

LUCIARA CELI DA SILVA CHAVES

AVALIAÇÃO GENÉTICA EM BUBALINOS LEITEIROS UTILIZANDO
MODELO DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

LUCIARA CELI DA SILVA CHAVES

AVALIAÇÃO GENÉTICA EM BUBALINOS LEITEIROS UTILIZANDO
MODELO DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada: 06 de março de 2009.

Prof. Paulo Sávio Lopes
(Co-orientador)

Prof. Ricardo Frederico Euclides
(Co-orientador)

Prof. Paulo Luiz Souza Carneiro

Prof. José Braccini Neto

Prof. Robledo de Almeida Torres
(Orientador)

Àquela brisa de todas as manhãs à janela que traz meu pai ao pensamento. A esse homem que me ensinou a lançar-me ao vento. A minha mãe, um lírio de irretocável beleza, por dedicar-se a minha vida. Ao meu irmão, pela sua dedicação extra aos meus pais para amenizar minhas ausências.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me presentear esta caminhada e a São José, por abrandar cada lágrima.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal Rural da Amazônia, pela liberação para conclusão deste curso, nas pessoas dos professores Rosemiro dos Santos Galate e Maria Amélia da Mota Silva.

Ao professor Robledo de Almeida Torres, pelos ensinamentos, pela orientação, amizade, confiança e paciência, minha admiração e gratidão.

Ao professor Ricardo Frederico Euclydes, pelos aconselhamentos e incentivo, pelas preocupações, conversas e confiança, e pela grata acolhida.

Ao professor Paulo Sávio Lopes, pelo aconselhamento, incentivo, apoio e pela amizade.

Aos professores José Braccini Neto e Paulo Carneiro pelo incentivo no fim desta jornada e sugestões para melhoria do trabalho.

Ao Dr. Humberto Tonhati, pela concessão dos dados de análise, confiança e incentivo fundamental para a realização deste trabalho, e a seus incansáveis orientados Leonardo Seno e Raul Borquis.

Ao professor Cláudio Vieira de Araújo, a quem dedico esta caminhada, por suas horas ocupadas com conversas de incentivo, ou simplesmente por me mostrá-la e permitir-me segui-la, com sua amizade, paciência, atenção e ajuda imprescindível para a conclusão deste trabalho.

À Simone Inoe de Araújo, pela grande amizade, pelos conselhos, alertas e companheirismo.

A minha avó Dinair, pelo ninar de todas as noites. A melhor família do mundo Maria, Marrie, Tios Wankes, Didico e Siqueira; Tias Maria Augusta, Lulu Norma, Zulma, Fátima e; primos amados Fabíola, Júnior, Fábio, Murilo,

Marly, Dinair, Neto, Rafael; pelo amor dedicado e pela grande torcida, preces e orações.

Ao Alex, simplesmente por tudo.

À família que jamais esperava encontrar tão longe de casa, Gui, Kécya, Jane, Marcos, Gustavo, Kleibe, Lindenberg, Luana, Janaína e Fred. A esta amiga-irmã, Vivi, com a qual compartilho amizade infinita por toda esta estada.

Aos amigos distantes Ana Régia, Kátia, Marcelo Vilar, Ramiro, Letícia, Alessandra, Leandro, Adolfo, Vinício, Charles, André Paiva, Joãozinho, Marcelinho, Rodolphinho, pelas horas de estudo compartilhadas e pela amizade.

Aos queridos colegas de curso, pelo constante incentivo.

A todos os professores e funcionários e estudantes da Universidade Federal Rural da Amazônia que não me permitiram desanimar durante este final de jornada, especialmente: Rinaldo Viana, Adriana Maciel, Sandra Souza, André Menezes, Haroldo Ribeiro, Elizabeth Barbosa. E aos mais que queridos alunos: Carolina, Eduardo, Marcelino, Rhamses, Serginho, Edson, Gustavo, Suellem, Monique, Renata, Nábia e Ramon.

Pela beleza, luz, ternura, encorajamento e calor: à bela lua, minha companheira amada, de todos meus adormeceres.

BIOGRAFIA

LUCIARA CELI DA SILVA CHAVES, nascida em 22 de outubro de 1981, na cidade de Belém-PA, filha de Lucival Solin de Carvalho Chaves e Iracema Iara Fátima da Silva Chaves. Iniciou em março de 1999 o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia - PA, graduando-se em novembro de 2003. Em agosto de 2003, ingressou no Programa de pós-graduação em Zootecnia, na área de Melhoramento Genético Animal, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, obtendo o grau de mestre em 21 de fevereiro de 2005, sob a orientação do Profº. Dr. Robledo de Almeida Torres. Em fevereiro de 2005, iniciou o curso de Doutorado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Em 22 de setembro de 2006 foi aprovada no concurso público para professor magistério do 3º grau na Universidade Federal Rural da Amazônia e, em 06 de março de 2009, submeteu-se aos exames finais de defesa de tese para obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Genética e Melhoramento sob a orientação do Profº. Dr. Robledo de Almeida Torres.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	4
Modelos de Regressão Aleatória (MRA).....	4
Persistência da Produção de Leite (PS).....	7
Tendência Genética.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
CAPÍTULO 1 – AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA PERSISTÊNCIA DA PRODUÇÃO DE LEITE EM BUBALINOS LEITEIROS UTILIZANDO MODELO DE REGRESSÃO ALEATÓRIA.....	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
Introdução.....	25
Material e Métodos.....	26
Resultados e Discussão.....	30
Conclusões.....	46
Referências Bibliográficas.....	47
CAPÍTULO 2 - TENDÊNCIA GENÉTICA EM BUBALINOS LEITEIROS DA RAÇA MURRAH UTILIZANDO MODELO DE REGRESSÃO ALEATÓRIA.....	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	51
Introdução.....	52
Material e Métodos.....	53
Resultados e Discussão.....	57
Conclusões.....	64
Referências Bibliográficas.....	65

RESUMO

CHAVES, Luciara Celi da Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2009. **Avaliação genética em bubalinos leiteiros utilizando modelo de regressão aleatória.** Orientador: Robledo de Almeida Torres. Co-orientadores: Ricardo Frederico Euclides e Paulo Sávio Lopes.

Com objetivo de avaliar seis medidas de persistência da produção de leite e o progresso genético em bubalinos leiteiros a partir das tendências genéticas da produção acumulada até 301 dias e da persistência da produção de leite em primeiras lactações de búfalas da raça Murrah, utilizaram-se 9.219 registros de produção de leite no dia do controle provenientes da primeira lactação de 646 búfalas leiteiras da raça Murrah, controladas de 1987 a 2006. As produções no dia do controle foram analisadas por meio de modelo de regressão aleatória, considerando como efeitos fixos: grupo contemporâneo, número de ordenhas, efeitos linear e quadrático da covariável idade da búfala ao parto e coeficientes de regressão aleatória sobre os dias em lactação, modelados por polinômios ortogonais de Legendre de ordem três. Os coeficientes de regressão aleatória dos efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente foram modeladas pela função logaritmica de Ali e Schaeffer. A média de produção de leite no dia de controle foi igual a $6,63 \pm 2,49$ kg. Os valores genéticos para produção de leite de fêmeas e touros ao longo dos dias em produção foram crescentes e negativos no início da trajetória até próximos aos 30 dias de lactação; valores máximos em torno dos 60 a 90 dias. A variável de persistência PS_1 , definida como $PS_1 = \sum_{t=61}^{280} (VGP_t - VGP_{60})$, onde VGP_t e VGP_{60} correspondem aos valores genéticos preditos no t -ésimo dia e aos 60 dias em produção, respectivamente, foi eleita como critério de seleção para persistência da produção de leite. Verificou-se que a seleção de indivíduos com maiores valores genéticos para a produção de leite acumulada aos 301 dias em produção (VGP_{301ac}) favorece a seleção de animais com maiores valores genéticos para produção de leite no início da lactação e menos persistentes e, ainda, que a seleção de indivíduos com maior valor

genético para persistência, implica na seleção de animais com maiores valores genéticos para produção de leite no final da lactação. .Analisando o comportamento da tendência fenotípica, verificou-se incremento de 26,91 kg de leite por ano, o que corresponde a 1,69% da média geral da produção total de leite. As tendências genéticas da PS_1 para os reprodutores foi negativa (-3,41 kg/ano) e positiva para as matrizes (0,88 kg/ano). Para os animais com registros de produção, a tendência genética desse critério de seleção indicou redução de 2,12 kg de leite por ano. Para tendência genética da VGP_{301ac} , os valores foram positivo para os reprodutores (4,71 kg/ano), negativo para as matrizes (mães) (-0,16 kg/ano) e positivo para animais com registro de produção (1,86 kg/ano). O valor estimado de tendência genética de reprodutores corresponde a 0,29% da média geral da produção de leite. Os resultados indicaram que a seleção simultânea para VGP_{301ac} e PS_1 implica na escolha de animais mais persistentes e produtivos. E, ainda, que maior incremento sobre a produção de leite ao longo dos anos se deu pela melhoria de fatores não genéticos, porém houve melhoria genética dos reprodutores para produção de leite nos últimos anos e diminuição da persistência da produção de leite.

ABSTRACT

CHAVES, Luciara Celi da Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2009. **Genetic evaluation of dairy buffaloes using random regression model.** Adviser: Robledo de Almeida Torres. Co-advisers: Ricardo Frederico Euclides and Paulo Sávio Lopes.

Aiming the evaluation of six measures of milk production persistency and the genetic progress of dairy buffaloes using genetic tendencies of milk production accumulated until 301 days and the milk production persistency in first lactation of buffaloes Murrah breed, 9.219 test day records of milk production originated from the first lactation of 646 dairy Murrah buffaloes, controlled from 1987 to 2006, were used. The productions at the test day were analyzed by random regression model, considering as fixed effects the contemporary group, number of milking, linear and quadratic effects of the covariable buffalo age at calving, random regression coefficient over lactation days, modeled by Legendre orthogonal polynomial of order three, besides the random regression coefficients of the additive genetic and permanent environmental random effects were modeled by the logarithmic function of Ali & Shaeffer. The milk production mean at the test day was $6,63 \pm 2,49$ kg. The breeding values for milk production of female and male buffaloes along the days in production were growing and negatives at the beginning of the curve until near 30 days of lactation, with highest values within 60 to 90 days. The persistency variable PS1, defined as PS1

$$= \sum_{t=61}^{280} (VGP_t - VGP_{60})$$
, where VGP_t and VGP_{60} correspond to the predicted breeding values at the t^{th} day and at 60 days in production, respectively, was chosen as a criterion of selection for milk production persistency. It was verified that the selection of individuals with higher breeding values for milk production accumulated until 301 days in production (VGP_{301ac}) favors the selection of animals with higher breeding values for milk production at the beginning of the

lactation and less persistent and, in addition, the selection of individuals with higher breeding values for persistency, implies in selection of animals with higher breeding values for milk production at the end of the lactation. Analyzing the behavior of the phenotypic tendency, one can verify the growth of 26,91 kg of milk by year, which corresponds to 1,69 % of the general mean of the total milk production. The genetic tendencies of PS_1 for male reproducers were negative (-3,41 kg/year) and positive for female reproducers (0,88 kg/year). For the animals, the genetic tendencies indicates a reduction of 2,12 kg of milk by year. For genetic tendencies of VGP_{301ac} , the values were positive for male reproducers (4,71 kg/year), negative for female (-0,16 kg/year) and positive for the animals (1,86 kg/year). The estimated value for genetic tendency of male reproducers correspond to 0,29% of the general mean of milk production.. The results indicate that simultaneous selection for VGP_{301ac} and PS_1 implies in the choice of the most persistent and productive animals, and that a higher growth in milk production along the years was done by the improvement of non genetic factors, however there was genetic improvement of male reproducers for milk production in recent years and reduction of milk production persistency.

INTRODUÇÃO GERAL

O búfalo (*Bubalus bubalis*) é um animal que possui rusticidade e maior resistência às enfermidades e parasitoses, sendo opção para produção de leite, carne e trabalho (Nascimento e Carvalho, 1993). Estima-se uma população de 173 milhões de bubalinos no mundo, com maior concentração na Índia, Paquistão e China. De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (A.B.C.B.), a população bubalina brasileira é de quatro milhões de animais, das quais a metade é criada na região Amazônica, destacando-se a Ilha de Marajó, onde as raças Murrah, Mediterrânea, Jafarabadi, Carabao e o tipo Baio encontram-se cruzadas entre si, apresentando um crescimento anual superior aos dos bovinos (Perera et al., 2005).

A bubalinocultura brasileira tem destacado potencial e atrai novos adeptos, pelos seus excepcionais índices zootécnicos. A elevada rusticidade, associada à docilidade e facilidade de adaptação em condições geográficas adversas (como áreas alagadas), têm contribuído para estimular a criação desses animais, principalmente em locais de difícil desenvolvimento da pecuária bovina e da agricultura. Os búfalos são animais convencionalmente considerados como animais de tração e produtores de carne, porém, com a escolha de animais selecionados e a obtenção de melhores índices de desempenho dos rebanhos, os produtores têm demonstrado um grande interesse pela produção leiteira, com vistas, sobretudo, ao fornecimento de leite para a elaboração de derivados.

A produção de leite de búfala gira em torno de 10,5% de todo o leite produzido no mundo. Desse montante, 92,12% são produzidos na Índia, China e Paquistão, que possuem aproximadamente 78% da população mundial de búfalos. O continente asiático é responsável por 96% da produção mundial de leite de búfala, com destaque para a Índia, onde 55% do leite produzido são de búfala (Silva et al., 2003). Além disso, nas regiões onde se desenvolve a bubalinocultura leiteira, o produtor recebe um valor diferenciado pelo litro de leite in natura de búfala, em torno de 40 a 50% a mais que o valor pago pelo litro do leite in natura de vaca (Amaral e Escrivão, 2005).

Apesar da criação de búfalos apresentar vantagens, poucas pesquisas têm sido realizadas nesta área, devido ao fato desta exploração concentrar-se em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, em geral, sem recursos suficientes para pesquisa. No Brasil, a criação de búfalos vem crescendo cerca de 12,7% ao ano, ocupando de forma bastante satisfatória os ambientes pouco favoráveis aos bovinos.

Além disso, o aumento da demanda de derivados de leite de búfala nas últimas décadas valorizou a espécie bubalina na pecuária leiteira mundial. Os produtores brasileiros notaram o potencial de mercado e passaram a investir na bubalinocultura. Basicamente, os investimentos foram aplicados em melhorias nas condições e/ou práticas de manejo, que resultaram em melhor desempenho das características produtivas e reprodutivas.

Algumas iniciativas foram tomadas por parte de universidades junto à Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB), no sentido de desenvolver um programa de melhoramento genético de búfalos leiteiros, porém, sem sucesso. Isto se deve às dificuldades de execução de um programa de controle sistemático, tanto das informações de desempenho quanto de genealogia, um dos principais entraves no planejamento de um programa de melhoramento genético de búfalos leiteiros (Seno et al., 2007).

Logo, a fim de explorar racional e economicamente todo o potencial produtivo e reprodutivo desta espécie, são necessários conhecimentos básicos sobre os parâmetros genéticos e fenotípicos da população. Sob este ponto de vista, há de se explorar o conhecimento de parâmetros e valores genéticos de características produtivas (produção de leite, gordura, proteína e etc.), e ainda a fatores determinantes e/ou intrínsecos à curva de lactação de bubalinos (especialmente, a persistência) e ao conhecimento do progresso genético alcançado pelos diferentes rebanhos, tanto por criadores que realizam a seleção de maneira empírica, como por aqueles que participam de programas de melhoramento genético.

As atuais estratégias de seleção não consideram ainda a persistência como uma característica passível de seleção (Gengler et al., 1995), embora vários

estudos indiquem a utilização da persistência na avaliação genética de animais (Bar-Anan e Ron, 1985; Solkner e Fuchs, 1987; Gengler et al., 1995; Singh, 1995), já que se constitui um elemento de importância econômica reconhecida, fundamentada em quatro principais componentes: custos relacionados à saúde das vacas; desempenho reprodutivo; custos com alimentação; e retorno econômico obtido pelo diferencial na produção total de leite até 305 dias de lactação (Dekkers et al., 1998)

Assim, torna-se necessário estudar a persistência da produção de leite em bubalinos leiteiros da raça Murrah, bem como a tendência genética desta característica não apenas com o objetivo de avaliar o progresso genético alcançado, mas também a fim de nortear ações futuras de programas de melhoramento.

Objetivos

- Avaliar seis medidas de persistência da produção de leite em primeiras lactações de búfalas da raça Murrah, a fim de estabelecer uma medida passível de utilização na avaliação genética dos animais utilizando modelos de regressão aleatória.
- Avaliar o progresso genético em bubalinos leiteiros a partir das tendências genéticas da produção acumulada até 301 dias e da persistência da produção de leite em primeiras lactações de búfalas da raça Murrah.

