE & MEYER, 2001 a,b; MEYER, 2001; CYRILLO, 2003; MEYER, 2003; NOBRE et al., 2003; ARANGO et al., 2004; NEPHAWE, 2004; MEYER, 2005). Estes polinômios, de acordo com ALBUQUERQUE & PEREIRA (2006), não requerem qualquer pressuposição sobre a forma da curva ou trajetória da característica com o tempo, são flexíveis e têm se mostrado capazes de modelar as mudanças das médias e variâncias, com a idade, para várias características que se repetem em diferentes espécies.

Uma função de covariância pode ser definida como uma função continua que fornece as covariâncias de características medidas em diferentes pontos de uma trajetória, descrevendo as covariâncias entre as medidas tomadas em determinadas idades, como uma função destas idades (VAN DER WERF & SCHAEFFER, 1997). Assim, ao se ajustar um MRA, assume-se uma determinada estrutura de covariâncias entre os coeficientes de regressão aleatória, a qual é imposta pela função ajustada, e pode ser caracterizada por uma função contínua ou uma função de covariância. De acordo com MEYER (1998), os MRA são um caso especial de funções de covariância, e permitem estimar diretamente os coeficientes das funções de covariância pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML).

Os MRA têm sido pouco aplicados em estudos envolvendo características reprodutivas de bovinos de corte, pois são características de difícil ajuste e altamente dependentes de fatores ambientais. MERCADANTE et al. (2002), em experimento de seleção para crescimento, utilizaram MRA na estimação de parâmetros genéticos para dias ao parto em fêmeas da raça Nelore, indicando que sua aplicação aos registros de dias para o parto proporcionou análise detalhada do comportamento das covariâncias genéticas e do valor genético do desempenho reprodutivo das fêmeas no decorrer de sua vida, o que pode ser oportuno em muitos estudos.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, L. G.; MEYER, K. Estimates of covariance functions for growth from birth to 630 days of age in Nelore cattle. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.79, p.2776- 2789, 2001(a).

ALBUQUERQUE, L. G.; MEYER, K. Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v.118, p.83-92, 2001(b).

ALBUQUERQUE, L. G.; PEREIRA, C. S. Evolução dos modelos de avaliação genética e novos desafios. In: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa: **Anais**...

ARANGO J. A.; CUNDIFF L. V.; VAN VLECK L. D. Covariance functions and random regression models for cow weight in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.54-67, 2004.

AZEVÊDO, D. M. M. R. et al. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia,**Viçosa, MG, v.35, n.2, p.988-996, 2006(a).

AZEVÊDO, D. M. M. R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos do desempenho reprodutivo de fêmeas Chianina. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.35, n.2, p.982-987, 2006(b).

BALDI, F. et al. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.37, n.2, p.247-253, 2008.

BERTAZZO, R. P. et al. Parâmetros Genéticos de Longevidade e Produtividade de Fêmeas da Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.33, n.5, p.1118-1127, 2004.

BUZANSKAS, M. E. **Estudo da habilidade de permanência de fêmea da raça Canchim aos 76 meses de idade.** 2009, 57f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal,2009.

CASWELL, H. **Matrix population models: construction, analysis and interpretation.** Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc. 2001. Apub COULSON, T. et al. Estimating individual contributions to population growth: evolutionary fitness in ecological time. **Proceedings of the Royal Society**, Queensland, v. 273, p. 547–555, 2005.

COULSON, T. et al. Estimating individual contributions to population growth: evolutionary fitness in ecological time. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 273, p. 547–555, 2006.

CYRILLO, J. N. S. G. **Estimativas de funções de covariância para crescimento de machos Nelore utilizando modelos de regressão aleatória.** 2003, 72f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

DARWIN, C. **The origin of species**. London: John Murray, Albemarle Street, 1859, 468p.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Utilização de modelos de regressão aleatória para produção de leite no dia do controle, com diferentes estruturas de variâncias residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.5, p.1104-1113, 2003.

EL FARO, L. ALBUQUERQUE, L. G. Predição de Valores Genéticos para a Produção de Leite no Dia do Controle e para a Produção Acumulada até 305 Dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, p.496-507, 2005.

EUCLIDES FILHO, K. **Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo – ambiente - mercado.** Campo Grande**:** Embrapa Gado de Corte, 2000. 61f. (Documentos, 85).

FONTES, C. A. A. et al. Eficiência de utilização da energia alimentar para produção de bezerros em vacas Nelore e mestiças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37, n.9, p.1650-1659, 2008.

FUTUYMA, D. **Biologia evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: Funpec, 2002. 646.p.

GARDNER, M. P. et al. Genetic variation for total fitness in Drosophila melanogaster: complex yet replicable patterns. **Genetics Society of America**, Bethesda, v.169, p.1553-1571, 2004.

GIANLORENCO, V. K.; ALENCAR, M. M.; TORAL, F. L. B. Herdabilidades e correlações genéticas de características de machos e fêmeas, em um rebanho bovino da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.6, p.1587-1593, 2003.

HENDERSON Jr., C. R. Analysis of covariance in the mixed model: higher-level, nonhomogeneous, and random regressions. **Biometrics**, Washington, v.38, p.623-640, 1982.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L. R. Estimates of Genetic Parameters for a Test Day Model with Random Regressions for Yield Traits of First Lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science,** Champaign, v.80, p.762-770, 1997.

KETTUNEN, A.; MANTYSAARI, ESA A.; POSO, J. Estimation of genetic parameters for daily milk yield of primiparous Ayrshire cows by random regression test-day models. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.66, p.251-261, 2000.

KRUUK, L.E.B. Estimating genetic parameters in natural populations using the animal model. **The Royal Society**, London, v. 359, p. 873-890, 2004.

MEIRELLES, S. L. et al. Genetic and environmental effects on sexual precocity traits in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, n.8, p.1488-1493, 2009.

MELLO, S. P. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento e produtividade em vacas da raça Canchim, utilizando-se inferência bayesiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, n.1, p.92-97, 2006.

MERCADANTE, M. E.; 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**, Viçosa, MG, v.29, n.4, p.997-1004, 2000.

MERCADANTE, M. E. Z. et al. Dias ao Parto de Fêmeas Nelore de um Experimento de Seleção para Crescimento. II - Modelo de Regressão Aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.31, n.4, p.1726-1733, 2002.

MEYER, K. Estimating covariance functions for longitudinal data using random regression model. **Genetics Selection Evolution**, Paris, v.30, p.221-240, 1998.

MEYER, K. Estimates of genetic and phenotypic covariance functions for post weaning growth and mature weight of beef cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v.116, p.181-205, 1999.

MEYER, K. Estimates of genetic covariance functions assuming a parametric correlation structure for environmental effects. **Genetics Selection Evolution**, Paris, v.33, p.557-585, 2001.

MEYER, K. First estimates of covariance functions for lifetime growth of Angus cattle. **Proceedings of Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**, v.15, p.395-398, 2003.

MEYER, K. Estimates of genetic covariance functions for growth of Angus cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v.122, p.73-85, 2005.

NEPHAWE K. A. Application of random regression models to the genetic evaluation of cow weight in Bonsmara cattle of South Africa. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v.34, n.3, p.166-173, 2004.

NOBRE, P. R. C. et al. Analyses of growth curves of Nellore cattle by multiple-trait and random regression models. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.918-926, 2003.

POLAQUINI, L. E M.; SOUZA, J. G.; GEBARA, J. J. Transformações técnico–produtivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, n.1, p. 321-327, 2006.

PRESTES, P. R. **Fecundidade e valor adaptativo na doença de machado Joseph.** Dissertação (Mestrado) 62 p. Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande de Sul, 2007.

QUEIROZ, S. A. et al. Estimativa de parâmetros genéticos da habilidade de permanência aos 48, 60 e 72 meses de idade em vacas da raça Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.36, n.5, p.1316-1323, 2007.

REKAYA, R.; CABAÑO, M.; TORO, M. Use of test-day yields for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.34, p.23-34,1999.

SAKAGUTI, E. S. **Funções de covariâncias e modelos de regressão aleatória na avaliação genética do crescimento de bovinos jovens da raça Tabapuã.** 2000. 81f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

SCHAEFFER, L. R.; DEKKERS, J. C. M. Random regression in animal models for test day production in dairy cattle. In: 5; 1994; Guelph. **Procedings…** p.443-446.

SILVA, J. AII. V. et al. Análise Genética da Habilidade de Permanência em Fêmeas da Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.3, p.598-604, 2003.

SNOKE, M. S.; PROMISSHOW, D. Quantitative genetic tests of recent senescence theory: age-specific mortality and male fertility in Drosophila melanogaster. **Heredity**, London, v.91, p.546–556, 2003.

STINE G. J. **The new human genetics**. Iowa: Wm. C. Brown Publishers, 1989. 499p.

Van Der WERF, J.; SCHAEFFER, L. **Random regression in animal breeding**. Ontario: University of Guelph, 1997. p.70

Van MELIS, M. H. et al. Study of stayability in Nellore cows using a threshold model. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85: p.1780-1786, 2007.

