

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE DOUTORADO

SÊMEN SEXADO EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO  
GENÉTICO DE BOVINOS DE CORTE

Mariela Ferreira Marçal

CAMPO GRANDE, MS  
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**  
**CURSO DE DOUTORADO**

**SÊMEN SEXADO EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO**  
**GENÉTICO DE BOVINOS DE CORTE**

Sexed semen in beef cattle breeding programs

**Mariela Ferreira Marçal**

**Orientador: Dr. Paulo Bahiense Ferraz Filho**

**(Co) orientador: Dr. Luiz Otávio Campos da Silva**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal

CAMPO GRANDE, MS

2016

Certificado de aprovação

**MARIELA FERREIRA MARÇAL**

**Sêmen sexado em programas de melhoramento genético de bovinos de corte**

**Sexed semen in beef cattle breeding programs**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de doutora em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

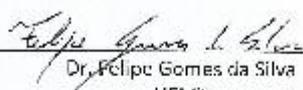
Aprovado(a) em: 17/05/2016

BANCA EXAMINADORA:



---

Dr. Paulo Bahiense Ferraz Filho  
(UFMS) – (Orientador)



---

Dr. Felipe Gomes da Silva  
UFMS



---

Dr. Leonardo Martin Nieto  
UCDR



---

Dr. Urbano Gomes Pinto de Abreu  
EMBRAPA Pantano



---

Dr. Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes  
EMBRAPA Gado de Corte

Dedico este trabalho a João Pereira Marçal Neto e Maria Nenice Ferreira Marçal,

Meus pais, minha base, me ensinaram a ter com dignidade, caráter, a ser honesta, me ensinaram a observar os exemplos, as atitudes das pessoas, a ter educação, procurando nunca julgar sem ter certeza e nunca passar por cima de ninguém. Não tenho palavras para agradecer tudo o que vocês fizeram por mim, mesmo não tendo formação superior, se desdobraram para que eu tivesse, espero um dia conseguir retribuir com gratidão tudo o que vocês fizeram por mim.

Eu Amo Vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado saúde e força para a conclusão de mais uma etapa.

Aos meus pais, João Pereira Marçal Neto e Maria Nenice Ferreira Marçal, sempre iluminando meu caminho.

Um agradecimento especial ao meu orientador Dr. Paulo Bahiense Ferraz Filho pela amizade, conselhos, orientação, incentivo e confiança depositada em mim durante estes 6 anos de convivência.

Meu sincero agradecimento ao meu co-orientador Dr. Luiz Otávio Campos da Silva, pelo exemplo profissional, incentivos, constantes contribuições para o desenvolvimento desta tese, pela amizade e convivência que se perduram desde o estágio de graduação, e com certeza por mais tempo.

Aos membros da banca examinadora, pela presença e contribuições a este trabalho. Dr. Júlio Cezar de Souza, Dr. Leonardo Martin Nieto, Dr. Felipe Gomes da Silva, Dr. Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes, Dr. Urbano Gomes Pinto de Abreu e ao Dr. Paulo Roberto Costa Nobre.

Agradeço ao Dr. Charles Kiefer, coordenador do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, ao Ricardo da secretaria pela atenção nos momentos de correria, aos membros do colegiado e aos professores, pelo apoio técnico, atenção e paciência dedicada durante estes 4 anos de doutorado.

Agradeço à Dra. Letícia Lauer S. Sá Coimbra e Família, pela atenção, carinho, amizade e por todo suporte emocional dedicado a mim e minha família.

Agradeço a Irmã Ilídia, sempre solícita comigo em suas orações, rogando a Deus para me dar forças e pedindo para que ele estivesse me acompanhando nas horas difíceis.

Agradeço ao Ronaldo São Romão Sanches, pela atenção, por ter me auxiliado, me explicando os primeiros passos para uma Pós Graduação, me incentivando e confiando no meu potencial. Tio consegui!

Agradeço ao meu Irmão Danilo Ferreira Marçal, sempre me apoiando e tentando me arrumar um emprego. Obrigada pelo carinho meu irmão, amo você.

Agradeço ao Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte – Geneplus por ceder os dados necessários para o desenvolvimento do meu projeto.