REVISÃO DE LITERATURA

Modelos de Regressão Aleatória (MRA)

A principal fonte de informação das avaliações genéticas em animais leiteiros é o registro de produção diária, controlado mensalmente pelas associações de criadores de cada raça. Tradicionalmente, tais registros individuais são utilizados para a estimação da chamada produção até 305 dias (P305), por meio de modelos que fazem uso de fatores de projeção de lactações, assumindo uma curva padrão de lactação para a vaca, de determinada raça, em determinada ordem de parto. Neste caso, obtêm-se valores subestimados de produção para vacas com maiores persistências da lactação, enquanto que vacas menos persistentes, os têm superestimados, o que acarreta em problemas à avaliação genética caso a persistência seja uma característica de interesse no programa de melhoramento.

Entretanto, é desejável que tais registros gerem informações mais completas sobre o comportamento da produção durante os diferentes estádios de lactação, visando estimar a curva padrão de lactação da população, as curvas individuais dos animais em avaliação, as curvas dos demais componentes do leite, notadamente gordura e proteína, que são fundamentais no rendimento do processamento deste para a produção de queijo e outros produtos lácteos (Costa et al., 2002) e, ainda, avaliar o comportamento conjunto dessas curvas.

A curva de lactação pode ser definida como a representação gráfica da produção de leite em todo o período da lactação e pode auxiliar na tomada de decisões sobre mudanças no manejo alimentar, descarte de animais ou mesmo em programas de seleção. A sua importância reside na caracterização ampla da produção do animal durante toda a lactação, podendo ser identificados: tempo de ascensão ao pico, pico de produção, tempo de queda (persistência de produção ou da lactação), duração da lactação, duração do período de serviço, duração da gestação, além de quedas bruscas de produção, respostas a dietas, manejo, etc. Uma curva de lactação estimada deve representar mais fielmente possível a previsão da produção leiteira do animal e, com isso, fornecer subsídios para a

implantação de um manejo correto e também para o auxílio na seleção de animais com determinadas características desejáveis.

Há duas principais aplicações para as curvas de lactação. Uma, relaciona-se à forma da curva e seus componentes, possibilitando o estabelecimento de programas de melhoramento que consideram, além da produção total, os componentes que determinaram a curva de lactação, cuja forma seria mais desejável, no sentido biológico ou econômico (Tonhati, 2001). Além disso, pode contribuir para o melhor entendimento do sistema de produção, pois o conhecimento do formato da curva e suas implicações sobre a produção de leite podem auxiliar o produtor na previsão da produção de leite das fêmeas do rebanho em determinados estádios de lactação e também na tomada de decisão quanto ao descarte ou manejo (Cobuci et al., 2001).

Metodologias mais recentes, denominadas Modelos de Regressão Aleatória (MRA), vêm sendo propostas para a avaliação genética da característica produção de leite no dia do controle - test day, e nas curvas de crescimento e lactação, permitindo-se considerar que as variâncias podem ser alteradas em decorrência do tempo, além de permitir a estimação de trajetórias individuais que consideram o parentesco entre os animais e aproveitam as informações dos animais com apenas um controle (ou pesagem). Estes modelos consideram a forma da curva de lactação, efeito geral e efeitos específicos da data de controle para os animais, tais como a influência dos períodos seco e de serviço do animal, frequência de ordenha, número de dias em lactação e sanidade.

Os MRA têm sido propostos como uma alternativa para modelar tais características (Schaeffer e Dekkers, 1994), pois, permitem a predição de valores genéticos para curvas de crescimento ou lactação como um todo, para qualquer ponto desejado na escala de tempo utilizada, não havendo necessidade de se criar classes de desempenho arbitrárias ou de utilizar fatores de ajuste para determinada idade (Albuquerque, 2004) e, permitindo estimar (predizer) o valor das características em questão em qualquer ponto desse intervalo (vantagem comum aos modelos de regressão tradicionais) e; permitem obter estimativas de

(co)variâncias para as características (idades) na qual não há observações (por meio de interpolação) (Kirkpatrick e Heckman, 1989). Além disso, têm-se uma melhor utilização dos dados, posto que todas as medidas do animal e de seus parentes são utilizadas na avaliação do mesmo, promovendo, assim, um potencial aumento da acurácia de seleção (Albuquerque, 2004). Entretanto, apesar de reduzir o número de parâmetros em relação às análises convencionais, o emprego de MRA envolve, em geral, grande número de parâmetros correlacionados entre si, o que restringe a sua aplicação em grandes arquivos de dados.

A curva de lactação de bubalinos apresenta uma característica típica dos animais leiteiros, com uma fase ascendente de produção até o pico e subsequente declínio, em direção a secagem (Catillo et al., 2002). De modo geral, a composição do leite produzido por animais domésticos da mesma espécie varia em função de regimes alimentares e entre localidades.

Em búfalas, a produção de leite apresenta acréscimo até o segundo mês da parição, diminuindo daí em diante até atingir o final da lactação (Tonhati et al., 1996). Contudo, a comparação de resultados de produtividade por estágio da lactação obtido por diferentes autores torna-se difícil, tendo em vista as diferenças em dias, ao considerar o intervalo de início, meio e final da lactação. Assim, a maior produtividade encontra-se no terço inicial da lactação com decréscimo em direção ao final (Eltawil et al., 1976; Hafeez e Naidu, 1981; Alim, 1982; Akhtar e Thakuria, 1998; Tonhati, 1999), com o pico de produção em torno da sexta semana de lactação e em todas as classes de idade (Catillo et al., 2002) ou na quarta semana segundo Kholif (1997).

Breda (2008), avaliando 27 modelos de regressão aleatória para ajustar 17.935 registros da produção de leite no dia do controle, provenientes da primeira lactação de 1.433 búfalas da raça Murrah, com diferentes funções de ajuste para os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente e diferentes formas de ajuste de efeito residual, estabelece que modelos de regressão aleatória são adequados em descrever a variação genética da produção de leite, com exceção do início e final da lactação, sendo o que utilizou a função de Ali e

Schaeffer (Ali e Schaeffer, 1987) com resíduo homogêneo o que melhor ajustou a curva de lactação.

Persistência da Produção de Leite (PS)

Na literatura, são relatadas inúmeras definições para a persistência da lactação. Entre elas, podem-se citar as seguintes: taxa na qual a produção de leite diminui a partir da produção máxima (Sanders, 1930); grau no qual a produção de leite na fase inicial da lactação é mantida (Mahadevan, 1951); habilidade da vaca em manter alta a produção de leite até o final da lactação (Cupps, 1966); dimensão na qual o pico de produção é mantido (Wood, 1967); habilidade de manter mais ou menos constante a produção de leite durante a lactação (Gengler, 1996); número de dias durante o qual um nível constante de produção de leite é mantido (Grossman et al., 1999).

Para Gengler et al. (1995), uma definição consistente deveria estar relacionada com a curvatura da lactação, pelo fato desta ser de fácil interpretação e ser independente do nível de produção de leite. Segundo Grossman et al. (1999), de modo geral, as definições de persistência são inconsistentes. Como resultado, as mensurações de persistência utilizando tais definições são também inconsistentes.

Deste modo, o problema no estudo da persistência reside em como se deve expressar a forma da curva de lactação em um único termo. Muitas tentativas têm sido feitas com objetivo de encontrar a melhor maneira de expressá-la. Podem ser encontradas na literatura quatro diferentes tipos de quantificação da persistência da lactação. O primeiro tipo usa razões entre produções de leite em diferentes partes da lactação. O segundo é baseado na variação da produção de leite durante a lactação, calculada como desvio-padrão entre as produções no dia do controle; que teoricamente possui algumas vantagens: primeiramente, porque não avalia somente a forma geral da curva de lactação, mas também as oscilações dentro da fase de declínio da lactação; e em

segundo lugar, porque é facilmente calculada e está na mesma escala da produção de leite, em kg (Solkner e Fuchs, 1987). O terceiro tipo é obtido por meio das estimativas de parâmetros de modelos matemáticos que descrevem a curva de lactação. E, finalmente, o último tipo, descrito por Grossman et al. (1999), difere dos três primeiros, por expressar a persistência em termos de duração de tempo na qual a produção de leite se mantém constante.

Dekkers et al. (1998), afirmam que a escolha entre as diferentes alternativas de mensuração da persistência para uso em programas de melhoramento, deve ser baseada nos seguintes critérios: 1) a mensuração da persistência deve ser não correlacionada com a produção até 305 dias; 2) a mensuração da persistência deve apresentar uma moderada herdabilidade e variância genética; 3) a mensuração da persistência deve explicar a maior proporção da variabilidade genética dos fatores que contribuem para a importância econômica da persistência (exemplo: custo de alimentação, saúde e reprodução).

As estratégias de seleção não consideram ainda a persistência como uma característica a ser selecionada (Gengler et al., 1995). Embora, vários estudos indicaram a utilização da persistência na avaliação genética de animais (Bar-Anan e Ron, 1985; Solkner e Fuchs, 1987; Gengler et al., 1995; Singh, 1995), já que se constitui um elemento fundamental para a produção total de leite na lactação (Gengler et al., 1995; Gengler, 1996 e Grossman et al., 1999). Duas razões básicas a este respeito, tanto do ponto de vista econômico quanto biológico, são relatadas na literatura: vacas com menores inclinações na curva de lactação requerem menores quantidades de alimento (concentrado) do que aquelas com produções muito altas no pico e quedas elevadas na produção após o pico, e, estão sujeitas também a menores estresses, o que reduz a incidência de problemas reprodutivos e de doenças metabólicas (Madsen, 1975; Solkner e Fuchs, 1987; Gengler et al., 1995 e Grossman et al., 1999). Este fato deve-se a altas produções de leite no período inicial da lactação, que levam a um esforço fisiológico extra por parte dos animais, causando, freqüentemente, diminuição no

desempenho reprodutivo e aparecimento de doenças de origens metabólicas. Sendo assim, tornam-se mais interessantes animais com moderada produção nesse período, combinada com maiores persistências das lactações.

Sobre a persistência atuam fatores ambientais, de cunho sazonais ou não. Neste primeiro grupo enquadram-se principalmente os fatores climáticos. Observa-se, que a maioria dos estudos tem confirmado a influência da estação de parto da vaca sobre a persistência na lactação (Madsen, 1975; Danell, 1982; Ferris et al., 1985; Grossman et al., 1986; Solkner e Fuchs, 1987; Kumar et al., 1999; e Tekerli et al., 2000). No grupo subsequente, apontam-se em vários trabalhos as influências de idade da vaca no parto e ordem de parto (Madsen, 1975; Lean et al., 1989; Dhaka e Chaudhary, 1994; e Gengler, 1996).

Os efeitos da idade da vaca no parto e da ordem de parto sobre a persistência têm sido, na maioria dos estudos, avaliados separadamente. Em alguns trabalhos, o efeito da idade é avaliado em uma mesma ordem de parto (Solkner e Fuchs, 1987). Em grande parte dos trabalhos que envolvem esses fatores, têm-se observado que a persistência na primeira lactação é maior do que nas demais lactações (Madsen, 1975; Danell, 1982; Solkner e Fuchs, 1987; Tekerli et al., 2000; Cobuci et al., 2001). A explicação mais comum para esse fato tem sido o baixo nível de desenvolvimento da glândula mamária de vacas primíparas (Solkner e Fuchs, 1987).

O impacto da persistência sobre a produção de leite pode ser vantajoso e lucrativo, o que justifica o interesse crescente sobre a característica, não obstante existem inúmeras pesquisas visando correlacioná-la com outras características produtivas e reprodutivas. Dentre essas, Bar-Anan e Ron (1985) mostraram que, a seleção de animais com base na persistência, pode melhorar a taxa de concepção e diminuir a taxa de descarte involuntário de vacas. Pois, vacas que apresentam alta produção no pico e grandes alterações na produção, durante os meses em que é realizada a inseminação, conseqüentemente, apresentam diminuição na taxa de concepção.

Jakobsen (2000) investigou a correlação genética entre persistência e resistência a doenças, a partir de informações de produção e sanidade, definida como número total de intervenções veterinárias nos animais, de 8.000 vacas primíparas da raça Holandesa, na Dinamarca, obtendo valores de correlações genéticas entre persistência e resistência a doenças que variaram de 0,20 a 0,50.

Dekkers et al. (1996) estimaram o valor econômico da persistência em rebanhos comerciais a partir do impacto sobre o custo da alimentação e sobre retornos econômicos obtidos da venda do leite. Os autores concluíram que o valor econômico relativo da característica chega a 5% do valor econômico da produção total de leite. Ao considerarem um intervalo de parto de 12,4 meses, Dekkers et al. (1998) obtiveram valor econômico para persistência na lactação de 3,8% do valor econômico para produção de leite em 305 dias. No entanto, em um intervalo médio de parto de 13 meses, esse valor aumentou para 9,4%. Os autores acrescentam que se confirmada a correlação positiva entre persistência e resistência a doenças, a importância econômica estimada da persistência na lactação seria maior que a da produção total. E, que uma informação precisa da persistência poderia ser útil em casos de impossibilidade de mensuração direta da característica resistência a doenças, devido à ausência de programas que visem avaliá-la.

O estudo das diferenças genéticas entre as vacas, para persistência da lactação, é de grande interesse, pois essas diferenças reduzem a acurácia das avaliações genéticas que consideram a produção de leite em 305 dias, especialmente, quando se têm registros de lactações com informações incompletas (Dekkers et al., 1998). O erro na avaliação genética pode ser aumentado substancialmente, se a produção em 305 dias for obtida por meio da projeção de lactações parciais, pelo auxílio de fatores de correção, pois estes assumem uma curva padrão de lactação para uma vaca de um determinado rebanho e ordem de parto. Assim, vacas que possuem maiores persistências, geralmente, têm suas produções subestimadas e vacas com menores persistências, suas produções superestimadas. Esta situação pode causar

problemas na avaliação genética de touros se a persistência da lactação for uma característica herdável (Jamrozik e Schaeffer, 1997).

Vale ressaltar que é desejável que as mensurações de persistência na lactação sejam pouco correlacionadas com a produção total de leite, pois, do contrário, não se justificaria a realização de estudos que visem à seleção de animais para a persistência na lactação; bastaria, portanto, selecioná-los para produção total de leite e, conseqüentemente, obter-se-ia melhoria no nível de persistência na lactação dos animais (Cobuci, 2002).

A mensuração da persistência pode ser eficientemente obtida por meio dos modelos de regressão aleatória (Tabela 1), tendo como vantagem a não utilização de projeções da produção de leite para um determinado período, ao contrário do que acontece com algumas formas tradicionais de mensuração da persistência (Jamrozik et al., 1997).

Estudos de Gengler et al. (1995) mostraram que a persistência baseada na produção no dia do controle é influenciada pelo número de controles (amostras) realizados durante a lactação e pela interação do número de controles, pois o período de tempo entre os controles difere com a estação do ano, em vários países. Entretanto, a mensuração da persistência pode ser eficientemente obtida por meio dos modelos de regressão aleatória, tendo como vantagem a não utilização de projeções da produção de leite para um determinado período, ao contrário do que acontece com algumas formas tradicionais de mensuração da persistência (Jamrozik et al., 1997). Segundo Dekkers et al. (1998), a utilização da produção no dia do controle no modelo de regressão aleatória pode levar a estimativas mais acuradas dos efeitos genéticos e permanentes de ambiente, que afetam a persistência da lactação. Todavia, Jensen (2001) afirma que o uso de modelos de regressão aleatória utilizando os registros de produção de leite no dia do controle pode produzir diferentes mensurações da persistência.

Tabela 1 – Medidas de persistência da produção de leite, utilizando modelos de regressão aleatória, de acordo com seus autores.

Medida	Autor
1. $PS = VG_{280} - VG_{60}$	Jamrozik et al., 1997
2. $PS = \sum_{i=61}^{280} (VG_i - VG_{60})$	Jamrozik et al., 1997
3. $PS = \left(\sum_{i=106}^{205} VG_i - \sum_{i=6}^{105} VG_i \right)$	Jakobsen et al., 2002
4. $PS = \left(\sum_{i=206}^{305} VG_i - \sum_{i=6}^{105} VG_i \right)$	Jakobsen et al., 2002
5. $PS = \sum_{i=60}^{279} (VG_i - VG_{280})$	Jakobsen et al., 2002
6. $PS = VG_{290} - VG_{90}$	Cobuci, 2002
7. $PS = VG_{270} - VG_{40}$	Chaves, 2005

VG_i = valor genético predito para o dia i de lactação.

Jamrozik et al. (1997) obtiveram correlações genéticas de 0,13; 0,53; e 0,49, entre as medidas de persistência 15, 16 e 17 e a P305 (medida de persistência a partir da produção acumulada aos 305 dias), respectivamente. Diante desses resultados, os autores relataram que qualquer uma das três medidas de persistência pode ser utilizada para a seleção de animais.