VOGEL, F.; MOTULSKY, A. G. (1997) **Human Genetics: Problems and approaches.** 3. ed. New York: Springer Verlag, 900p.

WILSON, A. J. et al. Evidence for a Genetic Basis of Aging in Two Wild Vertebrate Populations. **Current Biology**, London, v.17, p.2136–2142, 2007.

CAPÍTULO 2 – ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA VALOR ADAPTATIVO ANUAL EM FÊMEAS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

RESUMO – Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar parâmetros genéticos utilizando modelos de regressão aleatória sobre polinômios de Legendre, para medidas de valor adaptativo anual (P_{ti}) obtidas do 4º ao 13º anos de permanência de fêmeas da raça Nelore no rebanho. Os valores adaptativos anuais foram calculados com base na capacidade de sobrevivência e no número de crias deixado ano após ano Após o cálculo dos valores adaptativos, foram utilizadas nas análises 84.533 medidas de adaptabilidade de 21.610 fêmeas. Os modelos incluíram como aleatórios, os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente direto e, como fixo, os efeitos de grupos de contemporâneos. A curva fixa da tendência média da população foi definida pelo polinômio de 5ª ordem. Foram utilizados 14 modelos de polinômios de segunda a quinta ordem para modelar os efeitos aleatórios. O modelo contendo 10 classes de variância residual foi o que melhor descreveu o comportamento da trajetória ao longo da vida reprodutiva das fêmeas. Os modelos que consideraram polinômios de quinta e terceira ordem para os efeitos genético direto e de ambiente permanente direto, respectivamente, foram suficientes para modelar as mudanças das variâncias dos valores adaptativos anuais com a idade dos animais. As estimativas de herdabilidade para o efeito aditivo direto aumentaram ao longo da trajetória de permanência das fêmeas (0,05 a 0,55), indicando que existe maior variabilidade genética relativa em animais de maior idade. De maneira geral, os valores de correlação entre os valores adaptativos anuais diminuíram com o distanciamento das idades.

Palavras – chave: bovinos de corte, características reprodutivas, sobrevivência

Introdução

A seleção de animais com melhores índices reprodutivos é uma prática comum adotada pelos programas de melhoramento genético de bovinos de corte estabelecidos no Brasil. De acordo com BERGMANN (1993), rebanhos detentores de alta fertilidade possuem maior disponibilidade de animais, tanto para venda como para seleção, permitindo maior intensidade seletiva e, conseqüentemente, progressos genéticos mais elevados e maior lucratividade. Assim, selecionar animais mais eficientes reprodutivamente é uma possibilidade de melhorar os índices produtivos e conseqüentemente aumentar a lucratividade.

Medidas de valor adaptativo indicam a proporção de descendentes deixados para a próxima geração (BÉRUBE et al., 1999; SNOKE & PROMISLOW, 2003; COULSON et al., 2006). Sua aplicação como característica reprodutiva a ser selecionada artificialmente em rebanhos destinados a produção, gera nova perspectiva nas avaliações genéticas de futuros reprodutores e matrizes.

A trajetória da fase reprodutiva de fêmeas bovinas pode ser representada por pontos que relacionam seu valor adaptativo anual à sua idade, indicando a sua capacidade em permanecer no rebanho ano após ano, deixando descendentes que consigam sobreviver até o próximo ano.

Os valores de adaptabilidade durante a vida do animal podem ser analisados por meio de modelos de regressão aleatória. Estes modelos são amplamente utilizados em análises de dados longitudinais em bovinos de corte, principalmente em características ponderais (SANTORO, et al., 2005; DIAS et al., 2006; BOLIGON et al., 2009; PELICIONI et al., 2009; TORAL et al., 2009), no entanto, ainda são escassos estudos que utilizem estes modelos nas avaliações de características reprodutivas.

A estimação de funções de covariância, incluindo os valores adaptativos anuais é necessária no desenvolvimento de funções que permitam alterar a forma da curva de adaptabilidade pela seleção. Com isso será possível a seleção de animais com melhores índices durante toda a fase reprodutiva.

Este estudo teve por objetivo estimar funções de (co) variâncias e parâmetros genéticos para valor adaptativo anual, utilizando modelos de regressão aleatória, visando identificar o modelo mais adequado para descrever as mudanças das variâncias de acordo com a idade do animal e, possível indicação para utilização do valor adaptativo anual com critério de seleção para eficiência reprodutiva na raça Nelore.

Material e métodos

Dados

Os dados utilizados neste estudo são provenientes dos rebanhos bovinos participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN), cedidos pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). O conjunto de dados disponibilizado continha 151.590 animais distribuídos em 9 fazendas, nascidos entre os anos de 1994 a 2009. Após a preparação dos dados foram calculados os valores adaptativos (P_{ti}) para cada fêmea em cada ano de sua permanência no rebanho, seguindo a equação matemática proposta por COULSON et al. (2006):

$$P_{ti} = \frac{S_{ti} - S_t}{N_t - 1} + \frac{F_{ti} - F_t}{N_t - 1}$$

em que, $\boldsymbol{P_{ti}}$ *é o* valor adaptativo do animal i no ano t; $\boldsymbol{N_t}$ é o tamanho efetivo da população no ano t; $\boldsymbol{S_{ti}}$ é uma variável binária (0 ou 1) e representa a sobrevivência do animal i do ano t ao ano t+1; $\boldsymbol{F_{ti}}$ é a metade do número de descendentes produzidos pelo animal *i* no ano *t*, que sobreviveram ao ano *t+1* (fecundidade); $\boldsymbol{S_t}$ é a média de sobrevivência da população no ano t e $\boldsymbol{F_t}$ é a média de fecundidade da população no ano t.

Todos os valores adaptativos calculados foram multiplicados por 10.000 e somados a 100, pois se apresentaram muito baixos, cumprindo assim as exigências computacionais do programa de análises. A descrição geral do arquivo de dados utilizado no cálculo do valor adaptativo anual apresenta-se na Tabela1.

Inicialmente foram consideradas fêmeas nascidas entre os anos de 1994 a 2009, totalizando 210.554 registros provenientes de 49.239 fêmeas, sendo as fêmeas de 16 anos de idade em 2009, aquelas com maior tempo de permanência. No entanto, devido ao baixo número de fêmeas que permaneceram no rebanho por mais de 13 anos, considerou-se apenas medidas adaptativas até o 13º ano de permanência (2006), restando 209.952 registros.

Tabela 1. Número de fêmeas, média de fecundidade (F_t), média de sobrevivência (S_t) e, tamanho da população anual (N_t) utilizados no cálculo do valor adaptativo para cada idade considerada.

Idade	Descrição			
	Nº de fêmeas	F_t	S_t	N_t
1	49.239	0,0581	0,7832	3.659
2	36.878	0,0644	0,8286	3.992
3	28.483	0,0678	0,8264	4.786
4	23.942	0,0639	0,7685	5.252
5	20.758	0,0619	0,7196	6.422
6	15.898	0,0634	0,7200	7.718
7	12.023	0,0639	0,7080	8.780
8	8.520	0,0647	0,6964	8.879
9	5.901	0,0648	0,6811	10.560
10	3.922	0,0618	0,6576	11.246
11	2.422	0,0636	0,6219	12.023
12	1.237	0,0634	0,5982	12.332
13	729	0,0511	0,5186	11.519

Os grupos de contemporâneos utilizados nas análises foram constituídos por animais nascidos na mesma fazenda, ano e estação. Foram consideradas duas estações de nascimento agrupando-se os meses de novembro a abril (estação 1) e de maio a outubro (estação 2). Grupos de contemporâneos com menos de 10

observações foram desconsiderados das análises. Foram realizadas as análises descritivas e retirados dados inconsistentes utilizando o pacote estatístico SAS (SAS 9.0, SAS Institute, Cary, NC, USA).

Após a consistência de dados, verificou-se que não havia variabilidade para valor adaptativo anual dentro do grupo de contemporâneos para fêmeas com idade entre 0 a 3 anos, assim, estes anos foram excluídos das análises.

A estrutura geral do arquivo de dados analisado continha 84.533 observações de valores adaptativos provenientes de 21.610 fêmeas do 4º ao 13º ano de vida e 180 grupos de contemporâneos. Foi utilizado nas análises um arquivo contendo toda a ascendência disponível na genealogia dos animais com informação de valor adaptativo, totalizando 45.115 animais na matriz de parentesco.