Agradeço a FUNDECT pelo apoio financeiro concedido durante o tempo de execução do doutorado.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## Resumo

MARÇAL, M. F. Sêmen sexado em programas de melhoramento de bovinos de corte. 66f Ano 2016/Tese de Doutorado - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

Os desenvolvimentos tecnológicos ocorridos têm permitido o uso comercial da técnica de sexagem de sêmen em bovinos. Por enquanto, seu uso tem prevalecido em bovinos de leite e na reprodução in vitro, entretanto, novos avanços podem fazê-la ganhar espaço na inseminação artificial de bovinos de corte. Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto no ganho genético, na estrutura da população e no acúmulo de consanguinidade no rebanho de seleção de bovinos de corte para diferentes estratégias de uso do sêmen sexado. Para tanto, um rebanho de seleção com 1.240 matrizes e 20 touros, conduzido por 25 anos, foi simulado para diferentes cenários. O primeiro artigo avaliou o impacto do uso generalizado no rebanho de sêmen com diferentes taxas de nascimento de fêmeas (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%). O modelo quadrático encontrado para a taxa anual de ganho mostrou que a taxa de ganho máxima de 2,9005 kg/ano foi atingida com 64,12% de nascimento de fêmeas, o que representa um aumento de apenas 2,54% na taxa anual de ganho, em relação ao uso de sêmen convencional. A simulação mostrou ainda que o aumento do nascimento de fêmeas levou a uma rápida renovação do rebanho de matrizes, reduzindo a defasagem genética destas em relação aos touros, mas causando perda de variabilidade e aumento da consanguinidade apesar do controle empregado.

O segundo artigo avaliou o uso do sêmen sexado de macho nas matrizes do estrato superior (0, 5, 10, 15, 20 ou 25%) para produção de touros de reposição e nas matrizes do estrato inferior (0, 10, 20, 30, 40 ou 50%) com foco na produção de touros comerciais, com índices de acerto do sexo desejado de 75 ou 90%. O uso de um percentual de 15% das melhores matrizes com sêmen sexado de macho para produção dos touros de reposição permite acelerar o ganho genético, quando combinado ao uso de sêmen sexado nas matrizes do estrato médio para superar a defasagem genética do rebanho de matrizes. O uso das piores matrizes com sêmen sexado de macho permite aumentar a produção de touros comerciais sem comprometer a taxa de ganho e ajudando a controlar a taxa de substituição do rebanho e o aumento de consanguinidade.

**Palavras-chave:** Gado de corte, seleção, sexagem de sêmen, simulação estocástica.

## Abstract

MARÇAL, M. F. Sexed semen in beef cattle breeding programs. 66f. Year 2016/Doctorate Thesis- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

The technological developments have enabled the commercial use of semen sexing techniques in cattle. For now, its use has prevailed in dairy cattle and in vitro fertilization, but new developments can make it gain space in beef cattle artificial insemination market. This work had the goal of evaluating the impact on genetic gain, population structure and inbreeding build up in a beef cattle selection herd for different strategies of using sexed semen. To achieve that, a selection herd of 1240 cows and 20 bulls, conducted for 25 years, was simulated for the different scenarios. In the first paper, the impact of a generalized use in the cow herd of semen with different rates of female births (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%). The quadratic model found for yearly genetic gain showed that the maximum gain of 2.9005 kg/year was achieved with 64.12% of female calves, what represents an increase of only 2.54% on yearly gain. The simulation showed also that a higher birth rate of females enabled a faster renewal of cow herd, reducing the genetic difference from the bulls mating, but causing loss of variability and inbreeding build up despite the control implemented. In the second paper, the use of male chromosome enriched semen on the cows of superior breeding values (0, 5, 10, 15, 20 or 25%) to produce replacement bulls and on the cows with inferior breeding values (0, 10, 20, 30, 40 or 50%) to produce commercial bulls was evaluated, considering 75 and 90% rate of achieving the desired sex of calf. The use of 15% of the best cows with male chromosome enriched semen to produce replacement bulls increases the genetic

gain when combined to using female chromosome enriched semen on the cows with intermediate breeding values to produce replacement heifers and overcome the genetic lag of the cow herd. The use of male chromosome enriched semen on the cows with inferior breeding values, enables increasing the production of commercial bulls without compromising the rate of gain and controlling herd replacement rate and inbreeding build up.

**Keywords:** beef cattle, selection, semen sexing, stochastic simulation.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
REFERÊNCIAS.....	14

Desvio na proporção de nascimento de machos e fêmeas sobre o ganho genético e a estrutura do rebanho de seleção em bovinos de corte.....	16
Resumo.....	16
Abstract.....	17
1.Introdução.....	18
2.Material e Métodos.....	18
3.Resultados e Discussão.....	23
4.Conclusão.....	35
Referências.....	36

Estratificação das matrizes pelo valor genético para uso do sêmen sexado em programas de melhoramento de bovinos de corte.....	38
Resumo.....	38
Abstract.....	40
1.Introdução.....	42
2.Material e Métodos.....	44
3.Resultados e Discussão.....	47
4.Conclusão.....	62
Referências.....	63

## INTRODUÇÃO

O uso da seleção de espermatozóide sexado em bovinos proporciona a escolha do sexo do bezerro, é difundido em bovinos de leite devido à utilização do sexo feminino, porém tem uma pequena utilização em bovinos de corte por estar restrito às técnicas de *Transferência de Embriões* (TE) e *Fecundação in Vitro* (FIV), tecnologias de alto custo. Esta diminuição de utilização em gado de corte se deve ao fato de que o sêmen sexado ainda não apresenta resultados consistentes quando utilizado em protocolos de *Inseminação Artificial em Tempo Fixo* (IATF) (GARNER, 2006; BARUSELLI *et al.* 2007).