Chaves (2005), avaliando sete variáveis de persistência obtidas a partir de registros de produção de leite de vacas da raça Girolando, no período de 1989 a 2001, obtidas a partir de MRA's, recomenda a variável PS_2 (obtida pela diferença entre áreas sob a curva de lactação, no terço mediano e inicial da lactação) para ser utilizada como critério de seleção quando o objetivo for alteração do formato da curva de lactação pois esta apresentou menores correlações de produto-momento e de ordem com o valor genético da produção de leite até 305 dias

As estimativas de herdabilidade segundo Cobuci (2002) para persistência da produção de leite variaram de 0,13 a 0,30, na primeira lactação; de 0,16 a 0,37, na segunda; e de 0,14 a 0,39, na terceira. Para a repetibilidade, as estimativas variaram de 0,12 a 0,41 (Madsen, 1975; Gengler, 1996; e Tekerli et

al. 2000). Os baixos valores de repetibilidade encontrados para persistência na lactação indicam que a persistência na primeira e nas demais lactações podem ser consideradas características distintas (Gengler, 1996; Jamrozik et al., 1998; e Rekaya et al., 1999).

Os estudos sobre persistência da produção de leite em bubalinos leiteiros são incipientes, concentrando-se apenas na caracterização fenotípica desta e, ainda assim, muitos resultados contraditórios podem ser encontrados na literatura, inclusive para uma mesma raça. Segundo Catillo et al. (2002), a persistência da lactação em búfalas é cerca de três vezes menor do que em vacas, o que pode ser explicado pela ausência de seleção da espécie bubalina para esta característica. Já Muñoz-Berrocal et al. (2005) afirmam que tanto búfalas Murrah como suas mestiças (Murrah x Mediterrâneo) apresentam persistência da produção de leite, pois as suas curvas de lactação peculiares não apresentam um declínio brusco da produção de leite após o pico de produção, no segundo mês de lactação.

Tendência Genética

Na literatura, constam poucos trabalhos com estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos na bubalinocultura. Além disso, o conhecimento do progresso genético nos diferentes rebanhos é desconhecido, tanto entre os criadores que realizam a seleção de modo empírico como entre aqueles que participam de programas de melhoramento genético (Malhado et al., 2007).

A tendência genética é medida que permite avaliar a mudança ocasionada pelo processo de seleção, em determinada característica, ao longo dos anos. De acordo com Durães et al. (2001), desde a década de 50, em várias partes do mundo, vêm sendo divulgadas tendências genéticas, com o propósito de avaliar diferenças no desempenho produtivo de vacas filhas de touros utilizados em inseminação artificial.

Para Chenette et al. (1982), as alterações que a seleção produz na composição genética de um rebanho são difíceis de serem quantificadas.

Entretanto, alguns métodos permitem a identificação de causas responsáveis pelas mudanças na média da população, como resultado de variações no mérito genético e das condições de ambiente.

Segundo Hudson e Kennedy (1985), as estimativas de tendências genéticas permitem monitorar a eficiência das estratégias de melhoramento e assegurar que a pressão de seleção seja direcionada para características de importância econômica, além de auxiliar na definição dos objetivos de seleção. Assim, é necessário acompanhar o progresso genético dos rebanhos, a fim de orientar os produtores na utilização os recursos genéticos existentes.

Youssef e Khattab (1997) relataram que a variância para a produção de leite mostra o potencial para o progresso genético da característica, contudo, de acordo com esses autores, o progresso pode ser lento sobre baixas condições de manejo. Corroborando esta afirmação, Tonhati (2002) frisou o baixo nível tecnológico empregado na agropecuária dos países em desenvolvimento, que, conjuntamente, mantêm quase a totalidade da produção mundial de búfalos.

Há de se relevar ainda o problema da oscilação genética em populações com pequeno tamanho efetivo (Carneiro et al., 2006). De acordo com os autores, em diferentes programas de melhoramento que utilizam pequenas populações, mesmo que seja utilizado o mesmo material genético e que todos os demais procedimentos sejam semelhantes, os resultados obtidos ao longo de várias gerações podem ser completamente diferentes, em virtude da grande oscilação genética que poderá ocorrer, principalmente pelo pequeno tamanho efetivo da população, o que permite, por exemplo, que determinado programa de melhoramento contemple seu objetivo em um número de gerações de seleção diferentemente de outro. Há possibilidade ainda de que os objetivos não sejam atingidos mesmo em muitas gerações.

Malhado et al. (2007) avaliando as tendências genéticas e fenotípicas para a produção de leite ajustada aos 305 dias em bubalinos da raça Murrah nascidos no período de 1982 a 2003, obtiveram tendência genética positiva, contudo aquém da desejada, evidenciando, ainda, instabilidade na tendência genética no decorrer dos anos, com períodos de ganhos e de perdas genéticas, o

que define uma oscilação nos ganhos genéticos dos rebanhos. Os resultados das tendências genéticas e fenotípicas demonstraram que a maior parte do ganho no período foi decorrente de melhorias nas condições ambientais (alimentação/nutrição, sanidade, reprodução, manejo e instalações). Ramos et al. (2006), além de evidenciar tal oscilação também sugerem a existência de antagonismo favorável entre produção de leite e intervalo entre partos (correlação negativa); desta forma possibilitando selecionar animais com altos valores genéticos para a produção de leite e com valores negativos para o intervalo entre partos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKHTAR, N.; THAKURIA, K.. Milk production in relation to variation in size and shape of udder in swamp buffaloes. **Indian Journal Animal Science**, v.68, p.1281-1283. 1998
- ALBUQUERQUE, L.G. Regressão Aleatória: nova tecnologia pode melhorar a qualidade das avaliações genéticas. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5, Pirassununga, São Paulo. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004. (CD-ROM).
- ALI, T.E.; SCHAEFFER, R. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. **Canadian Journal Animal Science**, 67:637-644. 1987.
- ALIM, K.A.. Aspects of milking technique and productivity of udder quarters in buffalo. **World Review of Animal Production**, v.18, p.33-41. 1982
- AMARAL, F.R.; ESCRIVÃO, S.C. Aspectos relacionados à búfala leiteira. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.29, n.2, p.111-117, abril/jun. 2005. Disponível em www.cbra.org.br (capturado em 20/02/2008).
- BAR-ANAN, R.; RON, M. Associations among milk yield, yield persistency, conception, and culling of Israeli Holstein dairy cattle. **Journal Dairy Science**, 68:(2)382-386. 1985.
- BREDA, F. C. **Modelos de dimensão infinita para estimação de parâmetros genéticos da produção de leite de búfalos da raça Murrah**. Viçosa: UFV: Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. 60 p. 2008.
- CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; EUCLIDES, R.F. Oscilação genética em populações submetidas a métodos de seleção tradicionais e associados a marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.84-91, 2006.
- CATILLO, G.; MACCIOTTA, N.P.P.; CARRETTA, A.; CAPPIO-BORLINO, A. Effects of age and calving season on lactation curves of milk production

- traits in Italian Water buffaloes. **Journal Dairy Science**, v.85, p.1298-1306. 2002.
- CHAVES, L.C.S. **Avaliação da persistência de lactação em vacas Girolando sob o modelo de regressão aleatória**. Viçosa: UFV: Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 86 p. 2005.
- CHENETTE, C.G.; FRAHM, R.R.; WHITEMAN, J.V. Direct and correlated responses to selection for increase weaning and yearling weights in Hereford cattle. II. Evaluation of response. **Animal Science Research Report**, v.112, p. 301-307, 1982.
- COBUCI, J. A. **Uso de modelos de regressão aleatória na avaliação da persistência na lactação de animais da raça Holandesa**. Viçosa: UFV: Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 99 p. 2002.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; TEODORO, R.L. et al. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas da raça Guzerá. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. V.30, n. 4, p. 1204-1211. 2001.
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R.; MACHADO, C.H.C. et al. Avaliação de funções polinomiais para ajuste da produção de leite no dia do controle de primeiras lactações de vacas Gir com modelo de regressão aleatória. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECCIA, 39, Recife, Pernambuco. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. (CD-ROM).
- CUPPS, P.T.. **Breeds of dairy cattle**. 2nd. ed., Ed. W.H. Freeman & Co., San Francisco, CA. 1966.
- DHAKA, S.S.; CHAUDHARY, S.R. Non-genetic factors influencing persistency of lactation in Murrah buffaloes. **Indian Journal Animal Research**, 28(2):117-121. 1994.
- DANELL, B. Studies on lactation yield and individual test-day yields of Swedish dairy cows. III. Persistency of milk yield and its correlation with lactation yield. **Acta Agriculturae Scandinavica**, 32:93-101. 1982.
- DEKKERS, J.C.M.; JAMROZIK, J.; TEN HAG, J.H. et al. Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. Proc. Int. Workshop on

- Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. **Interbull Bull.** 12:97-102. 1996.
- DEKKERS, J.C.M.; TEM HAG, J.H.; WEERSINK, A. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. **Livestock Production Science**, 53:237-252. 1998.
- DURÃES, M.C.; FREITAS, A.F.; VALENTE, J. et al. Tendência genética para produção de leite e gordura em rebanhos da raça holandesa no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 01, p 66-70, 2001.
- ELTAWIL, E.A.; MOUKHTAR, S.A.; GALAL, E.S.E.; KHISHIN, E.S. Factors affecting the production and composition of Egyptian buffaloes milk. **Tropical Animal Health and Production**, v.8, p.115-121. 1976.
- FERRIS, T.A.; MAO, I.L.; ANDERSON, C.R. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, 68(6):1438-1448. 1985.
- GENGLER, N. Persistency of lactation yields: A review. Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. **Interbull Bull.** 12:97-102. 1996.
- GENGLER, N.; KEOWN, J.K.; VAN VLECK, L.D. Various persistency measures and relationships with total, partial and peak milk yields. **Revista Brasileira de Genética**, 18(2):237-243. 1995.
- GROSSMAN, M.; KUCK, A.L.; NORTON, H.W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. **Journal Dairy Science**, 69(1):195-203. 1986.
- GROSSMAN, M.; HARTZ, S.M.; KOOPS, W.P. Persistency of lactation yield: A novel approach. **Journal Dairy Science**, 82(10):2192-2197. 1999.
- HAFEEZ, A.; NAIDU, K.N. Relation of udder size with milk yield in buffaloes. **Indian Journal Dairy Science**, v.34, p.45-48. 1981.
- HUDSON, G.F.S; KENNEDY, B.W. Genetic Evaluation of swine growth rate and backfat thickness. **Journal Animal Science**, v. 61, n. 1, p. 83-91, 1985.
- JAKOBSEN, J. H. **Genetic correlations between the shape of the lactation curve and disease resistance in dairy cattle**. Foulum: Ph.D Thesis – Dept. of Animal Breed. Genet., Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre. 2000.

- JAKOBSEN, J.H.; MADSEN, P.; JENSEN, J. et al. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. **Journal Dairy Science**, 85(6):1607-1616. 2002.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L. R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits of first lactation Holstein. **Journal Dairy Science**, 80(4):762-770. 1997.
- JAMROZIK, J.; KISTEMAKER, G.J.; DEKKERS, J.C.M.; SCHAEFFER, L.R. Comparison of possible covariates for use in a random regression model for analyses of test day yields. **Journal Dairy Science**, vol. 80(8): 2550-2556. 1997.
- JAMROZIK, J.; JANSEN, G.; SCHAEFFER, L.R. et al. Analysis of persistency of lactation calculates from a random regression test day model. Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. **Interbull Bull.** 17:64-69. 1998.
- JENSEN, J. Genetic evaluation of dairy cattle using test-day models. **Journal Dairy Science**, 84:2803-2812. 2001.
- KIRKPATRICK, M.; HECKMAN, N. A quantitative genetic model for growth, shape, reaction norms, and other infinite-dimensional characters. **Journal of Mathematical Biology**, 27:429-450. 1989.
- KHOLIF, A.M. Effect of number and stage of lactation on the yield, composition e properties of buffaloes milk. **Egyptian Journal Dairy Science**, v.25, p.25-39. 1997.
- KUMAR, V.; SYADAV, R.S.; MELHA, O.P. Effect of persistency on milk under organised farm management condition. **Indian Journal Animal Science**, 69(2):134-138. 1999.
- LEAN, I.J.; GALLAND, J.C.; SCOTT, J.L. Relationships between fertility, peak milk yields and lactational persistency in dairy cows. **Theriogenology**. 31(5):1093-1103. 1989.
- MADSEN, O. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. **Animal Production**. 20:191-197. 1975.

- MAHADEVAN, P. The effect of the environment and heredity on lactation. II. Persistency of lactation. **Journal of Agricultural Science**, 41:89-93. 1951.
- MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S.; SOUZA, J.S.; PICCININ, A. Parâmetros e tendências da produção de leite em bubalinos da raça Murrah no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.376-379. 2007.
- MUNÕZ-BERROCAL, M.; TONHATI, H.; CERÓN-MUÑOZ, M.; DUARTE, J.M.C.; CHABARIBERI, R.L. Uso de modelos lineares e não lineares para o estudo da curva de lactação em búfalos Murrah e seus mestiços em sistema de criação semi extensivo no Estado de São Paulo. **Asociacion Latinoamericana de Produccion Animal**, 13:19-23. 2005.
- NASCIMENTO, C.; CARVALHO, L. O. M. **Criação de búfalos: alimentação, manejo, melhoramento e instalações**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993.
- PERERA, O. et al. Buffalo. Cameo-Projects to help resource-poor buffalo keepers in Sri Lanka and Brazil. **Livestock and Wealth Creation**, Cap. 23, p. 451- 471, 2005.
- RAMOS, A.A.; MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; GONÇALVES, H.C.; Azevedo, D.M.M.R. Caracterização fenotípica e genética da produção de leite e do intervalo entre partos em bubalinos da raça Murrah no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1261-1267, 2006.
- 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**, 34:23-34. 1999.
- SANDERS, H.G. The analysis of the lactation curve into maximum yield and persistency. **Journal of Agricultural Science**, 20:145-185. 1930.
- SCHAEFFER, L. R.; DEKKERS, J. C. M. Random regression in animal models for test day production in dairy cattle. In: 5TH WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, Guelph, ON, Canada. **Proceedings...**p. 443-446. 1994.

- SENO, L.O.; CARDOSO, V.L.; TONHATI, H. Valores econômicos para as características de produção de leite de búfalas no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2016-2022 (supl.). 2007.
- SILVA, M.S.T; LOURENÇO, J.R.J.B.; MIRANDA, H.A.; ERCHESEN, R.; FONSECA, R.F.S.R.; MELO, J.A.; COSTA, J.M. **Programa de incentivo a criação de búfalos por pequenos produtores – PRONAF**. Belém, PA: CPATU, 2003.
- SINGH, S.R. Variation persistency of lactation yield in Jersey x Haryana cows. **Indian Journal Dairy Science**, 48:(10)603-604. 1995.
- SOLKNER, J.; FUCHS, W. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of Test-day milk yields. **Livestock Production Science**, 16:305-319. 1987.
- TEKERLI, M.; AKINCI, Z.; DOGAN, I. et al. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. **Journal Dairy Science**, 83(6):1381-1386. 2000.
- TONHATI, H. Resultados do controle leiteiro em bubalinos. In: BUBALINOS: SANIDADE, REPRODUÇÃO E PRODUÇÃO, 1, 1999, Jaboticabal, SP. **Anais ... Jaboticabal: Funep**, p.90-109. 1999.
- TONHATI, H. Resultados do controle leiteiro em bubalinos. In: II SIMPÓSIO PAULISTA DE BUBALINOCULTURA, 2, 2001, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga, ABCB. 2001.
- TONHATI, H. **Critérios de seleção para produção total de leite em bubalinos criados no estado de São Paulo, Brasil**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2002. 68p. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, 2002.
- TONHATI, H.; BARUSELLI, P.S.; OLIVEIRA, J.F.S. et al. Stagione di parto, picco di lattazione e produzione del latte nella bufala della Valle Ribeira dello Stato di San Paolo, Brasile. **Bubalus bubalis**, (3):63-67. 1996.
- WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, 216: 164-165. 1967.

YOUSSEF, M.M.; KHATTAB, R.M. Prospetive dell'allevamento bufalino in
Egito. **Bubalus Bubalis**, v.3, n.1, p.7-26, 1997.

Capítulo 1

Avaliação Genética para Persistência da Produção de Leite em Bubalinos Leiteiros Utilizando Modelo de Regressão Aleatória

Resumo – Com objetivo de avaliar seis medidas de persistência da produção de leite, utilizaram-se 9.219 registros de produção de leite no dia do controle provenientes da primeira lactação de 646 búfalas leiteiras da raça Murrah, controladas de 1987 a 2006. As produções no dia do controle foram analisadas por meio de modelo de regressão aleatória, considerando como efeitos fixos: grupo contemporâneo, número de ordenhas, efeitos linear e quadrático da covariável idade da búfala ao parto e coeficientes de regressão sobre os dias em lactação, modelados por polinômios ortogonais de Legendre de ordem três. Os coeficientes de regressão aleatória dos efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente foram modeladas pela função logarítmica de Ali e Schaeffer. A média de produção de leite no dia de controle foi igual a $6,63 \pm 2,49$ kg. Os valores genéticos para produção de leite de fêmeas e touros ao longo dos dias em produção foram crescentes e negativos no início da trajetória até próximos aos 30 dias de lactação, com valores máximos em torno dos 60 a 90 dias.