Análises

As análises de regressão aleatória foram realizadas utilizando o polinômio ortogonal de Legendre. A ordem da função de regressão para definir a curva média de adaptabilidade da população foi definida após testar diferentes ordens dos polinômios. Foram considerados dois efeitos aleatórios (genético aditivo direto e de ambiente permanente direto) com diferentes ordens de polinômio (k). Para os efeitos genético aditivo direto (a) e de ambiente permanente (p), utilizou-se polinômios linear, quadráticos, cúbicos e quárticos. O polinômio ortogonal de Legendre da idade do animal, de segunda a sêxtupla ordem, foi utilizado como covariável e, o grupo de contemporâneos foi incluído como efeito fixo. As variâncias residuais foram modeladas considerando heterogeneidade, com diferentes classes agrupadas por níveis de idade, e homogeneidade. O modelo de regressão aleatória utilizado pode ser descrito como:

$$y_{ij} = F + \sum_{m=0}^{k_b-1} \beta_m \phi_m(t_j) + \sum_{m=0}^{k_a-1} \alpha_{jm} \phi_m(t_{ij}) + \sum_{m=0}^{k_p-1} \delta_{jm} \phi_m(t_{ij}) + e_{ij}$$

em que: y_{ij} valor adaptativo do i–ésima idade, pertencente ao j–ésimo animal; F é o efeito fixo de grupos de contemporâneos; β_m são coeficientes de regressão para modelar a média da população; $\phi_m(t_j)$ é a função de regressão de ordem $\mathbf{k_b}$, que descreve a curva média da população de acordo com a idade do animal (t_i); $\phi_m(t_{ij})$ são as funções de regressão que descrevem as trajetórias de cada indivíduo j, de acordo com a idade $\mathbf{t_i}$, para os efeitos aleatórios genético aditivo direto e de ambiente permanente direto; α_{jm}, δ_{jm} são os regressores aleatórios genético direto e de ambiente permanente direto para cada animal; k_b, k_a e k_p são ordens dos polinômios utilizados para os efeitos correspondentes; e e_{ij} é o erro aleatório associado a cada idade i do animal j. Em notação matricial, o modelo pode ser representado por:

$$y = Xb + Z_1 a + W_1 p + e$$

em que **y** é o vetor das observações, **b** é o vetor dos efeitos fixos (incluindo F_{ij} e β_m), **a** é o vetor dos coeficientes aleatórios para o efeito genético aditivo direto, **p** é o vetor dos coeficientes aleatórios para o efeito de ambiente permanente direto, **e** é o vetor dos resíduos, e **X**, $\mathbf{Z_1}$, $\mathbf{W_1}$ são as matrizes de incidência correspondentes.

As pressuposições em relação aos componentes são:

$$E\begin{bmatrix} y \\ a \\ p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \; V\begin{bmatrix} a \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_a \otimes A & 0 & 0 \\ 0 & K_p \otimes I_{NA} & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix}$$

em que K_a e K_p são as matrizes de (co)variância entre os coeficientes de regressão aleatórios para os efeitos genético aditivo direto e ambiente permanente direto, **A** é a matriz de parentesco entre indivíduos, **I** é a matriz identidade, $\mathbf{N_A}$ é o

número de animais com registro, $\otimes$ é o produto de Kroeneker entre matrizes, e **R** representa a matriz bloco diagonal, contendo as variâncias residuais. Assume-se neste modelo que não há correlação entre os coeficientes de regressão aleatórios para os efeitos genético aditivo direto e de ambiente permanente do animal.

Dado o modelo de regressão aleatória e as pressuposições associadas aos momentos, as equações de modelos mistos (EMM) são:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z & X'R^{-1}W \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + K_a \otimes A^{-1} & Z'R^{-1}W \\ W'R^{-1}X & W'R^{-1}Z & W'R^{-1} + K_P \otimes I_{N_A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ a \\ p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \\ W'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

Os componentes de variância foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) em análises de regressão aleatória, utilizando-se o software "WOMBAT" (MEYER et al., 2006).

Os modelos de regressão aleatória com diferentes ordens de ajustes para os polinômios foram comparados usando o logaritmo da função de máxima verossimilhança restrita (logL) dos critérios de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano de Schwarz (BIC) (WOLFINGER, 1993). Os critérios de informação podem ser representados como:

$$AIC = -2 \ln L + 2p, \text{ e}$$

$$BIC = -2 \ln L + p \ln(N - r[X])$$

em que: p é o número de parâmetros do modelo; N é o número total de observações; r[X] é o posto da matriz de incidência de efeitos fixos e ln L o logaritmo neperiano da função de máxima verossimilhança restrita.

Os critérios AIC e BIC consideram a falta de ajuste e o número de parâmetros estimados no modelo, em que, modelos com menores valores de AIC e BIC são escolhidos como melhores modelos de ajuste dos dados. O AIC pode ser empregado para comparar modelos com os mesmos efeitos fixos, mas diferentes estruturas de variância. No caso do BIC, o julgamento é o mesmo, mas

esse critério atribui maior penalidade aos modelos com grande número de parâmetros.

A citação dos modelos de regressão aleatória segue o seguinte padrão: $Mk_ak_p_r$ referindo-se à ordem da função de covariâncias para os efeitos genético aditivo direto (k_a) e de ambiente permanente de animal (k_p) e a estrutura de variâncias residuais (r).

Resultados e discussão

As medidas de valor adaptativo variaram de 97,27 a 103,11, com média e desvio-padrão de 100,14 ± 0,79. De maneira geral, de acordo com a Figura 1, com o aumento das idades, houve decréscimo nas médias de valor adaptativo anual e aumento nos desvios-padrão correspondentes. O aumento das médias do valor adaptativo anual após o 11º ano de permanência das fêmeas, inicialmente inesperado, pode ser explicado pela alta proporção de animais que, no ano de 2009, tinham idades acima de 11 anos, sendo que 2009 foi o último ano para o qual havia informações disponíveis para fêmeas e, muitas delas terem continuado no rebanho após este ano, o que aumentou o valor adaptativo absoluto desses animais.

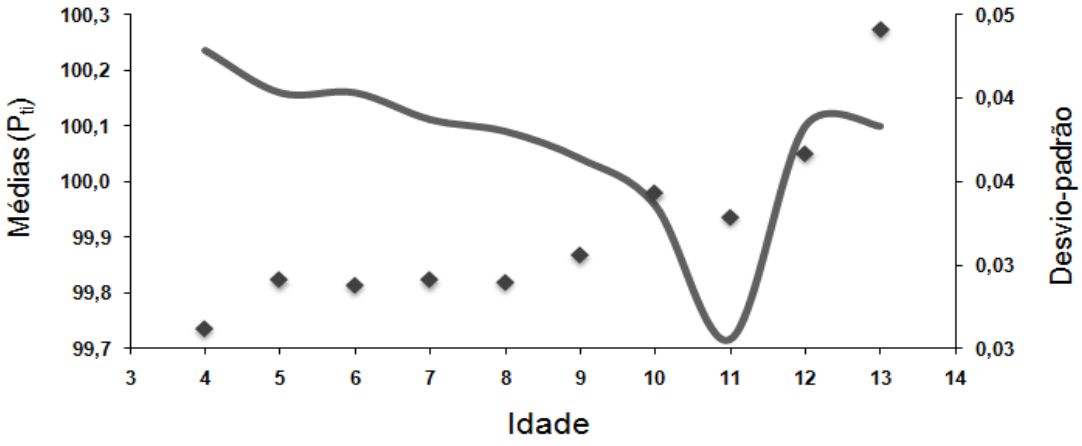


Figura 1. Médias (━) e desvios-padrão (♦) para valor adaptativo anual na raça Nelore

A curva média de adaptabilidade da população foi definida após a comparação entre modelos com diferentes ordens de ajuste para a curva fixa, sendo o de melhor ajuste segundo os critérios adotados, o de 5ª ordem.

A descrição dos modelos utilizados nas análises está apresentada na Tabela 2. O modelo contendo homogeneidade de variâncias residuais promoveu o pior ajuste, indicando que as variâncias têm comportamento diferenciado no decorrer da fase reprodutiva na raça Nelore. Entres os modelos que consideraram as classes de variâncias residuais heterogêneas, o de melhor ajuste foi o de 10 classes. Para modelar os efeitos aleatórios, o modelo de ordem 5 e ordem 3 para efeito genético aditivo direto e de ambiente permanente, respectivamente foi o mais adequado de acordo com os critérios adotados, contendo 31 parâmetros. Além dos modelos apresentados na Tabela 2, foram testados modelos com maior número de parâmetros para os efeitos aleatórios, porém com o aumento das ordens, obteve-se dificuldade em atingir a convergência. O mesmo problema em relação a convergência foi relatado por MEYER (1999), ARANGO et al. (2004) e BOLIGON et al. (2009) em estudo envolvendo características ponderais na raça Nelore.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas de (co)variâncias e correlações entre o intercepto e os coeficientes de regressão aleatória e seus autovalores, para o modelo M53_10. Para todos os efeitos aleatórios estudados, o intercepto apresentou a maior estimativa de variância, indicando ser responsável pela maior proporção da variação total existente. Para o efeito genético aditivo direto os dois maiores autovalores da matriz de coeficientes foram responsáveis por 97,5 % da variação genética total, sendo o primeiro autovalor responsável por 87,5 %. Para ambos os efeitos, os autovalores associados as matrizes de (co) variâncias entre os coeficientes de regressão indicaram a possibilidades de redução de dimensão sem perda de informação.