A variável de persistência PS_1 , definida como $PS_1 = \sum_{t=61}^{280} (VGP_t - VGP_{60})$, onde

VGP_t e VGP_{60} são os valores genéticos preditos no t -ésimo dia e aos 60 dias em produção, respectivamente, foi eleita como critério de seleção para persistência da produção de leite. Verificou-se que a seleção de indivíduos com maiores valores genéticos para a produção de leite acumulada aos 301 dias em produção (VGP_{301ac}) favorece animais com maiores valores genéticos para produção de leite no início da lactação e menos persistentes e, ainda, que a seleção de indivíduos com maior valor genético para persistência, implica na manutenção de animais com maiores valores genéticos para produção de leite no final da lactação nos rebanhos. A seleção simultânea para VGP_{301ac} e PS_1 implica na escolha de animais mais persistentes e produtivos.

Palavras-chave: produção de leite, raça Murrah, seleção.

Chapter 1

Genetic Evaluation for Milk Production Persistency in Dairy Buffaloes Using Random Regression Model

Abstract – Aiming the evaluation of six measures of milk production persistency, 9,219 test day records of milk production originated from the first lactation of 646 dairy Murrah buffaloes, controlled from 1987 to 2006, were used. The productions at the test day were analyzed by random regression model, considering as fixed effects the contemporary group, number of milking, linear and quadratic effects of the covariable buffalo age at calving, regression coefficient over lactation days, modeled by Legendre orthogonal polynomial of order three, besides the random regression coefficients of the additive genetic and permanent environmental random effects were modeled by the logarithmic function of Ali & Shaeffer. The milk production mean at the test day was $6,63 \pm 2,49$ kg. The breeding values for milk production of female and male buffaloes along the days in production were growing and negatives at the beginning of the curve until near 30 days of lactation, with highest values within

60 to 90 days. The persistency variable PS1, defined as $PS1 = \sum_{t=61}^{280} (VGP_t - VGP_{60})$, where VGP_t and VGP_{60} correspond to the predicted breeding values at the t^{th} day and at 60 days in production, respectively, was chosen as a criterion of selection for milk production persistency. It was verified that the selection of individuals with higher breeding values for milk production accumulated until 301 days in production (VGP_{301ac}) favors the selection of animals with higher breeding values for milk production at the beginning of the lactation and less persistent and, in addition, the selection of individuals with higher breeding values for PS_1 , implies in selection of animals with higher breeding values for milk production at the end of the lactation. simultaneous selection for VGP_{301ac} and PS_1 implies in the choice of the most persistent and productive animals.

Key words: milk production, Murrah breed, selection.

Introdução

A pecuária bubalina vem sendo praticada em todas as regiões do Brasil, apresentando excelente desempenho, onde os produtos diferenciados são os pontos altos da exploração. A criação de búfalos vem crescendo cerca de 12,7% ao ano, ocupando de forma bastante satisfatória os ambientes pouco favoráveis aos bovinos.

Em diversos estados brasileiros, os bubalinos têm se tornado uma boa opção econômica, principalmente pela exploração leiteira e pela conseqüente elaboração do queijo mozzarella, um produto de ótima aceitação pelo mercado, comercializado a altos preços, em virtude da baixa oferta (Tonhati, 2002).

Em 2004, foi lançado o segundo Sumário de Touros Bubalinos para produção de carne e leite, com base em 11.883 lactações e 7.808 controles de peso (Ramos et al., 2004). Comparando-se com apenas dois dos programas de melhoramento desenvolvidos no país para a raça Nelore (Embrapa-ABCZ, 2007; Lôbo et al., 2008), onde cerca de 2.954.290 e 1.119.049 animais participam, respectivamente, da matriz de parentesco, percebe-se que ainda há muito ser feito na espécie para se conseguir parâmetros e avaliações genéticas consistentes.

Em 2005 o Ministério da Agricultura e a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos implementaram o “Programa de Melhoramento Genético de Búfalos Leiteiros no Brasil”, com o propósito principal de avaliar e selecionar genótipos superiores para a produção de leite e constituintes, mediante estruturação e execução de um programa utilizando teste de progênie (Tonhati et al., 2006). Todavia, o programa enfrenta as dificuldades de se trabalhar com um banco de dados ainda pequeno, visto que a melhoria da acurácia do valor genético predito depende da manipulação de grande quantidade de informações de qualidade, remoção de fatores de variação ambiental, incorporação de indivíduos aparentados e do método utilizado para a predição dos valores genéticos (Breda, 2008). Além disso, existe a real necessidade de definirem-se critérios de seleção a partir de suas influências bioeconômicas nos diversos sistemas de produção.

As atuais estratégias de seleção não consideram ainda a persistência como um critério de seleção (Gengler et al., 1995), embora vários estudos indiquem a utilização da persistência na avaliação genética de animais (Bar-Anan e Ron, 1985; Solkner e Fuchs, 1987; Gengler et al., 1995; Singh, 1995), já que se constitui um elemento de importância econômica reconhecida, fundamentada em quatro principais componentes: custos relacionados à saúde das vacas; desempenho reprodutivo; custos com alimentação; e retorno econômico obtido pelo diferencial na produção total de leite em 305 dias de lactação (Dekkers et al., 1998).

Considerando que o impacto da persistência sobre a produção de leite pode ser vantajoso e lucrativo, o que justifica o interesse crescente sobre a característica, objetivou-se neste estudo avaliar seis medidas de persistência da produção de leite em primeiras lactações de búfalas da raça Murrah, a fim de estabelecer uma medida passível de utilização na avaliação genética dos animais utilizando modelos de regressão aleatória (MRA).

Material e Métodos

Utilizaram-se 65.101 registros de produção de leite referentes 2.074 lactações de búfalas da raça Murrah, pertencentes a doze rebanhos supervisionados pelos técnicos do programa de controle leiteiro de búfalos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (UNESP, Jaboticabal).

A fim de obter-se maior consistência dos dados e melhoria na qualidade das informações para o ajuste do modelo de regressão aleatória, foram utilizados registros obtidos entre a 2ª e a 43ª semana após o parto de búfalas com idades entre 24 a 48 meses com, no mínimo, quatro controles de produção durante a lactação, sendo o primeiro registro realizado até 75 dias após o parto. Além disso, consideraram-se apenas informações de reprodutores com proles em pelo menos dois rebanhos diferentes.

Deste modo, o arquivo final analisado continha 9.219 registros de produção de leite no dia do controle provenientes da primeira lactação de 646 búfalas, controladas de 1987 a 2006, em 12 rebanhos localizados no estado de São Paulo.

Em todas as análises, foi utilizado um arquivo de *pedigree*, contendo a identificação de animal, pai e mãe, totalizando 2.039 indivíduos diferentes identificados na matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco.

As produções no dia do controle foram analisadas por meio de modelo animal, unicaracterístico, de regressão aleatória, conforme Breda (2008). Considerando como efeitos fixos: grupo contemporâneo, definido por rebanho-ano-mês de controle (858 níveis); número de ordenhas (dois níveis) e; efeitos linear e quadrático da covariável idade da búfala ao parto, em meses. A curva média da lactação ou a trajetória média da população (fixa) foi gerada a partir da regressão sobre o tempo (dias em lactação - DIM), modelada por polinômios ortogonais de Legendre de ordem três. As funções de covariâncias para os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente foram modeladas pela função logaritmica de Ali e Schaeffer (Ali e Schaeffer, 1987), caracterizada por cinco parâmetros, representada por $R(t) = a_0 + a_1c + a_2c^2 + a_3d + a_4d^2$, em que: $c = t/305$, $d = \ln(305/t)$; t = dias em lactação; e a_i = coeficientes de regressão. O parâmetro a_0 está relacionado ao pico de produção, a_1 e a_2 estão relacionados à fase de declínio após o pico, enquanto a_3 e a_4 estão relacionados à fase de incremento da produção até o pico.

Em notação matricial, o modelo pode ser descrito como:

$$y = X\beta + Za + Wp + e,$$

sendo y é o vetor referente a n observações de produção de leite no dia do controle; X é a matriz de incidência de efeitos fixos de rebanho-ano-mês de controle, número de ordenhas, efeito linear e quadrático da idade da búfala ao primeiro parto, covariáveis que descrevem o número de dias em lactação; β é o vetor contendo soluções de efeitos fixos e soluções da curva fixa comum a todos os indivíduos; Z e W são matrizes de covariáveis referentes às idades em cada

produção modeladas pela função que descreve a trajetória e associadas aos coeficientes de regressão aleatória dos efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente para cada indivíduo, respectivamente; $\mathbf{a}$ e $\mathbf{p}$ são vetores contendo os coeficientes de regressão aleatória para cada indivíduo, para os efeitos genéticos aditivos e de ambiente permanente, respectivamente. O vetor $\mathbf{e}$ representa os efeitos aleatórios de ambiente temporário. Assumem-se as seguintes pressuposições para a distribuição dos vetores $\mathbf{a}$, $\mathbf{p}$ e $\mathbf{e}$:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{p} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} \sim \mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{V}) \text{ com } \mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} \otimes \mathbf{K}_a & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \otimes \mathbf{K}_p & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{R} \end{bmatrix},$$

sendo $\mathbf{A}$, a matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco entre indivíduos, de ordem igual ao número de indivíduos (n); $\mathbf{K}_a$ é a matriz de (co)variância entre os coeficientes de regressão aleatória do efeito genético aditivo; $\mathbf{K}_p$ é a matriz de (co)variância entre os coeficientes de regressão aleatória que descrevem o efeito de ambiente permanente; $\mathbf{I}$ matriz identidade, de ordem igual ao número total de observações (N) e $\mathbf{R}$ é uma matriz de variância residual associada a cada observação, com o termo da diagonal igual a $\sigma_{e_i}^2$, com i igual a $i=1$ (resíduo homogêneo).

Os componentes de (co)variâncias foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), utilizando-se a opção DXMRR do pacote estatístico DFREML (Meyer, 1998).

De posse das estimativas de componentes de (co)variâncias das soluções de regressão aleatória para os efeitos genético aditivo, de ambiente permanente e temporário, estas foram utilizadas para gerar as soluções de regressão aleatória para cada indivíduo, por meio das soluções de equações de modelos mistos.

As soluções para os coeficientes de regressão aleatória genéticas aditivas do animal j são representadas por $\hat{\mathbf{a}}'_j = [\hat{a}_{0j} \hat{a}_{1j} \hat{a}_{2j} \hat{a}_{3j} \hat{a}_{4j}]$. Assim, o valor genético predito (VGP) do animal j no dia t de lactação, foi obtido por:

$$VGP_{jt} = \mathbf{c}'_t \hat{\mathbf{q}}_j,$$

em que $c'_t = [1 \ c \ c^2 \ d \ d^2]$ é o vetor de covariáveis da função de Ali e Schaeffer no dia t da lactação.

Em decorrência da utilização de registros obtidos somente entre a 2ª e a 43ª semana após o parto, os extremos inicial e final da lactação foram 14 e 301 dias, respectivamente. Assim, o valor genético predito acumulado até 301 dias (VGP_{301ac}) do animal j foi obtido por:

$$VGP_{301ac} = \sum_{t=14}^{301} VGP_{jt}$$

Foram avaliadas nove medidas de persistência da produção de leite (PS_i) baseadas nos VGP para diferentes períodos da lactação (Tabela 1). As medidas foram adaptadas de Jamrozik et al. (1997) (PS_1 , PS_4 , PS_5 e PS_6) e Kistemaker (2003) (PS_1 e PS_2), a partir da modificação dos intervalos de dias em lactação. Valores mais altos para PS_i indicam maior persistência da produção de leite.

Tabela 1 – Medidas de persistência da produção de leite (PS_i) e respectivos vetores de covariáveis correspondentes à função da medida de persistência (f').

PS_i	f'
$PS_1 = \sum_{t=61}^{280} (VGP_t - VGP_{60})$	$[0 \ 80 \ 70 \ -212 \ -447]$
$PS_2 = \left(\frac{1}{51} \sum_{t=230}^{280} VGP_t - \frac{1}{21} \sum_{t=20}^{40} VGP_t \right)$	$[0 \ 0,7377 \ 0,6913 \ -2,1595 \ -5,4841]$
$PS_3 = \left(\frac{1}{51} \sum_{t=210}^{260} VGP_t - \frac{1}{21} \sum_{t=20}^{40} VGP_t \right)$	$[0 \ 0,6721 \ 0,5859 \ -2,0776 \ -5,4472]$
$PS_4 = \sum_{t=31}^{280} (VGP_t - VGP_{30})$	$[0 \ 103 \ 77 \ -376 \ -1098]$
$PS_5 = \sum_{t=31}^{260} (VGP_t - VGP_{30})$	$[0 \ 87 \ 61 \ -332 \ -990]$
$PS_6 = \sum_{t=91}^{260} (VGP_t - VGP_{90})$	$[0 \ 48 \ 46 \ -106 \ -178]$

As variâncias genéticas aditivas para PS_i ($\hat{\sigma}_{aPS_i}^2$) foram obtidas por:

$$\hat{\sigma}_{aPS_i}^2 = \mathbf{f}' \mathbf{Ka} \mathbf{f},$$

em que $\mathbf{f}'$ é o vetor de covariáveis correspondentes à função da medida de persistência (Tabela 1) e $\mathbf{Ka}$ é a matriz de (co)variâncias genéticas aditivas entre os coeficientes de regressão aleatória. De modo semelhante foram obtidas as variâncias de ambiente permanente para PS_i ($\hat{\sigma}_{pPS_i}^2$), substituindo-se $\mathbf{Ka}$ por $\mathbf{Kp}$, matriz de (co)variâncias de ambiente permanente entre os coeficientes de regressão aleatória.

As herdabilidades das medidas de persistência ($\hat{h}_{PS_i}^2$) foram calculadas por:

$$\hat{h}_{PS_i}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{aPS_i}^2}{\hat{\sigma}_{aPS_i}^2 + \hat{\sigma}_{pPS_i}^2 + C_i * \hat{\sigma}_e^2},$$

em que $PS_i = PS_1, PS_2, PS_3, PS_4, PS_5, PS_6$ e C_i é uma constante dada pelos valores 48.620; 0,067227; 0,067227; 62.750; 53.130 e 29.070 para $PS_1, PS_2, PS_3, PS_4, PS_5$ e PS_6 , respectivamente.

Resultados e Discussão

A média de produção de leite no dia de controle foi de 6,63 kg, com desvio-padrão de 2,49 kg e coeficiente de variação de 37,67%. A produção média de leite de acordo com classes de dias em produção (Tabela 2) se inicia com 6,75 kg, apresenta um discreto aumento até o pico (7,73 kg), que ocorre próximo aos 74 dias, e decresce com o avanço da lactação até atingir 4,68 kg. Resultado semelhante foi obtido por Borquis (2008) para búfalas Murrah, no qual as médias de produção de leite no início, pico (segundo mês de controle) e final da lactação encontradas foram 8,12 kg, 8,61 kg e 4,76 kg, respectivamente. Para produção de leite total, a média foi de $1.587,12 \pm 622,50$ kg. Valores próximos foram descritos por Ramos et al. (2006) e Malhado et al. (2007) para esta raça no Brasil, que encontraram média de produção de leite de 1.650 ± 687 kg e $1.863,5 \pm 687$ kg, respectivamente.

Tabela 2 – Produção de leite de acordo com a classe de dias em produção (CDIM).

CDIM	Nº registros	Média de dias dentro da CDIM	Média (kg)	DP (Kg)	Min (kg)	Max (kg)	CV (%)
14-29	485	22	6,75	2,37	1,00	16,50	35,11
30-59	1171	44	7,56	2,51	1,00	19,10	33,26
60-89	1135	74	7,73	2,48	1,20	19,50	32,21
90-119	1109	104	7,40	2,36	1,00	18,20	31,96
120-149	1110	134	6,97	2,45	0,40	17,10	35,17
150-179	1028	164	6,53	2,32	0,50	15,30	35,58
180-209	983	194	6,18	2,22	0,90	14,90	36,01
210-329	899	224	5,69	2,14	0,40	13,60	37,66
240-269	739	254	5,15	2,04	1,00	16,50	39,73
270-301	560	284	4,68	1,92	0,20	14,40	41,12

A duração média da lactação foi de $248,57 \pm 51,27$ dias, com CV = 20,63% e valores mínimos e máximos obtidos foram de 38 e 301 dias, respectivamente. Os números de observações referentes aos dias em produção estão dispostos na Figura 1.