Tabela 2. Ordem do polinômio para efeitos genético direto (k_a) e de ambiente permanente (k_p), classes residuais (r), número de parâmetros (np), logaritmo neperiano da função de verossimilhança (Log(L)) e critérios de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano de Schwarz (BIC) para diferentes modelos utilizados nas análises

Variâncias Residuais							
Modelos	Critérios						
	K_a	K_p	r	np	Log(L)	AIC	BIC
M52_10*	5	2	10	28	-8483,858	17023,716	17285,312
M52_7	5	2	7	25	-8529,717	17109,434	17343,000
M52_6	5	2	6	24	-8559,395	17166,790	17391,016
M52_4	5	2	4	22	-8878,588	17801,176	18006,714
M52_H	5	2	1	19	-9834,590	19707,180	19884,690
Efeitos Aleatórios							
Modelos	Critérios						
	K_a	K_p		np	Log(L)	AIC	BIC
M22_10	2	2		16	-8848,9170	17729,8340	17879,3160
M23_10	2	3		19	-8748,6230	17535,2460	17712,7580
M24_10	2	4		23	-8736,7780	17519,5560	17734,4380
M25_10	2	5		28	-8733,6180	17523,2360	17784,8320
M32_10	3	2		19	-8678,6670	17395,3340	17572,8460
M33_10	3	3		22	-8624,9280	17293,8560	17499,3960
M34_10	3	4		26	-8611,7620	17275,5240	17518,4360
M35_10	3	5		31	-8605,2670	17272,5340	17562,1580
M42_10	4	2		23	-8551,1090	17148,2180	17363,1000
M43_10	4	3		26	-8508,2370	17068,4740	17311,3840
M44_10	4	4		30	-8508,1020	17076,2040	17356,4860
M52_10	5	2		28	-8483,8580	17023,7160	17285,3120
M53_10*	5	3		31	-8453,2800	16968,5600	17258,1840
M55_10	5	5		31	-8452,3420	16984,6840	17358,3920

*Modelo de melhor ajuste

Tabela 3. Estimativas de variâncias (diagonal), covariâncias (abaixo da diagonal) e correlações (acima da diagonal) entre os coeficientes de regressão aleatória da matriz de coeficientes e seus autovalores (λ), para os efeitos genético aditivo direto e de ambiente permanente de animal do modelo M53_10

		0	1	2	3	4	λ
Genético aditivo	0	0,57	0,93	0,49	0,40	0,33	1,05
	1	0,46	0,44	0,75	0,53	0,23	0,12
	2	0,15	0,19	0,15	0,69	-0,11	0,02
	3	0,05	0,06	0,00	0,03	0,45	0,01
	4	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Ambiente Permanente	0	1,16	0,98	0,99			1,53
	1	0,64	0,37	0,98			0,01
	2	0,12	0,06	0,01			0,00

Os componentes de variância genética aditiva direta, de ambiente permanente, residuais e fenotípicas para o valor adaptativo anual segundo o modelo M53_10 aumentaram com o envelhecimento dos animais (Figura 2).

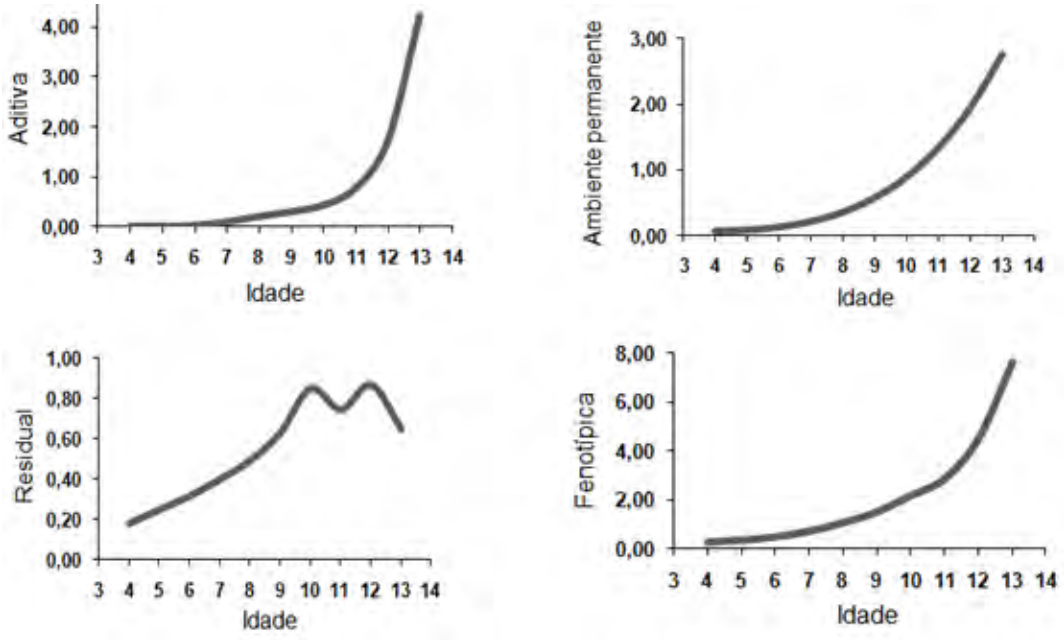


Figura 2. Estimativas de variâncias para valor adaptativo anual na raça Nelore

As estimativas de herdabilidades, também indicaram maior variabilidade genética em idades mais avançadas (Figura 3), variando de 0,05 (4º ano) à 0,55 (13º ano).

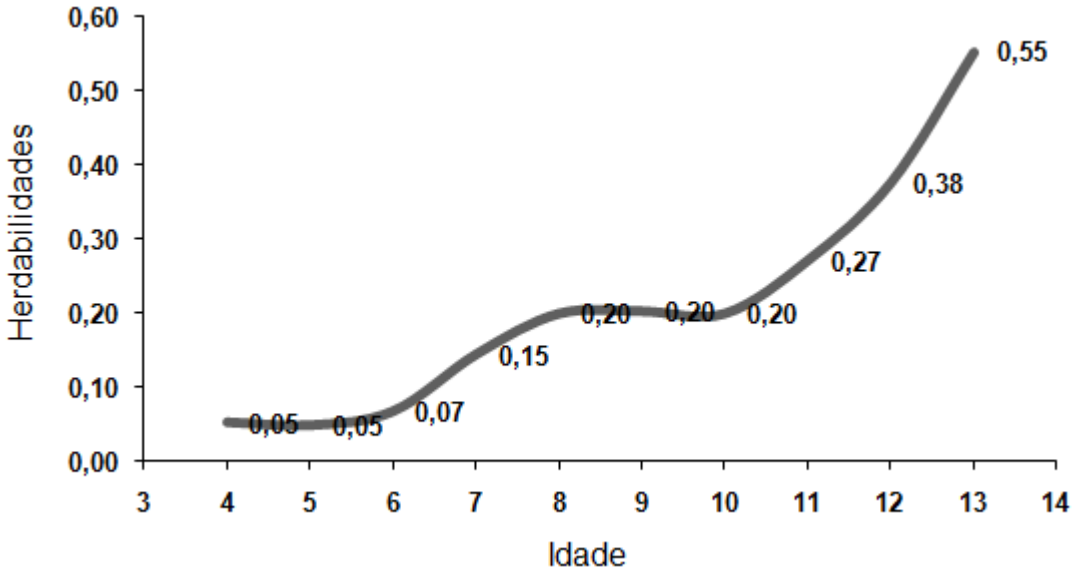


Figura3. Estimativas de herdabilidades para valor adaptativo anual na raça Nelore

As estimativas de variâncias e herdabilidades obtidas neste trabalho seguem trajetória similar a resultados obtidos por WILSON et al. (2007), que também apresentaram aumento de variabilidade genética para valor adaptativo com o envelhecimento dos animais. No presente trabalho a teoria das mutações acumuladas também pode explicar o aumento na variabilidade genética e a perda de capacidade reprodutiva das vacas com o envelhecimento.

As correlações genéticas aditiva direta e de ambiente permanente entre as idades de permanência das fêmeas para valor adaptativo anual estão representadas na Tabela 4. As estimativas de correlação genética direta entre idades menores (4º, 5º e 6º ano) apresentaram-se baixas e medianas. Já entre idades maiores, as correlações foram altas. Esses resultados, aliados às estimativas de herdabilidade sugerem que quanto mais tarde for feita a seleção maior será a resposta em termos de idades posteriores. É interessante notar, no

entanto, que este tipo de seleção não trará respostas correlacionadas consideráveis nas idades mais jovens, em função dos baixos valores de herdabilidade e correlações entre ambas.

Para o efeito de ambiente permanente, as correlações estimadas apresentaram-se altas (>0,70) entre todas as idades, indicando que os fatores ambientais permanentes que influenciam em idades menores também influenciam o valor adaptativo anual em outras idades.

De maneira geral todas as correlações estimadas entre as idades foram positivas e diminuíram com o distanciamento entre as idades. Em seu trabalho, WILSON et al. (2007) também mostraram que as correlações estimadas indicam diminuição nas estimativas de correlação genética aditiva para valor adaptativo com o distanciamento entre as idades, o que tem sido indicado também por outros autores, em trabalhos envolvendo diferentes características em rebanhos destinados a produção (MERCADANTE et al., 2002; PELICIONI et al., 2009; SARMENTO et al., 2010; SOUZA JUNIOR, et al., 2010).

Tabela 4. Estimativas de correlações genéticas aditiva direta (acima da diagonal) e de ambiente permanente (abaixo da diagonal) entre valor adaptativo do 4º ao 13º ano de fêmeas na raça Nelore

Idade (anos)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	-	0,201	0,043	0,091	0,154	0,226	0,296	0,338	0,354	0,355
5	0,977	-	0,586	0,136	0,030	0,097	0,257	0,385	0,390	0,289
6	0,922	0,983	-	0,868	0,777	0,739	0,681	0,573	0,475	0,417
7	0,864	0,951	0,991	-	0,979	0,923	0,779	0,573	0,436	0,402
8	0,818	0,921	0,977	0,996	-	0,972	0,844	0,636	0,483	0,432
9	0,786	0,899	0,964	0,990	0,998	-	0,943	0,780	0,626	0,540
10	0,764	0,883	0,954	0,985	0,996	0,999	-	0,939	0,821	0,709
11	0,750	0,873	0,947	0,981	0,994	0,998	0,999	-	0,959	0,864
12	0,741	0,866	0,947	0,978	0,992	0,998	0,999	0,999	-	0,964
13	0,735	0,862	0,939	0,976	0,991	0,997	0,999	0,999	1,000	-

Conclusões

As medidas de valor adaptativo anual são capazes de descrever a fase reprodutiva de fêmeas bovinas. No entanto, estas medidas apresentam aumento de variabilidade genética com a idade e baixas correlações genéticas entre valor adaptativo anual medido em fêmeas jovens e fêmeas com idades mais avançadas, indicando que esta característica dificilmente poderá ser utilizada como critério de seleção direto na raça Nelore. Entretanto, estes resultados parecem indicar que a seleção para aumento da longevidade deve ser realizada com base em informações reprodutivas tomadas em idades mais avançadas.

Referências Bibliográficas

ARANGO J. A.; CUNDIFF L. V.; VAN VLECK L. D. Covariance functions and random regression models for cow weight in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.54-67, 2004.

BERGMANN, J. A. G. Melhoramento genético da eficiência reprodutiva em bovinos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO REPRODUÇÃO ANIMAL, Belo Horizonte, **Suplemento** ,1993. p.70-86.

BÉRUBE, C. H.; FESTA-BIANCHET, M.; JORGENSON, J. T. Individual differences, longevity, and reproductive senescence in bighorn ewes. **Ecological Society of America,** v.80, p. 2555-2565, 1999.

BOLIGON, A. A. et al. Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, p.2320-2326, 2009.

COULSON, T. et al. Estimating individual contributions to population growth: evolutionary fitness in ecological time. **Proccedings of the Royal Society**, v. 273, p. 547–555, 2006.

DIAS, L. T. et al. Estimação de parâmetros genéticos para peso do nascimento aos 550 dias de idade para animais da raça Tabapuã utilizando modelos de regressão aleatória. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, p.1915-1925, 2006.

MEYER, K. Estimates of genetic and phenotypic covariance functions for post weaning growth and mature weight of beef cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.116, p.181-205, 1999.

MEYER, K. "WOMBAT" – Digging deep for quantitative genetic analyses by estricted maximum likelihood. In: World Congress on genetic applied to livestock Production, 8, 2006, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte, 2006, CD-ROM.

PELICIONI, L. C.; ALBUQUERQUE, L. G.; QUEIROZ, S. A. Estimação de componentes de co-variância para pesos corporais do nascimento aos 365 dias de idade de bovinos Guzerá empregando-se modelos de regressão aleatória. **Revista brasileira de Zootecnia**, v.38, p.50-60, 2009.

SANTORO, K. R. et al. Uso de Funções de Covariância na Descrição do Crescimento de Bovinos Nelore Criados no Estado de Pernambuco. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, p.2290-2297, 2005.

SARMENTO, J. L. R. et al. Modelos de regressão aleatória na avaliação genética do crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.39, p.1723 -1732, 2010.

SNOKE, M.S.; PROMISLOW, D. Quantitative genetic tests of recent senescence theory: age-specific mortality and male fertility in Drosophila melanogaster. **Heredity,** v.91, p.546–556, 2003.

SOUZA JUNIOR, S. C. et al. Estimação de funções de covariância para características de crescimento da raça Tabapuã utilizando modelos de regressão aleatória. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.39, p.1037 -1045, 2010.

TORAL F. L. B; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R. Estruturas de variância residual para estimação de funções de covariância para o peso de bovinos da raça Canchim. **Revista brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2152-2160, 2009.

WILSON, A. J. et al. Evidence for a Genetic Basis of Aging in Two Wild Vertebrate Populations. **Current Biology**, v.17, p.2136–2142, 2007.

WOLFINGER, R. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics**, v.22, p.1079-1106, 1993.

CAPÍTULO 3 – TENDÊNCIA GENÉTICA E COMPARAÇÃO ENTRE VALORES GENÉTICOS DO VALOR ADAPTATIVO ANUAL COM OUTRAS CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS

RESUMO – No presente trabalho o objetivo foi realizar avaliação genética de animais da raça Nelore para a característica valor adaptativo anual (P_{ti}). Foram considerados os valores genéticos referentes ao 4º ($P_{ti}4$), 8º($P_{ti}8$) e 13º($P_{ti}13$) ano de permanência das fêmeas. A tendência genética para valor adaptativo medido nas idades consideradas se baseou nas médias dos valores genéticos dos animais nascidos entre os anos de 1986 a 2005. Como critério de comparação foram adotadas as características idade ao primeiro parto (Ipp) e a stayability com duas definições distintas (Stay1 e Stay2). As associações entre os valores genéticos preditos foram realizadas pela utilização dos coeficientes de correlação de Pearson e porcentagem de touros coincidentes entre as características. Para a característica valor adaptativo anual foi utilizado o modelo de regressão aleatória contendo variância residual heterogênea de 10 classes, e coeficientes de ordem 5 e 3 para os efeitos genético aditivo direto e de ambiente permanente, respectivamente. As análises de Ipp e stayability foram realizadas utilizando o modelo animal e o modelo "threshold" com a função de ligação "probit", respectivamente. Estimativas de herdabilidade foram 0,05, 0,20 e 0,55 para $P_{ti}4$, $P_{ti}8$ e $P_{ti}13$. Para Ipp, Stay1 e Stay2 as herdabilidades estimadas foram de 0,12, 0,33 e 0,40, respectivamente. As tendências genéticas indicaram maiores ganhos para $P_{ti}4$ e $P_{ti}13$, sendo que para $P_{ti}8$, as médias foram quase que constantes. As associações entre os valores genéticos preditos para valor adaptativo medido no 4º ano e as características de comparação Ipp, Stay 1 e Stay 2 foram maiores.

Palavras – chave: característica reprodutiva, ganho genético, correlação de Pearson

Introdução

O valor fenotípico de um animal não demonstra diretamente o seu potencial genético, pois está sempre sofrendo influência do ambiente e da interação genótipo/ambiente, dificultando assim, o reconhecimento de animais geneticamente superiores.

O processo de avaliação genética envolve basicamente a classificação dos animais com base em seus valores genéticos e apóia a decisão de manutenção ou não do animal para reprodução. A predição de valores genéticos requer, entre outros fatores, a utilização de parâmetros genéticos estimados para a característica em questão.

As medidas de valor adaptativo anual são capazes de descrever a fase reprodutiva de fêmeas bovinas (Capítulo 2). Entretanto, estas medidas apresentam aumento de variabilidade genética com a idade e baixas correlações genéticas entre valor adaptativo anual medido em fêmeas jovens e fêmeas com idades mais avançadas (Capítulo 2), indicando que esta característica dificilmente poderá ser utilizada como critério de seleção direto na raça Nelore. Entretanto, estes resultados parecem indicar que a seleção para aumento da longevidade deve ser realizada com base em informações reprodutivas tomadas em idades mais avançadas. Desta maneira, é importante conhecer as respostas correlacionadas que poderíamos ter com o valor adaptativo quando a seleção é feita para outras características indicativas da capacidade reprodutiva de fêmeas, especialmente aquelas que são preconizadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético.