A curva de lactação da raça Murrah (Figura 2), sem um pico de lactação acentuado e um período curto em si (poucas lactações com duração completa até 301 dias), demonstra a necessidade de seleção para incremento da produção de leite, sem, no entanto, prejudicar a persistência da produção dos animais. Neste contexto, a viabilidade de se realizar avaliações genéticas para persistência da produção de leite é economicamente relevante em bubalinos leiteiros.

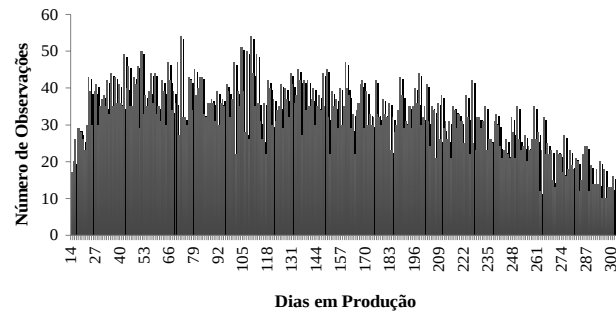


Figura 1 – Número de observações referentes aos dias em produção de búfalas da raça Murrah.

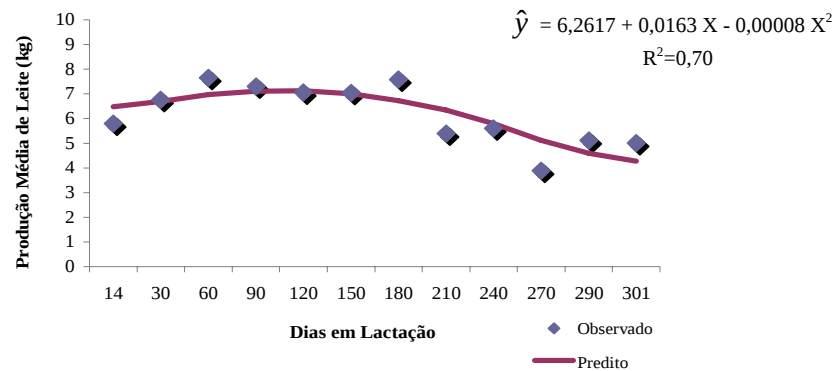


Figura 2 – Produção de leite na primeira lactação de búfalas da raça Murrah ajustada por regressão linear quadrática.

As estimativas de (co)variâncias e correlações genéticas entre os coeficientes de regressão aleatória dos efeitos genético aditivo e de ambiente permanente estão dispostas na Tabela 3. Assumiu-se variância residual homogênea ao longo dos dias em produção, com $\hat{\sigma}_e^2 = 1,1 \text{ kg}^2$.

Tabela 3 - Estimativas de variâncias (na diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e covariâncias (abaixo da diagonal) entre os coeficientes de regressão aleatória dos efeitos genéticos aditivos e de ambiente permanente.

Efeito Genético Aditivo					
	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	$\hat{a}_2$	$\hat{a}_3$	$\hat{a}_4$
$\hat{a}_0$	132,09	-0,98	0,87	-0,96	0,65
$\hat{a}_1$	-216,41	368,38	-0,95	0,91	-0,52
$\hat{a}_2$	74,29	-135,10	55,33	-0,76	0,30
$\hat{a}_3$	-61,72	97,46	-31,32	31,03	-0,82
$\hat{a}_4$	5,80	-7,87	1,71	-3,56	0,61
Efeito de Ambiente Permanente					
	$\hat{p}_0$	$\hat{p}_1$	$\hat{p}_2$	$\hat{p}_3$	$\hat{p}_4$
$\hat{p}_0$	255,45	-0,99	0,91	-0,99	0,96
$\hat{p}_1$	-375,13	559,81	-0,95	0,98	-0,96
$\hat{p}_2$	116,27	-179,84	63,48	-0,88	0,85
$\hat{p}_3$	-160,62	235,85	-71,57	103,41	-0,99
$\hat{p}_4$	27,71	-40,74	12,18	-18,15	3,24

As estimativas de variâncias genética aditiva e de ambiente permanente da produção de leite (Figura 3) variaram de 0,55 a 4,5 kg² e 1,32 a 2 kg², respectivamente. As maiores estimativas de variância genética aditiva foram obtidas no início (4,5 kg²) e no final da lactação (1,32 kg²), resultados semelhantes aos reportados por Breda (2008), ao trabalhar com o mesmo conjunto de dados e MRA. Comportamento similar para variância genética aditiva ao longo da lactação foi verificado por Jamrozik et al. (1997), ao estudar modelagem da trajetória da lactação de bovinos, usando a função de Wilmink e Ali e Schaeffer.

O padrão da trajetória das estimativas de herdabilidade (h^2) (Figura 4) é bem similar ao comportamento da variância genética aditiva, apresentando h^2 moderada na maior parte da trajetória e maiores estimativas nas extremidades da curva de lactação. A estimativa de h^2 encontrada no início da trajetória foi de 0,65, o que sugere um valor superestimado considerando produção de leite no dia de controle (PLDC). Valores superestimados para h^2 no período inicial da

lactação foram observados por Kettunen et al. (2000) e Jamrozik e Schaeffer (1997) e têm sido um problema associado ao ajuste de PLDC com modelos de regressão aleatória. Meyer (1999) observou que o ajuste dos modelos de regressão aleatória nas extremidades da curva é problemática, provavelmente devido ao menor número de observações. Os primeiros e últimos registros de PLDC são periféricos e menor quantidade de informação estaria disponível para as estimativas de variância próximas a estes dias. Desta forma, Breda (2008) ressaltou que os MRA, incluindo o deste estudo, são adequados em descrever a variação genética da produção de leite em búfalas, com exceção das semanas iniciais e finais da lactação.

Segundo López-Romero e Carabaño (2003), além da escassez de informações no início e fim da lactação, as estimativas de elevadas variâncias nos extremos da curva e de baixas correlações entre as PLDC nesses períodos podem resultar de fatores diferenciados ou adicionais atuando nestes processos, além daqueles comuns à manutenção da produção na fase intermediária da lactação.

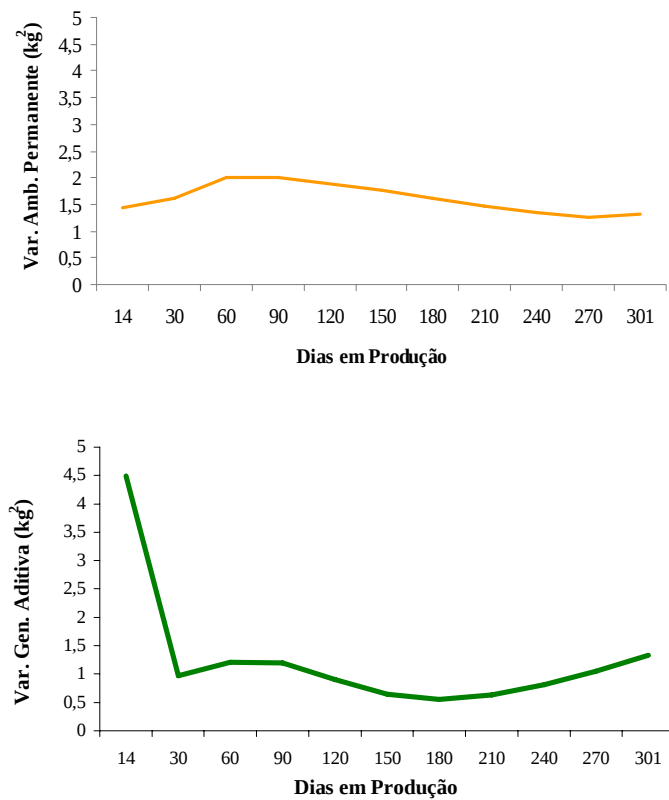


Figura 3 – Estimativas de variâncias de ambiente permanente e genética aditiva, em kg^2 , obtidas a partir da função de Ali e Schaeffer, ao longo dos dias em produção.

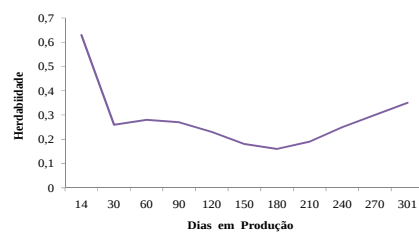


Figura 4 – Estimativas de herdabilidade obtidas a partir da função de Ali e Schaeffer, ao longo dos dias em produção.

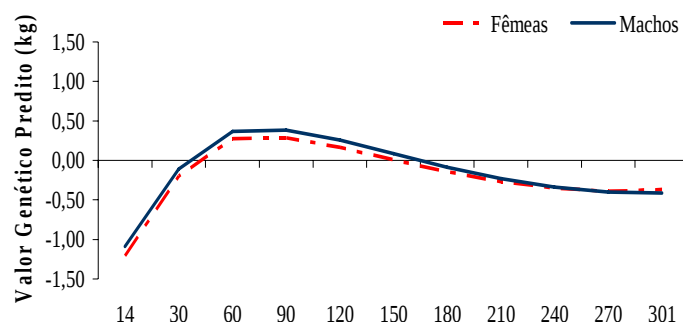


Figura 5 – Valores genéticos preditos para produção de leite na primeira lactação ao longo dos dias em produção.

Os valores genéticos para produção de leite de fêmeas e machos ao longo dos dias em produção (Figura 5) apresentaram comportamentos semelhantes: crescentes e negativos no início da trajetória até próximos aos 30 dias de lactação; valores máximos em torno dos 60 a 90 dias, ou seja, englobando o período de pico da curva de lactação e; valores negativos a partir do 150º dia em produção. Demonstrando assim, que o critério de seleção atualmente praticado em bubalinos leiteiros, com base em um único valor genético (produção de leite total) favorece a seleção de animais com maiores valores genéticos ao pico e até a metade da lactação, o que pode futuramente acarretar numa seleção a favor de indivíduos de acentuada produção ao pico e menos persistentes para produção de leite.

A partir da avaliação das estimativas de correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis de persistência estudadas (Tabela 4), verificou-se a formação de três grupos distintos. No primeiro grupo incluíram-se as variáveis PS_1 , PS_2 e PS_3 , no segundo grupo, PS_4 e PS_5 , no terceiro PS_6 . De modo geral, a similaridade entre variáveis dentro de cada grupo, pode ser explicada pela forma com que estas foram obtidas. As correlações positivas e altas encontradas entre as PS_i dentro de cada grupo indicam que a magnitude da variação entre elas se dá no mesmo sentido, e ainda que quaisquer delas classificam os animais de modo muito similar.

No que diz respeito às correlações entre os valores genéticos das variáveis PS_i e o VG_{301ac} , estas foram sempre negativas e variaram entre -0,02 (PS_6) e -0,34 (PS_2). Considerando que a mensuração ideal para persistência na lactação deve apresentar baixa correlação com a produção total de leite até 305 dias (Jakobsen et al., 2002), a fim de alterar o formato da curva de lactação, sem, no entanto, provocar alterações adversas na produção total de leite, as variáveis mais recomendadas seriam: PS_6 , PS_1 , e PS_5 , respectivamente. Todavia, os valores de herdabilidade de tais variáveis (0,16; 0,37 e 0,21) (Figura 6) indicam PS_1 como variável eleita como critério de seleção para persistência da produção de leite. Além disso, vale ressaltar que PS_1 corresponde a variável que obteve maior correlação com o valor genético predito aos 301 em produção.

Tabela 4 - Estimativas de correlações de Pearson (acima da diagonal) e de Spearman (abaixo da diagonal) entre soluções de coeficientes de regressão aleatória, variáveis de persistência da produção de leite (PS_i), valores genéticos aos 301 dias (VGP_{301}) e acumulados até 301 dias de produção (VGP_{301ac}), para primeira lactação de búfalas da raça Murrah.

	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	$\hat{a}_2$	$\hat{a}_3$	$\hat{a}_4$	PS_1	PS_2	PS_3	PS_4	PS_5	PS_6	VGP_{301}	VGP_{301ac}
$\hat{a}_0$	1,00	-0,99	0,89	-0,99	0,64	-0,88	-0,65	-0,60	-0,06	0,07	-0,13	-0,89	0,14
$\hat{a}_1$	-0,98	1,00	-0,95	0,96	-0,54	0,87	0,60	0,56	0,02	-0,11	0,13	0,88	0,00
$\hat{a}_2$	0,87	-0,94	1,00	-0,84	0,29	-0,76	-0,42	-0,39	0,13	0,24	-0,11	-0,77	-0,23
$\hat{a}_3$	-0,98	0,95	-0,81	1,00	-0,74	0,84	0,64	0,59	0,07	-0,06	0,13	0,88	-0,15
$\hat{a}_4$	0,62	-0,51	0,27	-0,72	1,00	-0,58	-0,67	-0,64	-0,40	-0,31	-0,10	-0,67	0,35
PS_1	-0,86	0,85	-0,74	0,81	-0,54	1,00	0,90	0,88	0,48	0,36	0,15	0,96	-0,18
PS_2	-0,61	0,56	-0,38	0,60	-0,65	0,88	1,00	1,00	0,79	0,70	0,14	0,86	-0,34
PS_3	-0,56	0,52	-0,35	0,55	-0,62	0,86	1,00	1,00	0,83	0,74	0,14	0,84	-0,30
PS_4	-0,10	0,05	0,09	0,11	-0,42	0,50	0,81	0,85	1,00	0,99	0,08	0,44	-0,23
PS_5	0,03	-0,06	0,20	-0,01	-0,34	0,39	0,73	0,77	0,99	1,00	0,06	0,33	-0,19
PS_6	-0,10	0,10	-0,08	0,08	-0,07	0,13	0,13	0,13	0,09	0,07	1,00	0,16	-0,02
VGP_{301}	-0,87	0,86	-0,74	0,86	-0,64	0,95	0,84	0,82	0,46	0,35	0,12	1,00	-0,03
VGP_{301ac}	0,13	0,00	-0,23	-0,15	0,35	-0,13	-0,29	-0,25	-0,23	-0,20	0,01	0,01	1,00

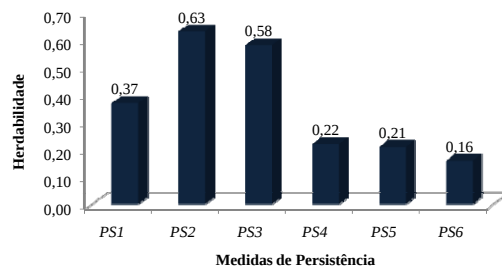


Figura 6 – Herdabilidade das medidas de persistência da produção de leite.

Ao selecionar diferentes proporções (25, 50, 75 e 100%) de machos (Tabela 5) e fêmeas com registros de produção (Tabela 6), baseando-se em maiores VGP_{301ac} , verificou-se que as correlações de Pearson e Spearman entre estes e os valores genéticos preditos para PS_1 não foram significativas ($p > 0,05$). Para fêmeas, em todas as situações, apesar das correlações serem significativas ($P < 0,05$), são de baixa magnitude, o que indica baixa associação entre os valores genéticos das duas variáveis. Assim, a seleção de animais para maior produção acumulada até 301 dias de produção não interfere sobre a seleção dos animais com base na persistência de produção de leite, e vice-versa. Logo, admite-se considerar VGP_{301ac} e PS_1 como dois critérios de seleção distintos.

Tabela 5 - Diferentes proporções de machos selecionados com base nos valores genéticos preditos para produção de leite acumulada até 301 dias em produção (VGP_{301ac}) e correlações de Pearson (acima da diagonal) e Spearman (abaixo da diagonal) com o valor genético predito da persistência de produção de leite (PS_1).

b		Média (kg)	DP	Correlações	
				VGP_{301ac}	PS_1
25	VGP_{301ac}	129,39	67,38	1,00	-0,34(p=0,41)
	PS_1	-123,49	115,47	-0,21(p=0,61)	1,00
50	VGP_{301ac}	68,4	79,72	1,00	-0,14(p=0,59)
	PS_1	-123,24	119,42	-0,05(p=0,84)	1,00
75	VGP_{301ac}	29,12	86,24	1,00	-0,34(p=0,09)
	PS_1	-89,76	117,87	-0,30(p=0,15)	1,00
100	VGP_{301ac}	-13,85	107,91	1,00	-0,31(p=0,08)
	OS_1	-83,39	117,35	-0,26(p=0,15)	1,00

b = Proporção de machos selecionados.

Tabela 6 - Diferentes proporções de fêmeas selecionadas com base nos valores genéticos preditos para produção de leite acumulada até 301 dias em produção (VGP_{301ac}) e correlações de Pearson (acima da diagonal) e Spearman (abaixo da diagonal) com o valor genético predito da persistência de produção de leite (PS_1).

% de Seleção		Média (kg)	DP	Correlações	
				VGP_{301ac}	PS_1
25	VGP_{301ac}	95,78	69,20	1,00	-0,26(p<0,01)
	PS_1	-106,18	135,11	-0,23(p<0,01)	1,00
50	VGP_{301ac}	42,41	73,41	1,00	-0,24(p<0,01)
	PS_1	-88,78	125,55	-0,19(p<0,01)	1,00
75	VGP_{301ac}	6,43	79,16	1,00	-0,23(p<0,01)
	PS_1	-78,98	119,26	-0,16(p<0,01)	1,00
100	VGP_{301ac}	-29,58	94,51	1,00	-0,18(p<0,01)
	PS_1	-74,79	116,34	-0,13(p<0,01)	1,00

b = Proporção de fêmeas selecionadas.

Com objetivo de verificar o impacto da seleção sobre os valores genéticos preditos para produção de leite (VGP_{PL}) dos animais ao longo da curva de lactação, quando se considera VGP_{301ac} e PS_1 como critérios de seleção exclusivos, selecionou-se 20% dos melhores reprodutores e 20% das melhores fêmeas para cada uma destas características e, posteriormente, obteve-se a média dos valores genéticos dos animais selecionados aos 14, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 301 dias em produção.

Verificou-se o mesmo comportamento, tanto para machos quanto para fêmeas, ao selecionar os 20% melhores indivíduos com base no VGP_{301ac} (Figuras 7 e 8), o que leva à seleção de indivíduos com maiores VGP_{PL} no primeiro terço da lactação (até 90 dias) e próximo da fase de pico (em torno dos 60 dias de lactação). Por outro lado, a utilização PS_1 como critério de seleção implica na escolha de animais com maiores valores genéticos para a produção de leite após a fase de pico de lactação e com VGP_{PL} aumentando em magnitude com o avanço da lactação, em ambos os sexos.

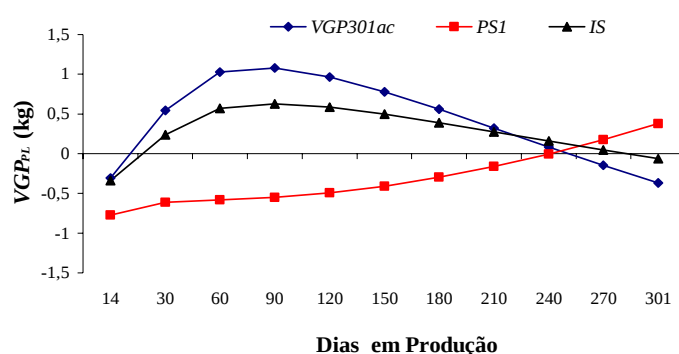


Figura 7 – Médias de valores genéticos preditos para produção de leite (VGP_{PL}) ao longo da curva de lactação para 20% melhores reprodutores selecionados para o valor genético da produção de leite acumulada até 301 dias de produção (VGP_{301ac}), valor genético da persistência da produção de leite (PS_1) e pelo índice de seleção (IS).

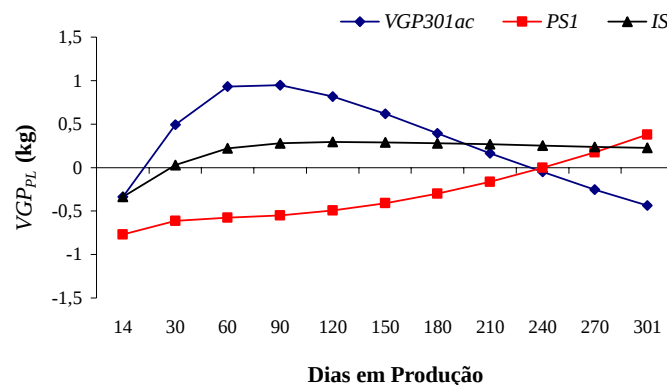


Figura 8 – Médias de valores genéticos preditos para produção de leite (VGP_{PL}) ao longo da curva de lactação para 20% melhores fêmeas selecionadas para o valor genético da produção de leite acumulada até 301 dias de produção (VGP_{301ac}), valor genético da persistência da produção de leite (PS_I) e pelo índice de seleção (IS).

Ao estabelecer a correlação de Spearman entre VGP_{301ac} e VGP_{PL} em diferentes pontos da curva de lactação para todos os reprodutores e fêmeas em produção (Figura 9), verificou-se que, para ambos os sexos, a correlação é altamente positiva no terço médio da lactação, especialmente entre os 120 e 180 dias em produção.

Por outro lado, a correlação de Spearman entre PS_I e VGP_{PL} em diferentes pontos da curva de lactação (Figura 10), exhibe um padrão antagônico, com altas correlações ao final da lactação. Tais resultados revelam que a medida de persistência é eficiente para seleção de animais com menor declínio de produção de leite após o pico, porém a mesma não deve ser utilizada como único critério de seleção, pois poderia selecionar animais com maior persistência, contudo com menor produção de leite ao longo da lactação.

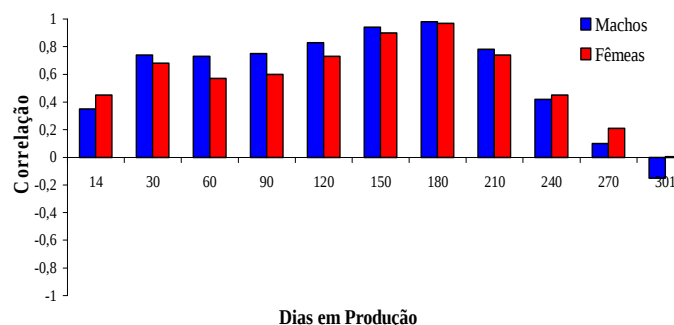


Figura 9 - Correlação de Spearman entre os valores genéticos preditos para a produção de leite acumulada até 301 dias de produção (VGP_{301ac}) com os valores genéticos preditos para produção de leite (VGP_{PL}) em diferentes pontos ao longo da lactação.

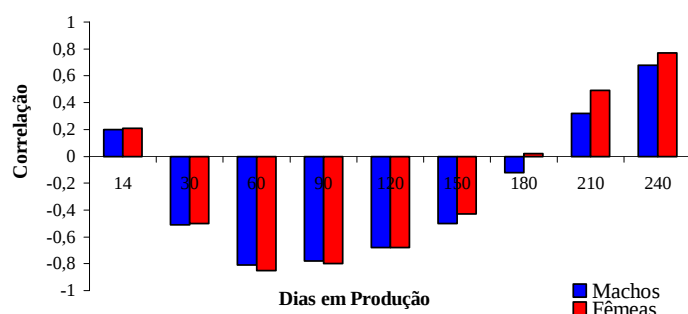


Figura 10 - Correlação de Spearman entre os valores genéticos preditos para a persistência da produção de leite (PS_1) com os valores genéticos preditos para produção de leite (VGP_{PL}) em diferentes pontos ao longo da lactação.

Ao se utilizar a técnica de variáveis canônicas, a fim de estabelecer a combinação linear que maximizasse correlação entre VGP_{301ac} e PS_1 , constitui-se uma nova variável, definida como índice de seleção (IS), sendo $IS_r = 0,009267 * VGP_{301ac} + 0,00858 * PS_1$ e $IS_f = 0,01058 * VGP_{301ac} + 0,0085951 * PS_1$, para os reprodutores e fêmeas em produção, respectivamente. Embora as duas variáveis originais sejam pouco correlacionadas, por meio do IS seria permitida a seleção simultânea de animais produtivos e persistentes para produção de leite.

Observa-se, nas Figuras 7 e 8, que a seleção adotando VGP_{301ac} e PS_1 como critérios primários e secundários, respectivamente, implica na seleção de animais com valores genéticos positivos ao longo de toda a trajetória da lactação. A seleção para tal comportamento (*IS*) é viável, principalmente quando o objetivo do programa de melhoramento genético consiste em aumentar a eficiência econômica do sistema de produção, além de, concomitantemente, evitar a exploração de animais que apresentam alta produção no pico de lactação, o que reflete de forma negativa sobre o balanço energético pós-parto, causando problemas metabólicos e aumento do período de serviço das fêmeas em produção, o que poderia ocasionar reflexos negativos sobre todo sistema de exploração, inclusive diminuindo o ganho genético por intervalo de tempo, em função do aumento do intervalo de partos e, conseqüentemente aumento do intervalo de gerações.

Ao se observar o comportamento das médias dos valores genéticos quando o critério de seleção praticado é VG_{301ac} , considerando 20% dos melhores reprodutores e 20% das melhores fêmeas, encontrou-se maior média de valor genético para produção acumulada até 301 dias de produção e menor média de valor genético para persistência, por outro lado, quando a seleção se baseia em PS_1 ocorre inversão dos comportamentos. Ao se utilizar a seleção simultânea (*IS*), tende-se ao uso de um critério intermediário que otimiza a seleção para ambos os critérios, priorizando a VG_{301ac} para os machos (Figura 11) e para fêmeas (Figura 12), pois a seleção simultânea foi mais eficiente em ponderar ambos critérios de seleção.

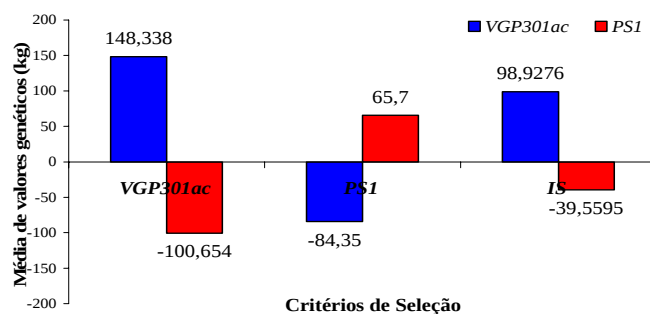


Figura 11 – Médias dos valores genéticos preditos para produção de leite acumulada até 301 dias de produção (VGP_{301ac}) e persistência da produção de leite (PS_1) a partir da adoção de diferentes critérios de seleção, para machos.

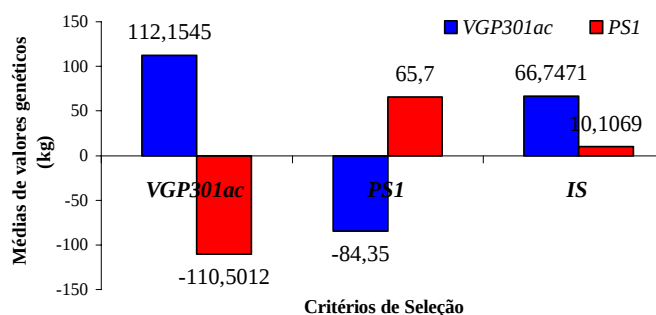


Figura 12 – Médias dos valores genéticos preditos para produção de leite acumulada até 301 dias de produção (VGP_{301ac}) e persistência da produção de leite (PS_1) a partir da adoção de diferentes critérios de seleção, para fêmeas.

Apesar das estimativas de médias de produção de leite ao longo da lactação sugerirem que os búfalos da raça Murrah são animais persistentes para produção de leite, a seleção com maior intensidade para VGP_{301ac} , poderia favorecer a seleção de animais com maior produção no início da lactação e menos persistentes. A confecção de um índice que seja eficiente em agrupar os dois critérios conduz a seleção de animais com boa produção de leite ao longo da lactação já que, a partir dos resultados obtidos, verificou-se que a seleção baseada no critério VGP_{301ac} favorece animais com maiores valores genéticos de produção de leite em torno do pico de lactação, enquanto que a variável de persistência eleita como a mais

indicada, pela sua própria definição, favorece a seleção de animais com maiores valores genéticos ao final da lactação. Logo, a seleção simultânea com base em VGP_{301ac} e PS_1 indica ser mais viável para manutenção da persistência em animais mais produtivos para produção de leite.

Conclusões

A variável de persistência da produção de leite PS_1 é a mais indicada como critério de seleção para avaliações genéticas em bubalinos leiteiros da raça Murrah.

Recomenda-se a seleção simultânea para persistência e produção de leite, o que levaria à obtenção de ganhos genéticos na produção de leite e à modificação do formato da curva de lactação dos animais no sentido desejável.

Referências Bibliográficas

- ALI, T.E.; SCHAEFFER, R. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. **Canadian Journal Animal Science**, 67:637-644. 1987.
- BAR-ANAN, R.; RON, M. Associations among milk yield, yield persistency, conception, and culling of Israeli Holstein dairy cattle. **Journal Dairy Science**, 68:(2):382-386. 1985.
- BORQUIS, R.R.A. **Estimação de parâmetros genéticos para produção de leite e seus constituintes em búfalas**. Jaboticabal: UNESP: (Dissertação em Genética e Melhoramento) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 43 f. 2008.
- BREDA, F.C. **Modelos de dimensão infinita para estimação de parâmetros genéticos da produção de leite de búfalos da raça Murrah**. Viçosa: UFV: Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. 60 p. 2008.
- DEKKERS, J.C.M.; TEM HAG, J.H.; WEERSINK, A. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. **Livestock Production Science**, 53:237-252. 1998.
- EMBRAPA-ABCZ. **Sumário nacional de touros das raças zebuínas – Nelore 2007**. Disponível em: http://www.cnpqc.embrapa.br/~locs/sumario/sumario_zebu.htm. Acesso: 11/08/2008.
- GENGLER, N.; KEOWN, J.K.; VAN VLECK, L.D. Various persistency measures and relationships with total, partial and peak milk yields. **Revista Brasileira de Genética**, 18(2):237-243. 1995.
- JAKOBSEN, J.H.; MADSEN, P.; JENSEN, J. et al. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. **Journal Dairy Science**, 85(6):1607-1616. 2002.

- 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**, v.80, p.762-770, 1997.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L. R.; DEKKERS, J. C. M. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. **Journal Dairy Science**, 80(6):1217-1226. 1997.
- KETTUNEN, A.; MÄNTYSAARI, E.A.; PÖSÖ, J. Estimation of genetic parameters for daily milk yield of primiparous Ayrshire cows by random regression test-day models. **Livestock Production Science**, v.66, p.251-261, 2000.
- LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; FARIA, C. de U. et al. **Avaliação genética de touros e matrizes da raça Nelore: Sumário 2008**. Ribeirão Preto, ANCP, 124p. 2008.
- LÓPEZ-ROMERO, P.; CARABAÑO, M.J. Comparing alternative random regression models to analyse first lactation daily milk yield data in Holstein Friesian cattle. **Livestock Production Science**, v.82, p.81-96, 2003.
- MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S; SOUZA, J.S; PICCININ, A. Parâmetros e tendências da produção de leite em bubalinos da raça Murrah no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.376-379. 2007.
- MEYER, K. "DXMRR" – A program to estimate covariance functions for longitudinal data by REML. In: **Proceedings 6th world congress genetic applied livestock production**. Armidale, New South Wales, Australia. CD ROM. 1998.
- MEYER, K. Estimates of genetic and phenotypic covariance functions for postweaning growth and mature weight of beef cow. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.116, p.181-205, 1999.

- RAMOS, A. A.; WECHSLER, F. S.; VAN ONSELEN, V. J. et al. **PROMEBUL: Sumário de Touros Bubalinos**. Botucatu: UNESP/FMVZ, 39p. 2004. (Boletim técnico; 2).
- RAMOS, A.A.; MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; GONÇALVES, H.C.; Azevedo, D.M.M.R. Caracterização fenotípica e genética da produção de leite e do intervalo entre partos em bubalinos da raça Murrah no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1261-1267, 2006.
- SINGH, S.R. Variation persistency of lactation yield in Jersey x Haryana cows. **Indian Journal Dairy Science**, 48:(10)603-604. 1995.
- SOLKNER, J.; FUCHS, W. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of Test-day milk yields. **Livestock Production Science**, 16:305-319. 1987.
- TONHATI, H. **Critérios de seleção para produção total de leite em bubalinos criados no estado de São Paulo, Brasil**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2002. 68p. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, 2002.
- TONHATI, H.; MENDONZA-SANCHES, G.; SESANA, R.C.; ALBUQUERQUE, L.G. Programa de melhoramento genético de búfalos lechero em el Brasil. In: SIMPÓSIO DE BÚFALOS DAS AMÉRICAS, 3., 2006, Medellin. **Proceeding...**Medelin: Associação Brasileira de Criadores de Búfalos, 2006. p. 115-122.