As características idade ao primeiro parto e stayability são comumente empregadas para seleção da eficiência reprodutiva em programas de melhoramento de gado de corte no Brasil, indicando o início da fase reprodutiva e o tempo de permanência no rebanho, respectivamente. Estas são medidas em idades pontuais na vida do animal, podendo variar de acordo com a definição de diferentes autores (AZEVÊDO et al., 2006 a,b; VAN MELIS et al., 2007; QUEIROZ et al., 2007; BALDI et al., 2008; MEIRELLES et al., 2009).

As correlações entre valores genéticos preditos de touros para diferentes características podem ser indicadores da correlação genética entre estas características, especialmente quando a acurácia dos touros é alta.

Neste trabalho o objetivo foi avaliar geneticamente animais da raça Nelore para a característica valor adaptativo anual e, comparar o valor adaptativo anual com as características idade ao primeiro parto e stayability baseado em valores genéticos de touros visando verificar possível associação entre valor adaptativo anual e as características reprodutivas.

Material e métodos

Dados

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes dos rebanhos bovinos participantes do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN). Após a preparação dos dados foram calculados os valores adaptativos, as idades ao primeiro parto e a stayability para cada fêmea. As características idade ao primeiro parto e a stayability foram adotadas como critério de comparação.

Os valores adaptativos anuais foram calculados, seguindo a equação matemática proposta por COULSON et al. (2006):

$$P_{ti} = \frac{S_{ti} - S_t}{N_t - 1} + \frac{F_{ti} - F_t}{N_t - 1}$$

em que, $\boldsymbol{P_{ti}}$ *é o* valor adaptativo do animal i no ano t; $\boldsymbol{N_t}$ é o tamanho efetivo da população no ano t; $\boldsymbol{S_{ti}}$ é a sobrevivência do animal i do ano t ao ano t+1; $\boldsymbol{F_{ti}}$ é a metade do número de descendentes produzidos pelo animal *i* no ano *t*, que sobreviveram ao ano *t+1* (fecundidade); $\boldsymbol{S_t}$ são as médias de sobrevivência da população no ano t e $\boldsymbol{F_t}$ são as médias de fecundidade da população no ano t.

A estrutura geral do arquivo de dados analisado para valor adaptativo anual continha 84.533 observações provenientes de 21.610 fêmeas do 4º ao 13º ano de vida e 180 grupos de contemporâneos. Foi utilizado nas análises um arquivo contendo toda a ascendência disponível na genealogia dos animais com

informação de valor adaptativo, totalizando 45.115 animais na matriz de parentesco.

As idades ao primeiro parto foram consideradas em meses. O arquivo de dados continha 21.137 registros de idade ao primeiro parto, com 236 grupos de contemporâneos. A matriz de parentesco continha 38.941 animais com identificações de animal, pai e mãe.

Para avaliar a stayability foram utilizadas duas diferentes definições: matrizes que permaneceram no rebanho até 64 meses e que pariram, no mínimo, duas vezes (Stay1) e, matrizes que permaneceram no rebanho até 88 meses, com 4 partos no mínino. Em ambas as definições, observações binárias com zero (fracasso=0) e um (1=sucesso) foram designadas aos animais. Os arquivos de dados utilizados nas análises para as definições 1 e 2 continham 21.153 e 16.413 fêmeas, respectivamente.

Os grupos de contemporâneos para P_{ti} e Ipp foram formados por animais nascidos na mesma fazenda, ano e estação, sendo desconsiderados das análises grupos de contemporâneos com menos de 10 observações. Para stayability foram considerados fazenda, ano e estação de parição. Grupos de contemporâneos sem variabilidade genética para as características foram retirados das análises. Após a formação dos grupos de contemporâneos foram realizadas as análises descritivas e retirados dados inconsistentes utilizando o pacote estatístico SAS (SAS 9.0, SAS Institute, Cary, NC, USA).

Análises

As medidas de valor adaptativo anual foram analisadas via modelo de regressão aleatória, sobre polinômio de Legendre. Foram considerados como aleatórios os efeitos genético aditivo direto e o de ambiente permanente do animal e, como fixo, o efeito de grupos de contemporâneos. A curva fixa referente à tendência média da população foi definida pelo polinômio ortogonal de Legendre de 5ª ordem. Para os efeitos genético aditivo direto e o de ambiente permanente

foram considerados polinômios de 5ª e 3ª ordem, respectivamente. O resíduo foi modelado utilizando heterogeneidade de variâncias residuais com 10 classes. Em notação matricial, o modelo utilizado pode ser representado por:

$$y = Xb + Z_1a + W_1p + e$$

em que **y** é o vetor das observações, **b** é o vetor dos efeitos fixos, **a** é o vetor dos coeficientes aleatórios para o efeito genético aditivo direto, **p** é o vetor dos coeficientes aleatórios para o efeito de ambiente permanente direto, **e** é o vetor dos resíduos, e **X**, **Z1**, **W1** são as matrizes de incidência correspondentes.

A predição de valores genéticos foi realizada utilizando os termos referentes aos valores genéticos dos coeficientes de regressão aleatória para o efeito genético aditivo direto. Para avaliar a tendência genética para valor adaptativo considerou-se medidas adaptativas referentes ao 4º ($P_{ti}4$), 8º($P_{ti}8$) e 13º($P_{ti}13$) ano. As tendências foram calculadas utilizando regressão das médias anuais dos valores genéticos preditos para o efeito genético aditivo direto sobre o ano de nascimento do animal.

Para a característica idade ao primeiro parto foi realizada análise uni característica considerando modelo animal. No modelo foi considerado como fixo o efeito de grupos de contemporâneos. O modelo utilizado pode ser descrito por:

$$y = Xb + Za + e$$

em que, **y** é o vetor das observações, **b** é o vetor dos efeitos fixos, **a** é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos de animal, **e** é o vetor dos resíduos e, **X** e **Z** são as matrizes de incidência correspondentes aos efeitos fixos e de efeitos genéticos aditivos direto, respectivamente.

A estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos para as características P_{ti} e Ipp foram realizadas utilizando o software WOMBAT (MEYER et al. 2010).

Para stayability, os efeitos fixos e aleatórios foram modelados a partir de um preditor linear, descrito por:

$$\eta = Xb + Za$$

em que, **η** é o preditor linear, **b** é o vetor dos efeitos fixos, **a** é o vetor de efeitos genéticos aditivos de animal, **X** e **Z** são, respectivamente, as matrizes de incidência dos efeitos **b** e **a**.

Como a stayability segue uma distribuição binomial, utilizou-se na estimação de parâmetros e predição de valores genéticos dos animais a função de ligação "probit" em modelo "threshold" usando o software ASREML (GILMOUR et al. 2000). A função de ligação representa um modelo biológico da média, ou seja, assumi-se que as respostas binomiais sejam manifestações observáveis de processos subjacentes contínuos não observáveis (MERCADANTE et al. 2004). O modelo "probit" assume que a variância residual na escala subjacente é tomada como uma unidade de medida, $\sigma_r^2 = 1$ (GIANOLA E FOULLEY, 1983) e assegura que as estimativas do rebanho ficarão entre 0 e 1.

As correlações de Pearson e as associações entre os valores genéticos preditos para as características estudadas foram estimadas para touros com mais de 20 filhas, totalizando 230 touros. Além disso, foi mensurada a proporção de touros coincidentes entre as características, considerando os animais que pertenciam aos 10% dos touros com melhores valores genéticos para cada característica.

Resultados e Discussão

As médias, os desvios-padrão e os valores mínimos e máximos para as características valor adaptativo anual e idade ao primeiro parto são apresentados na Tabela 1. A porcentagem de sucesso em fêmeas para Stay1 e Stay2 foram, respectivamente, 54,04% e 23,45%.

Tabela 1. Médias observadas, desvios-padrão, valores mínimos e máximos para as características valor adaptativo anual medidos aos 4 ($P_{ti}4$), 8 ($P_{ti}8$), e 13 ($P_{ti}13$) anos e idade ao primeiro parto (Ipp)

Características	Médias	Desvios-padrão	Mínimo	Máximo
$P_{ti}4$	100,23	0,55	97,30	102,77
$P_{ti}8$	100,09	0,92	97,40	102,87
$P_{ti}13$	100,09	1,52	97,56	103,02
Ipp (meses)	38,42	5,82	22,00	60,00

Para a característica valor adaptativo anual, observou-se um acréscimo nas estimativas de variância genética aditiva, de ambiente permanente do animal, residuais e fenotípicas com a idade. As herdabilidades também aumentaram com a idade, sendo que, para as idades 4, 8 e 13 foram respectivamente 0,05, 0,20 e 0,55 (Capítulo 2). Tendência semelhante foi encontrada por WILSON et al. (2007), em um estudo envolvendo dados de duas populações de animais silvestres.

As estimativas de variâncias e herdabilidades para as características idade ao primeiro parto, Stay1 e Stay2 estão apresentadas na Tabela 2. Herdabilidade encontrada por DIAS et al. (2004) para Ipp, para a raça Nelore, foi semelhante a encontrada neste trabalho, entretanto, estimativas superiores foram relatadas por MERCADANTE et al. (2000) e AZEVÊDO et al. (2006a). As herdabilidades para as características Stay1 e Stay2 estimadas neste trabalho foram, superiores às reportadas VAN MELIS et al. (2006) utilizando definições semelhantes.