Capítulo 2

Tendência Genética em Bubalinos Leiteiros da Raça Murrah Utilizando Modelo de Regressão Aleatória

Resumo – Com objetivo de avaliar tendências genéticas da produção de leite acumulada até 301 dias (VGP_{301ac}), tendência genética da persistência da produção de leite (PS) e tendência fenotípica para produção total de leite, utilizaram-se 9.219 registros de produção de leite no dia do controle provenientes da primeira lactação de 646 búfalas leiteiras da raça Murrah, controladas de 1987 a 2006. As produções no dia do controle foram analisadas por meio de modelo de regressão aleatória, considerando como efeitos fixos: grupo contemporâneo, número de ordenhas, efeitos linear e quadrático da covariável idade da búfala ao parto e coeficientes de regressão sobre os dias em lactação, modelados por polinômios ortogonais de Legendre de ordem três. Os coeficientes de regressão aleatória dos efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente foram modeladas pela função logarítmica de Ali e Schaeffer. As tendências genéticas da PS para os reprodutores foi negativa (-3,41 kg/ano) e positiva para as matrizes (0,88 kg/ano). Para os animais com registro de produção, a tendência genética indica redução de 2,12 kg de leite por ano. Para tendência genética da VGP_{301ac} , os valores foram positivo para os reprodutores (4,71 kg/ano), negativo para fêmeas (-0,16 kg/ano) e positivo para animais com registro de produção (1,86 kg/ano). O valor estimado de tendência genética de reprodutores corresponde a 0,29% da média geral da produção de leite. Analisando o comportamento da tendência fenotípica, verificou-se incremento de 26,91 kg de leite por ano, o que corresponde a 1,69% da média geral da produção total de leite. Os resultados indicam que maior incremento sobre a produção de leite ao longo dos anos se fez pela melhoria de fatores não genéticos, porém houve melhoria genética dos reprodutores para produção de leite nos anos mais recentes e, diminuição da persistência da produção de leite.

Palavras-chave: avaliação genética, persistência da lactação, produção de leite, seleção, tendência genética

Chapter 2

Genetic Progress of Dairy Buffaloes Murrah Breed Using Random Regression Model

Abstract – With the objective of the evaluation of the genetic tendencies of milk production accumulated until 301 days (VGP_{301ac}), genetic tendencies of milk production persistency (PS) and phenotypic tendencies for total milk production, 9.219 test day records of milk production originated from the first lactation of 646 dairy Murrah buffaloes, controlled from 1987 to 2006, were used. The productions at the test day were analyzed by random regression model, considering as fixed effects the contemporary group, number of milking, linear and quadratic effects of the covariable buffalo age at calving, regression coefficient over lactation days, modeled by Legendre orthogonal polynomial of order three. the random regression coefficients of the additive genetic and permanent environmental random effects were modeled by the logarithmic function of Ali & Shaeffer. The genetic tendencies of OS of male reproducers were negative (-3,41 kg/year) and positive for female reproducers (0,86 kg/year). For the animals, the genetic tendencies indicates a reduction of 2,12 kg of milk by year. For genetic tendencies of VGP_{301ac} , the values were positive for male reproducers (4,71 kg/year), negative for female (-0,16 kg/year) and positive for the animals (1,86 kg/year). The estimated value for genetic tendency of male reproducers correspond to 0,29% of the general mean of milk production. Analyzing the behavior of the phenotypic tendency, one can verify the growth of 26,91 kg of milk by year, which corresponds to 1,69 % of the general mean of the total milk production. The results indicate that a higher growth over milk production along the years was done by the improvement of non genetic factors, however there was genetic improvement of male reproducers for milk production in recent years and, reduction of milk production persistency.

Key words: genetic evaluation, lactation persistency, milk production, genetic tendency selection.

Introdução

A pecuária bubalina vem sendo praticada em todas as regiões do Brasil, apresentando excelente desempenho, onde os produtos diferenciados são os pontos altos da exploração. A criação de búfalos vem crescendo cerca de 12,7% ao ano, ocupando de forma bastante satisfatória os ambientes pouco favoráveis aos bovinos.

Em diversos estados brasileiros, os bubalinos têm se tornado uma boa opção econômica, principalmente pela exploração leiteira e pela conseqüente elaboração do queijo mozzarella, um produto de ótima aceitação pelo mercado, comercializado a altos preços, em virtude da baixa oferta (Tonhati, 2002).

Apesar disso, as informações que se tem sobre os bubalinos são incipientes, especialmente em relação a parâmetros e valores genéticos de características produtivas (produção de leite e constituintes, etc.), e ainda a fatores determinantes e/ou intrínsecos à curva de lactação (especialmente, a persistência). Além disso, o conhecimento do progresso genético nos diferentes rebanhos é desconhecido, tanto entre os criadores que realizam a seleção de modo empírico como entre aqueles que participam de programas de melhoramento genético (Malhado et al., 2007).

Para Chenette et al. (1982), as alterações que a seleção produz na composição genética de um rebanho são difíceis de serem quantificadas. Entretanto, alguns métodos permitem a identificação de causas responsáveis pelas mudanças na média da população, como resultado de variações no mérito genético e das condições de ambiente.

As estimativas de tendências genéticas permitem monitorar a eficiência das estratégias de melhoramento e assegurar que a pressão de seleção seja direcionada para características de importância econômica, além de auxiliar na definição dos objetivos de seleção. Assim, é necessário acompanhar o progresso genético dos rebanhos, a fim de orientar os produtores na utilização os recursos genéticos existentes (Hudson e Kennedy, 1985).

Desta forma, torna-se necessário estudar as tendências genéticas de características produtivas de interesse econômico em bubalinos, não apenas com o objetivo de avaliar o progresso genético alcançado, mas também a fim de nortear ações futuras de programas de melhoramento.

Objetivou-se neste estudo avaliar o progresso genético em bubalinos leiteiros a partir das tendências genéticas da produção acumulada até 301 dias e da persistência da produção de leite em primeiras lactações de búfalas da raça Murrah.

Material e Métodos

Utilizaram-se 65.101 registros de produção de leite referentes 2.074 lactações de búfalas da raça Murrah, pertencentes a doze rebanhos supervisionados pelos técnicos do programa de controle leiteiro de búfalos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (UNESP, Jaboticabal).

A fim de obter-se maior consistência dos dados e melhoria na qualidade das informações para o ajuste do modelo de regressão aleatória, foram utilizados registros obtidos entre a 2^a e a 43^a semana após o parto de búfalas com idades entre 24 a 48 meses com, no mínimo, quatro controles de produção durante a lactação, sendo o primeiro registro realizado até 75 dias após o parto. Além disso, consideraram-se apenas informações de reprodutores com proles em pelo menos dois rebanhos diferentes.

Deste modo, o arquivo final analisado continha 9.219 registros de produção de leite no dia do controle provenientes da primeira lactação de 646 búfalas, controladas de 1987 a 2006, em 12 rebanhos localizados no estado de São Paulo.

Em todas as análises, foi utilizado um arquivo de *pedigree*, contendo a identificação de animal, pai e mãe, totalizando 2.039 indivíduos diferentes identificados na matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco.

As produções no dia do controle foram analisadas por meio de modelo animal, unicaracterístico, de regressão aleatória, conforme Breda (2008). Considerando como efeitos fixos: grupo contemporâneo, definido por rebanho-ano-mês de controle (858 níveis); número de ordenhas (dois níveis) e; efeitos linear e quadrático da covariável idade da búfala ao parto, em meses. A curva média da lactação ou a trajetória média da população (fixa) foi gerada a partir da regressão sobre o tempo (dias em lactação - DIM), modelada por polinômios ortogonais de Legendre de ordem três. As funções de covariâncias para os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente foram modeladas pela Função logaritmica de Ali e Schaeffer (Ali e Schaeffer, 1987), caracterizada por cinco parâmetros, representada por $R(t) = a_0 + a_1c + a_2c^2 + a_3d + a_4d^2$, em que: $c = t/305$, $d = \ln(305/t)$; t = dias em lactação; e a_i = coeficientes de regressão. O parâmetro a_0 está relacionado ao pico de produção, a_1 e a_2 estão relacionados à fase de declínio após o pico, enquanto a_3 e a_4 estão relacionados à fase de incremento da produção até o pico.

Em notação matricial, o modelo pode ser descrito como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{a} + \mathbf{W}\mathbf{p} + \mathbf{e},$$

sendo $\mathbf{y}$ é o vetor referente a n observações de produção de leite no dia do controle; $\mathbf{X}$ é a matriz de incidência de efeitos fixos de rebanho-ano-mês de controle, número de ordenhas, efeito linear e quadrático da idade da búfala ao primeiro parto, covariáveis que descrevem o número de dias em lactação; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor contendo soluções de efeitos fixos e soluções da curva fixa comum a todos os indivíduos; $\mathbf{Z}$ e $\mathbf{W}$ são matrizes de covariáveis referentes às idades em cada produção modeladas pela função que descreve a trajetória e associadas aos coeficientes de regressão aleatória dos efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente para cada indivíduo, respectivamente; $\mathbf{a}$ e $\mathbf{p}$ são vetores contendo os coeficientes de regressão aleatória para cada indivíduo, para os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente, respectivamente. O vetor $\mathbf{e}$ representa os efeitos aleatórios de ambiente

temporário. Assumem-se as seguintes pressuposições para a distribuição dos vetores $\mathbf{a}$, $\mathbf{p}$ e $\mathbf{e}$:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{p} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} \sim \mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{V}) \text{ com } \mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} \otimes \mathbf{K}\mathbf{a} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \otimes \mathbf{K}\mathbf{p} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{R} \end{bmatrix},$$

sendo $\mathbf{A}$, a matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco entre indivíduos, de ordem igual ao número de indivíduos (n); $\mathbf{K}\mathbf{a}$ é a matriz de (co)variância entre os coeficientes de regressão aleatória do efeito genético aditivo; $\mathbf{K}\mathbf{p}$ é a matriz de (co)variância entre os coeficientes de regressão aleatória que descrevem o efeito de ambiente permanente; $\mathbf{I}$ matriz identidade, de ordem igual ao número total de observações (n) e $\mathbf{R}$ é uma matriz de variância residual associada a cada observação, com o termo da diagonal igual a $\sigma_{e_i}^2$, com i igual a $i=1$ (resíduo homogêneo).

Os componentes de (co)variâncias foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), utilizando-se a opção DXMRR do pacote estatístico DFREML (Meyer, 1998).

De posse das estimativas de componentes de (co)variâncias das soluções de regressão aleatória para os efeitos genético aditivo, de ambiente permanente e temporário, estas foram utilizadas para gerar as soluções de regressão aleatória para cada indivíduo, por meio das soluções de equações de modelos mistos.

As soluções para os coeficientes de regressão aleatória genéticas aditivas do animal j são representadas por $\hat{\mathbf{a}}'_j = [\hat{a}_{0j} \hat{a}_{1j} \hat{a}_{2j} \hat{a}_{3j} \hat{a}_{4j}]$. Assim, o valor genético predito (VGP) do animal j no dia t de lactação, foi obtido por:

$$VGP_{jt} = \mathbf{c}'_t \hat{\mathbf{a}}_j,$$

em que $\mathbf{c}'_t = [1 \ c \ c^2 \ d \ d^2]$ é o vetor de covariáveis da função de Ali e Schaeffer no dia t da lactação.

Em decorrência da utilização de registros obtidos somente entre a 2ª e a 43ª semana após o parto, os extremos inicial e final da lactação foram 14 e 301 dias,

respectivamente. Assim, o valor genético predito acumulado até 301 dias (VGP_{301ac}) do animal j foi obtido por:

$$VGP_{301ac} = \sum_{t=14}^{301} VGP_{jt}$$

A persistência da produção de leite, adaptada de Jamrozik et al. (1997) foi calculada por:

$$PS = \sum_{t=61}^{280} (VGP_t - VGP_{60}),$$

em que valores mais altos para PS indicam maior persistência da produção de leite.

As variâncias genéticas aditivas para PS ($\hat{\sigma}_{aPS}^2$) foram obtidas por:

$$\hat{\sigma}_{aPS}^2 = f'Ka f,$$

em que $f' = [0 \ 80 \ 70 \ -212 \ -447]$ e representa o vetor de covariáveis correspondentes à função da medida de persistência e Ka é a matriz de (co)variâncias genéticas aditivas entre os coeficientes de regressão aleatória. De modo semelhante foram obtidas as variâncias de ambiente permanente para PS ($\hat{\sigma}_{pPS}^2$), substituindo-se Ka por Kp , matriz de (co)variâncias de ambiente permanente entre os coeficientes de regressão aleatória.

As tendências genéticas para os reprodutores e matrizes foram estimadas pela regressão linear simples dos valores genéticos preditos para a produção de leite acumulada aos 301 dias em produção e para persistência da produção de leite, em função do ano de nascimento em que os reprodutores ou matrizes (mães) tiveram suas primeiras filhas, ponderado pelo número de animais nascidos em cada ano. Para estimar a tendência genética dos animais (fêmeas com registros de produção), ajustou-se um modelo de regressão linear simples da média dos valores genéticos, em função do ano de nascimento dos animais, usando como fator de ponderação o número de nascimentos em cada ano.

A tendência fenotípica dos animais foi obtida ajustando-se um modelo de regressão linear simples da média da produção de leite total (PL_T), em função de ano

de parto dos animais, usando como fator de ponderação o número de parições em cada ano.

Resultados e Discussão

A média observada para produção de leite total (PL_T) foi igual a $1.587,12 \pm 622,50$ kg. Nas Tabelas 1 e 2, observam-se as distribuições da produção de leite total na primeira lactação em cada ano de parto e de nascimento, respectivamente, indicando aumento da produção de leite com o avanço do tempo.

Tabela 1 - Número de observações (N), médias, desvios-padrão (DP), valores mínimos (Min.), valores máximos (Max) e coeficientes de variação CV para produção de leite total, distribuídos por ano de parto das matrizes.

Ano de parto	N	Média (kg)	DP	Min.	Max.	CV (%)
1989	19	858,73	292,72	324,30	1548,59	34,08
1990	11	1344,59	590,68	758,50	2455,02	43,93
1991	19	1409,94	445,73	705,00	2325,28	31,61
1992	11	1685,26	242,11	1305,85	2075,55	14,36
1993	26	1579,42	369,04	1085,03	2505,41	23,36
1994	24	1655,48	507,94	655,46	2752,10	30,68
1995	28	1256,25	433,35	649,89	2081,46	34,49
1996	32	1591,07	531,31	680,63	2545,45	33,39
1997	18	1261,87	468,63	313,60	2101,03	37,13
1998	35	1672,16	599,47	500,40	2898,86	35,85
1999	44	1670,89	610,72	840,67	3368,64	36,55
2000	52	1456,30	578,33	269,70	2808,85	39,71
2001	51	1560,15	775,44	506,80	3386,35	49,70
2002	85	1604,60	654,87	200,00	3589,53	40,81

2003	56	1830,07	599,91	559,32	3840,68	32,78
2004	67	1860,52	611,61	405,71	3892,00	32,87
2005	68	1593,82	687,00	162,45	3847,84	43,10

Tabela 2 - Número de observações (N), médias, desvios-padrão (DP), valores mínimos (Min.), valores máximos (Max) e coeficientes de variação (CV) para produção de leite total, distribuídos por ano de nascimento dos animais com registro de produção.

Ano de parto	N	Média (kg)	DP	Min.	Max.	CV (kg)
1986	21	960,21	451,62	324,30	2415,38	47,03
1987	11	1225,49	502,08	758,50	2455,02	40,97
1988	15	1403,64	447,79	705,00	2179,77	31,90
1989	20	1689,81	324,57	1228,50	2325,28	19,20
1990	24	1544,22	365,22	1085,03	2505,41	23,65
1991	20	1617,44	566,513	649,89	2752,10	35,02
1992	26	1314,68	444,25	765,90	2052,00	33,79
1993	23	1577,21	561,15	680,63	2545,45	35,57
1994	36	1521,28	569,38	313,60	2898,86	37,42
1995	32	1615,98	581,20	500,40	2655,65	35,96
1996	35	1691,97	621,24	758,20	3368,64	36,71
1997	46	1395,96	582,17	269,70	3326,17	41,70
1998	53	1439,45	675,14	506,80	3346,12	46,90
1999	79	1769,55	669,35	200,00	3589,53	37,82
2000	78	1694,06	624,19	361,90	3840,68	36,84
2001	72	1853,16	621,16	405,71	3892,00	33,51
2002	55	1551,97	704,24	162,45	3847,84	45,37

Ao se analisar o comportamento da tendência fenotípica (Figura 1), verifica-se incremento de 26,91 kg de leite por ano, o que corresponde a 1,69% da média geral da produção total de leite. Assim, é esperado ganho de 457,5 kg no período avaliado. Diante disso, espera-se que a contribuição da seleção genética no incremento médio da produção total de leite, na primeira lactação de fêmeas Murrah, seja de 17%.