Tabela 2. Variâncias genéticas aditiva direta (σ_a^2) e residuais (σ_r^2) e herdabilidades (h^2) com seus respectivos erros-padrão, para idade ao primeiro parto (Ipp), Stay1 e Stay2.

Características	σ_a^2	σ_r^2	h^2
Ipp	3,24	22,90	0,12 ± 0,01
Stay1	0,36	1,00	0,33 ± 0,04
Stay 2	0,45	1,00	0,40 ± 0,06

As tendências genéticas indicam que houveram ganhos genéticos com os anos para $P_{ti}4$ e $P_{ti}13$. No entanto, para $P_{ti}8$ as médias de valores genéticos se mantiveram quase que constantes, indicando que não houve ganho genético para P_{ti} aos 8 anos. O incremento médio anual para $P_{ti}4$, $P_{ti}8$ e $P_{ti}13$ foram respectivamente 0,0022, 0,0009 e 0,0434 unidades de valor adaptativo/ano (Figura 1,2 e 3).

Os coeficientes de correlação de Pearson entre os valores genéticos preditos de touros e a porcentagem de touros coincidentes para as características estudadas estão apresentados na Tabela 3.

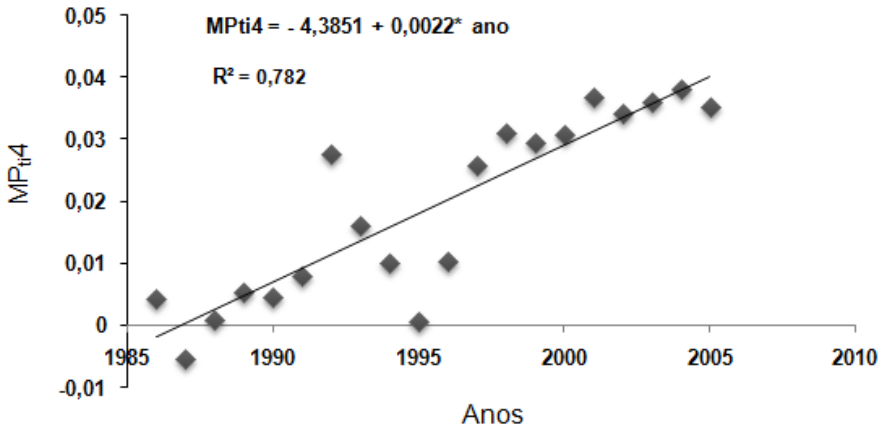


Figura 1. Tendência genética para valor adaptativo anual aos 4 anos de permanência ($MP_{ti}4$)

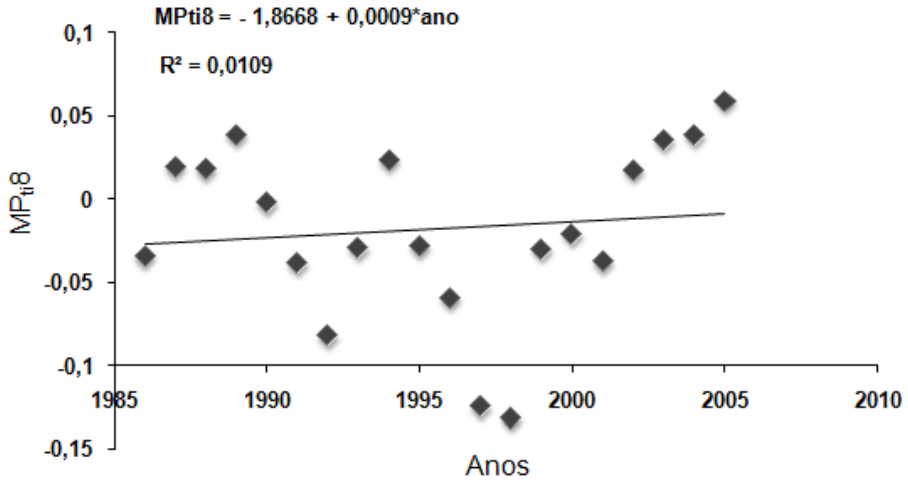


Figura 2. Tendência genética para valor adaptativo anual aos 8 anos de permanência ($MP_{ti}8$)

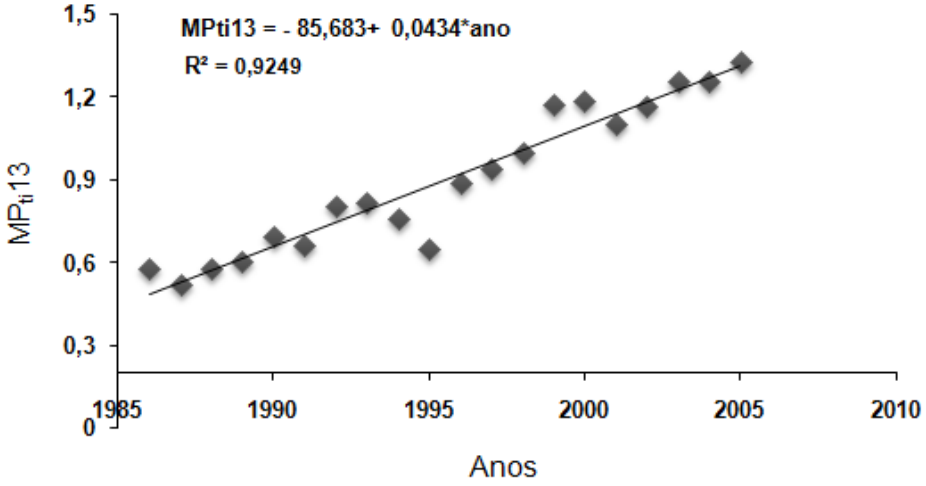


Figura 3. Tendência genética para valor adaptativo anual aos 13 anos de permanência ($MP_{ti}13$)

Tabela 3. Correlações de Pearson entre os valores genéticos preditos de touros e porcentagem de touros coincidentes entre valor adaptativo anual medido aos 4 ($P_{ti}4$), 8 ($P_{ti}8$) e 13 ($P_{ti}13$) anos, idade ao primeiro parto (Ipp) e stayability (Stay1 e Stay2)

Características	Correlações de Pearson	Touros coincidentes (%)
$P_{ti}4$ – Ipp	-0,4988	34,78
$P_{ti}8$ – Ipp	-0,0026	13,04
$P_{ti}13$ – Ipp	-0,1968	26,09
$P_{ti}4$ – Stay1	0,4033	13,04
$P_{ti}8$ – Stay1	0,0694	8,70
$P_{ti}13$ – Stay1	0,2402	13,04
$P_{ti}4$ – Stay2	0,3851	26,09
$P_{ti}8$ – Stay2	0,1272	13,04
$P_{ti}13$ – Stay2	0,2704	30,43

Os gráficos de dispersão entre os valores genéticos preditos dos touros para as características estão representados nas Figuras 5, 6 e 7, respectivamente.

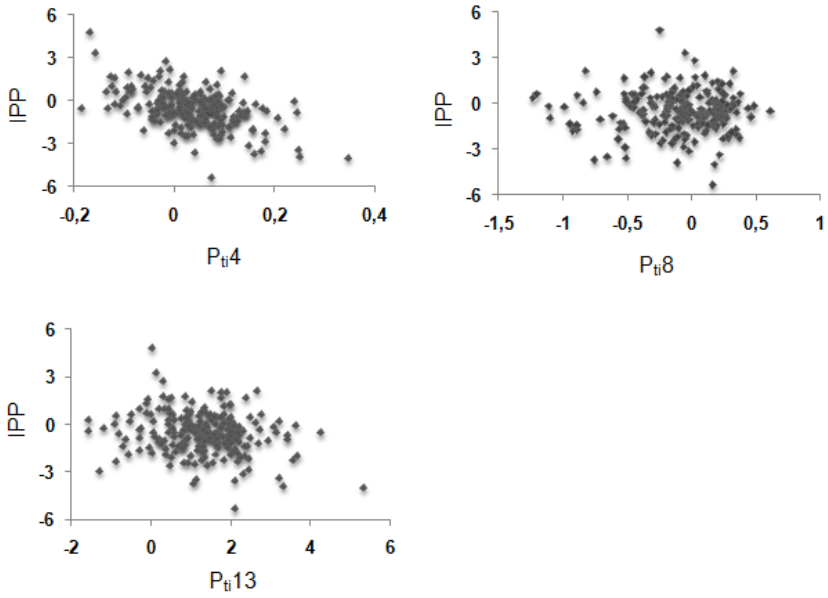


Figura 4. Dispersão dos valores genéticos preditos de touros para Idade ao primeiro parto (Ipp) e valor adaptativo anual nas idades 4 ($P_{ti}4$), 8 (Pti8) e 13 ($P_{ti}13$)

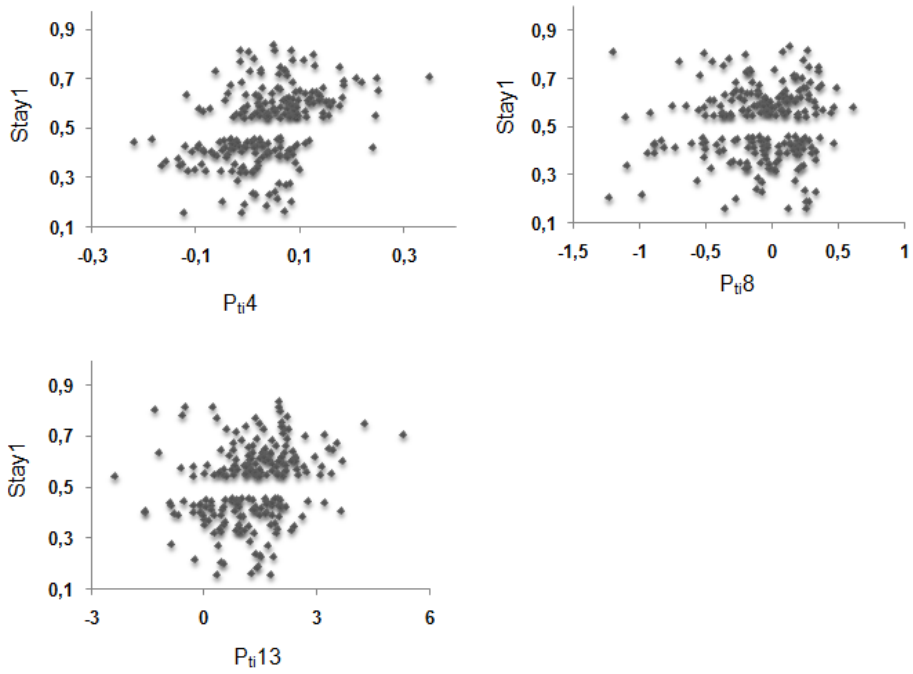


Figura 5. Dispersão dos valores genéticos preditos de touros para stayability (Stay1) e valor adaptativo anual nas idades 4 ($P_{ti}4$), 8 (Pti8) e 13 ($P_{ti}13$)

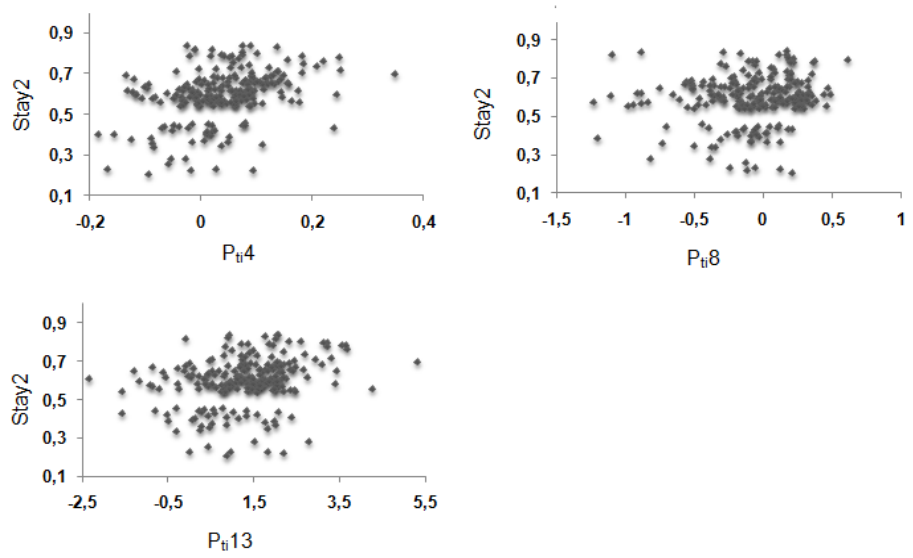


Figura 6. Dispersão dos valores genéticos preditos de touros para stayability (Stay2) e valor adaptativo anual nas idades 4 ($P_{ti}4$), 8 (Pti8) e 13 ($P_{ti}13$)

Os coeficientes de correlação de Pearson entre os valores genéticos preditos e a porcentagem de touros coincidentes indicam que o valor adaptativo no 4º ano de permanência tem maior associação com as características adotadas como critério de comparação, o que também pode ser observado através dos gráficos de dispersão entre os valores genéticos. Embora os valores de associação sejam medianos, estes resultados podem indicar que a seleção para Ipp, como esperado, esteja mais relacionada à fertilidade nas fases iniciais da vida reprodutiva. Por outro lado, esperava-se que a stayability, em especial aos 88 meses, estivesse mais relacionada com o meio ou a fase final da vida reprodutiva. Assim, estes resultados parecem indicar que a maior determinante para a stayability seja o começo da vida reprodutiva.

Porém, para que se possa avaliar o potencial da seleção indireta utilizando as características idade ao primeiro parto e stayability para valor adaptativo anual, faz-se necessário a realização de análises bi característica, envolvendo as características em questão.

Conclusões

As tendências genéticas indicam que ganhos genéticos foram alcançados para valor adaptativo anual medido na idade 4 ($P_{ti}4$) e 13 ($P_{ti}13$).

Os valores genéticos preditos para valor adaptativo medido em idades menores estão mais associados aos valores genéticos preditos para as características idade ao primeiro parto e stayability, entretanto, as correlações genéticas entre as características devem ser estudadas para possível utilização destas características na seleção indireta do valor adaptativo anual na raça Nelore.

Referências bibliográficas

AZEVÊDO, D. M. M. R. et al. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.35, n.2, p.988-996, 2006(a).

AZEVÊDO, D. M. M. R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos do desempenho reprodutivo de fêmeas Chianina. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.35, n.2, p.982-987, 2006(b).

BALDI, F. et al. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.37, n.2, p.247-253, 2008.

COULSON, T. et al. Estimating individual contributions to population growth: evolutionary fitness in ecological time. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 273, p. 547–555, 2005.

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

GIANOLA, D.; FOULLEY, J. L. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. **Genetic, Selection, Evolution,** v.5, p.201-224, 1983.

GILMOUR, A. R.; CULLIS, B. R.; WELHAM, S. J.; THOMPSON, R. **ASREML reference manual.** Disponível em**:** ftp://ftp.res.bbsrc.ac.uk/pub/aar/. Acessado em 01/03/ 2010.

MEIRELLES, S. L. et al. Genetic and environmental effects on sexual precocity traits in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**,Viçosa, MG, v.38, n.8, p.1488-1493, 2009.

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,** Viçosa, MG, v.29, n.4, p.997-1004, 2000.

MERCADANTE, M. E. Z. et al. Efeito da Seleção para Crescimento na Permanência de Vacas Nelore no Rebanho até Cinco Anos de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.33, n.2, p.344-349, 2004.

MEYER, K. “WOMBAT” – Digging deep for quantitative genetic analyses by estricted maximum likelihood. In: World Congress on genetic applied to livestock Production, 8, 2006, Belo Horizonte. **Proceedings...** CD-ROM

QUEIROZ, S. A. et al. Estimativa de parâmetros genéticos da habilidade de permanência aos 48, 60 e 72 meses de idade em vacas da raça Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.36, n.5, p.1316-1323, 2007.

SILVA, J. A.II. V. et al. Análise Genética da Habilidade de Permanência em Fêmeas da Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v.32, n.3, p.598-604, 2003.

Van MELIS, M. H. Study of stayability in Nellore cows using a threshold model. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85, p.1780-1786, 2007.

WILSON, A. J. et al. Evidence for a Genetic Basis of Aging in Two Wild Vertebrate Populations. **Current Biology**, London, v. 17, p. 2136–2142, 2007.

CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES

A seleção de fêmeas com melhores índices reprodutivos requer uma descrição detalhada de toda a fase reprodutiva das fêmeas, o que pode ser realizado pelas medidas adaptativas individuais medidas a cada ano de permanência das fêmeas no rebanho.

Para que se possa avaliar geneticamente essas medidas, faz-se necessário o conhecimento das estimativas de parâmetros genéticos para toda a vida do animal. Essas estimativas podem ser obtidas, por exemplo, pelos modelos de regressão aleatória. No entanto é necessário encontrar o modelo que dê melhor ajuste aos dados adaptativos

As estimativas de herdabilidade aliadas às correlações genéticas entre valor adaptativo medido em idades menores e idades maiores sugerem que quanto mais tarde for feita a seleção maior será a resposta em termos de idades posteriores.

Assim, o valor adaptativo anual dificilmente poderá ser aplicado como critério de seleção direto para eficiência reprodutiva na raça Nelore. No caso da seleção indireta, devem ser realizados mais estudos envolvendo as características que podem ser utilizadas como critério de seleção indireta para valor adaptativo anual.