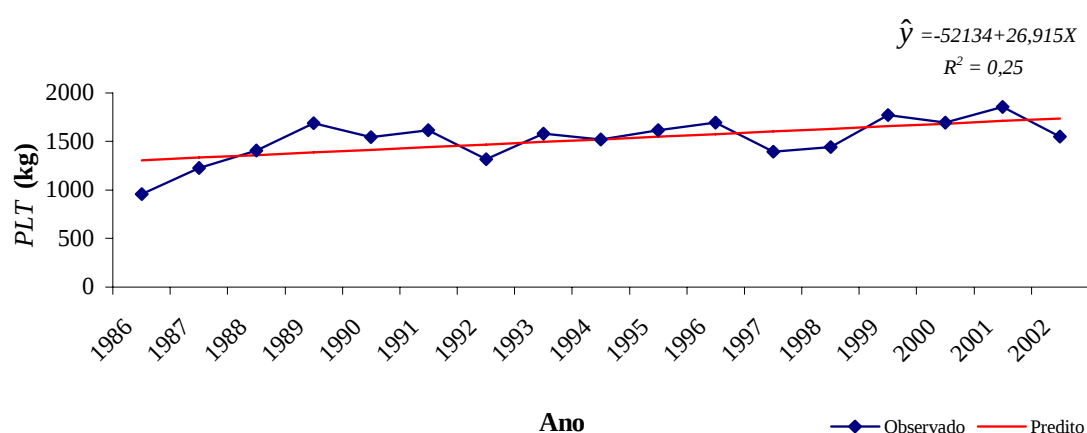


Figura 1 - Tendência fenotípica da produção de leite total (PL_T) dos animais.

A tendência genética da produção de leite acumulada até 301 dias dos (VGP_{301ac}) reprodutores foi positiva (Figura 2), com incremento de 4,7095 kg de leite por ano. Para as fêmeas (Figura 3), a tendência genética foi de -0,1561 kg por ano, enquanto que, para animais com registro de produção de 1,8578 kg por ano (Figura 4). O valor estimado de tendência genética de reprodutores corresponde a 0,29% da média geral da produção de leite, correspondendo a estimativa de ganho genético acumulado no período avaliado de 80,05 kg de leite.

A tendência genética da produção de leite dos reprodutores, embora positiva, é de baixa magnitude. Os valores são menores que os 2% ao ano teoricamente possíveis de serem alcançados, conforme relatado por Kim et al. (1999). Logo, os baixos valores de tendência genética podem ser reflexo de falhas na escolha de reprodutores, com utilização de touros de menores méritos genéticos

para o critério de produção de leite, em função da escolha destes pelo tipo racial, principalmente no início do período avaliado.

Ramos et al. (2004) encontraram para fêmeas de diferentes grupos genéticos, valor de tendência genética negativa de -3,15 kg/ano. Estimativa de tendência genética da produção de leite ajustada para 305 dias de lactação igual a 0,85 kg/ano, com registros em várias lactações de fêmeas da raça Murrah, foi verificada por Malhado et al. (2007).

Campos et al. (2008) estimaram ganhos iguais a 10,75 e 11,68 kg/ano para as produções de leite até 270 e 305 dias de lactação em animais da raça Murrah, concluindo que os objetivos e os critérios de seleção adotados estão sendo bem sucedidos. Silva et al. (2004) observaram tendência genética da produção de leite ajustada até 305 dias de lactação igual a 19,01 kg/ano.

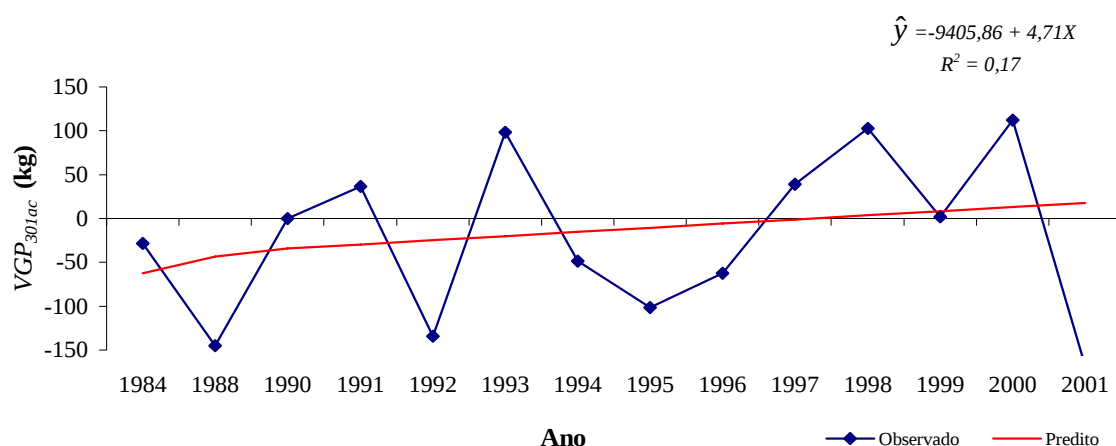


Figura 2 - Tendência genética da produção de leite acumulada até 301 dias em produção (VGP_{301ac}) dos reprodutores.

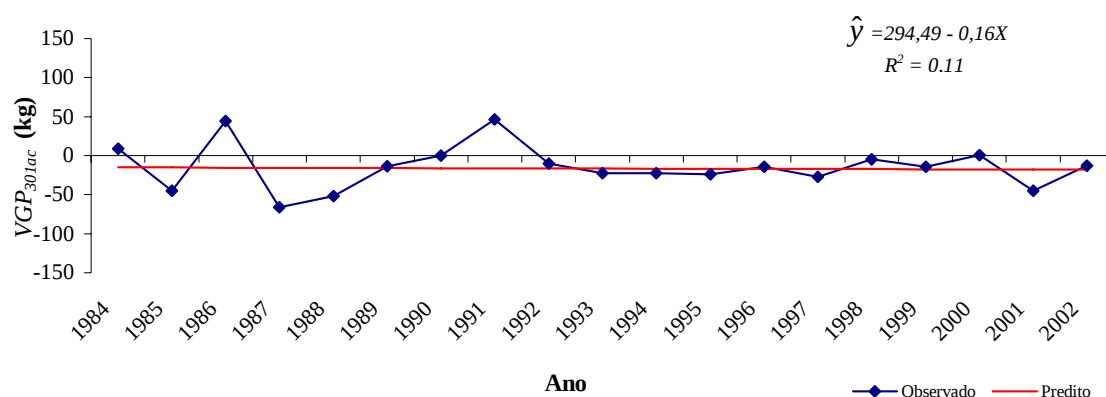


Figura 3 - Tendência genética da produção de leite acumulada até 301 dias em produção (VGP_{301ac}) das matrizes.

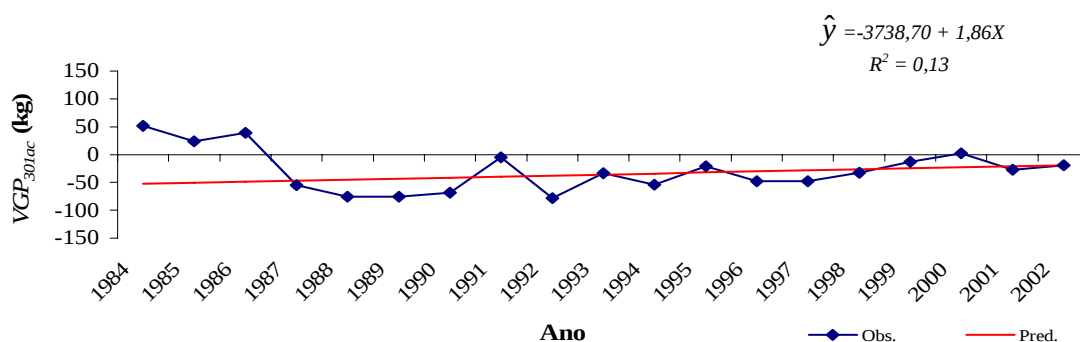


Figura 4 - Tendência genética da produção de leite acumulada até 301 dias em produção (VGP_{301ac}) dos animais.

A tendência genética da persistência da produção de leite (PS) para os reprodutores foi negativa (Figura 5), com decréscimo de 3,4086 kg de leite a cada ano. Por outro lado, a tendência genética das matrizes (mães) foi positiva, com incremento de 0,8764 kg por ano (Figura 6).

Para os animais (fêmeas com registros de produção), a tendência genética da persistência da produção de leite indica que, ao longo dos anos, houve decréscimo do valor genético, com redução de 2,12 kg de leite por ano (Figura 7), próxima do valor intermediário entre os valores de reprodutores e matrizes, indicando que,

mesmo as mães tendo incremento positivo para persistência ao longo do tempo, a influência da herança dos reprodutores, devido a maior intensidade de seleção, tem sido mais evidente nas proles.

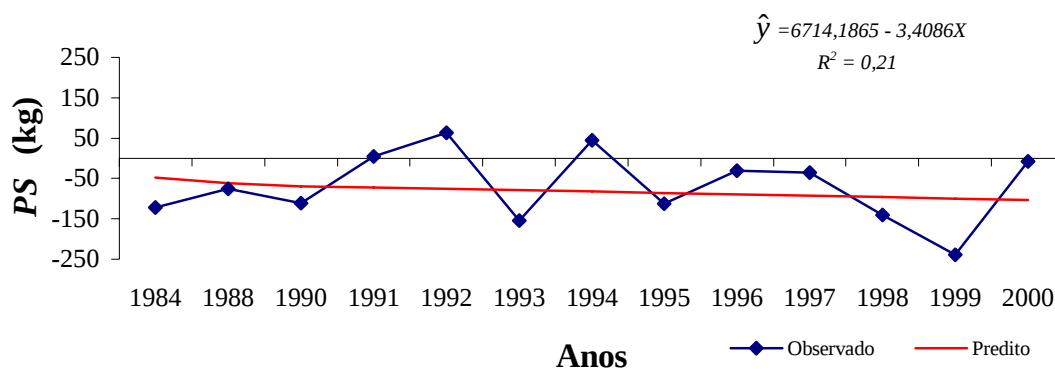


Figura 5 – Tendência genética da persistência da produção de leite (PS) dos reprodutores.

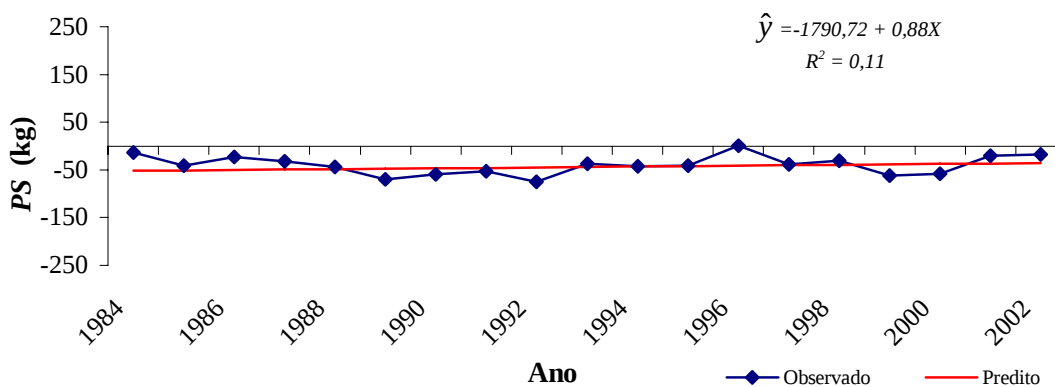


Figura 6 – Tendência genética da persistência da produção de leite (PS) das matrizes.

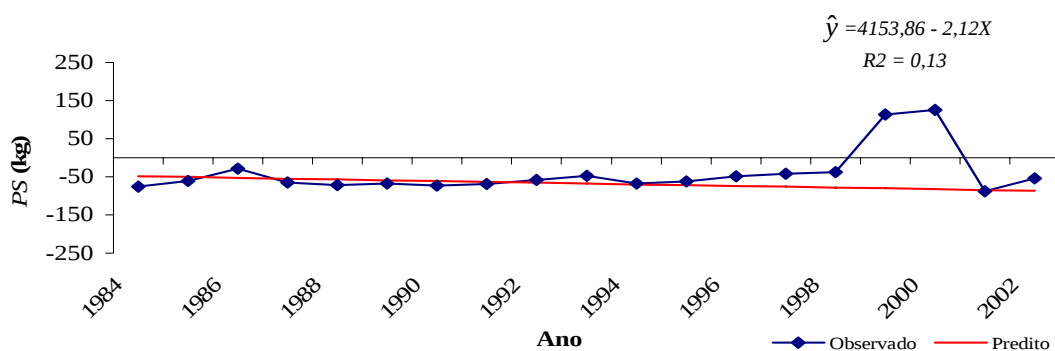


Figura 7 - Tendência genética da persistência da produção de leite (PS) dos animais com registro de produção.

Ao se verificar o comportamento das tendências genéticas de persistência, de produção de leite acumulada até 301 dias, dos reprodutores e, a tendência fenotípica da produção de leite (Figura 8), observa-se que o critério de seleção adotado vem reduzindo a persistência dos animais ao longo do período estudado. O que pode justificar esse comportamento, levando em consideração que correlação de Pearson entre VGP_{301ac} e PS foi igual a -0,18, é que o critério de seleção atual tem priorizado animais com grande parte de sua produção de leite concentrada na parte inicial da lactação.

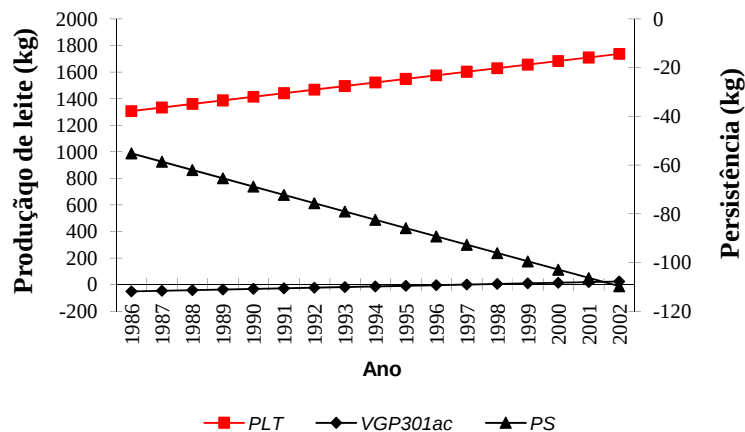


Figura 8- Tendências genéticas da persistência de produção de leite (PS) e da produção de leite acumulada até 301 dias (VGP_{301ac}), e tendência fenotípica da produção de leite total (PL_T) dos animais.

Conclusões

Houve maior incremento sobre a produção de leite ao longo dos anos que se fez pela melhoria de fatores não genéticos, porém houve melhoria genética dos reprodutores para produção de leite nos últimos anos.

A seleção para produção de leite acumulada deve ser intensificada, considerando, simultaneamente, a persistência da produção de leite, a fim de obter maiores ganhos genéticos na produção de leite bem como modificar o formato da curva de lactação dos animais no sentido desejável.

Referências Bibliográficas

- ALI, T.E.; SCHAEFFER, R. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. **Canadian Journal Animal Science**, 67:637-644. 1987.
- BREDA, F. C. **Modelos de dimensão infinita para estimação de parâmetros genéticos da produção de leite de búfalos da raça Murrah**. Viçosa: UFV: Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. 60 p. 2008.
- CAMPOS, R. V.; YOKOO, M. J. I.; BORQUIS, R. R. A.; TONHATI, H., Tendência genética para características produtivas em bubalinos leiteiros, In: **VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, 7, São Carlos, 2008
- CHENETTE, C.G.; FRAHM, R.R.; WHITEMAN, J.V. Direct and correlated responses to selection for increase weaning and yearling weights in Hereford cattle. II. Evaluation of response. **Animal Science Research Report**, v.112, p. 301-307, 1982.
- HUDSON, G.F.S; KENNEDY, B.W. Genetic Evaluation of swine growth rate and backfat thickness. **Journal Animal Science**, v. 61, n. 1, p. 83-91, 1985.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER. L. R.; DEKKERS, J. C. M. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. **Journal Dairy Science**, 80(6):1217-1226. 1997.
- KIM, J.S.; PARK, K.D.; JEONG, H.Y. Estimation of regional genetic trends for milk and fat yields in the Korean Holstein population. **Korean Journal of Animal Science**, v.41, n.1, p.11-14, 1999.
- MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S; SOUZA, J.S; PICCININ, A. Parâmetros e tendências da produção de leite em bubalinos da raça Murrah no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.36, n.2, p.376-379. 2007.
- MEYER, K. “DXMRR” – A program to estimate covariance functions for longitudinal data by REML. In: **Proceedings 6th world congress genetic**

- applied livestock production.** Armidale, New South Wales, Australia. CD ROM. 1998.
- RAMOS, A.A.; WECHSLER, F.S.; GONÇALVES, H.C. Phenotypic, genetic and environmental trends of milk yield from Brazilian buffalo cows. In: WORLD BUFFALO CONGRESS, 7., 2004, Makati. **Proceedings...** Makati: 2004. p.175-177.
- SILVA, H. C.; BREDÁ, F. C.; EUCLYDES, R. F.; TONHATI, H.; TORRES, R. A.; PEREIRA, C. S.; ARAÚJO, C. V. Estimativa de tendência genética para a produção de leite de bubalinos, In: Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 5, **Anais ...**, Pirassununga, 2004, CD-ROOM.
- TONHATI, H. **Critérios de seleção para produção total de leite em bubalinos criados no estado de São Paulo, Brasil.** Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2002. 68p. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, 2002. Búfalos, 2006. p. 115-122.