Um ponto importante, é que o ganho genético nas fêmeas é nitidamente inferior devido à alta proporção dos animais nascidos necessários para a reprodução e a pequena proporção de substituição do rebanho de matrizes. Além disso, resultados preliminares de simulação (Torres Júnior *et al.*, 2013) mostram que os animais selecionados para touro, em sua maioria, são provenientes das matrizes do terço superior do rebanho. Sendo assim, o uso de sêmen sexado poderia ser uma alternativa para melhor equilibrar o nascimento de machos e fêmeas e resultar em ganhos genéticos superiores. Mais do que isso, em bovinos de leite é comum se discriminar matrizes em mães de touros e mães de vacas em função do seu mérito genético (Robertson & Will, 1983). Dessa forma, é importante avaliar o emprego de sêmen sexado de macho e fêmea diferencialmente nos estratos de matrizes classificadas por seu mérito genético.

Hoje, a técnica comercialmente empregada para sexagem de sêmen (citometria de fluxo) proporciona um desvio da relação de sexo de 90% (Seidel

Júnior, 2003) com perda de 10% na taxa de prenhez no primeiro serviço, entretanto, técnicas em desenvolvimento (Hossepian de Lima *et al.*, 2000; Hossepian de Lima *et al.*, 2007) prometem uma acuidade menor no desvio da relação de sexo, em torno de 70% (centrifugação em gradiente de densidade) mas, sem comprometimento da taxa de prenhez.

Todas estas comparações podem ser feitas de uma forma rápida e barata com o emprego de simulação. Segundo Perin Filho, (1995), o uso de simulação, desde que o sistema simulado represente adequadamente a realidade, permite retirar conclusões pertinentes a um custo baixo. O presente trabalho pretende usar simulação para quantificar o ganho genético adicional e os impactos na estrutura do rebanho de seleção com diferentes esquemas de uso de sêmen sexado em programas de melhoramento de bovinos de corte.

## REFERÊNCIAS

BARUSELLI, P. S., SOUZA, A. H., MARTINS, C. M., GIMENES, L. U., SALES, J. N. S., AYRES, H., ANDRADE, A. F. C., RAPHAEL, F. ARRUDA, R. P. Semênsexado: inseminação artificial e transferência de embriões. **Revista Brasileira de Produção Animal**, v.31, n.3, p. 374-381, 2007.

GARNER, D.L. Flow cytometric sexing of mamalian sperm. *Theriogenology*, Philadelphia, v.65, n.5, p.943-957, 2006.

HOSSEPIAN DE LIMA, V. F. M., RAMALHO, M. D. T., RODRIGUES, L. H., MALHEIROS, E.B., MOREIRA-FILHO, C. A. Separation of X – and Y-bearing bovine spermatozoa by percoll density gradient centrifugation. **Theriogenology**, v. 53, n.1, p. 280, 2000.

HOSSEPIAN DE LIMA V. F. M. Avanços metodológicos na seleção do sexo de espermatozoides bovinos para utilização no melhoramento animal e na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.36, p.219-228, 2007.

PERIN FILHO, C., **Introdução á simulação de sistemas**. Campinas: Unicamp, p.163. 1995.

ROBERTSON, A.; HILL, W. G. Population and quantitative genetics of many kinked kicu ub finite populations. IN :BODMER, W.F. **Mathematical genetics**. London : Royal society, p. 33-43, 1983.

SEIDEL JÚNIOR., G. E. Sexing mammalian sperm-intertwining of commerce, thechnology, and biology. **Animal Reproduction Science.**, v.79, n.3-4, p.145-156, 2003

TORRES JÚNIOR, R. A. A., SILVA, L. O. C., MENEZES, G. R. O., NOBRE, P. R. C.

**Melhoramento Animal na era das DEP's** In: Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa . Brasília (Brasil), EMBRAPA, 149-166.

2013

**Desvio na proporção de nascimento de machos e fêmeas sobre o ganho genético e a estrutura do rebanho de seleção em bovinos de corte.**

RESUMO: O objetivo foi avaliar o impacto no ganho genético, na estrutura da população e no acúmulo de consanguinidade em um rebanho de seleção de bovinos de corte devido a um desvio generalizado na proporção de nascimentos de machos e fêmeas. Uma simulação estocástica foi utilizada para avaliar um rebanho de seleção de 1.240 matrizes e 20 touros conduzidos por 25 anos, de acordo com oito cenários, onde a taxa de nascimento de fêmeas variou entre 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90% com 10 repetições cada. Uma análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado foi feita com as medidas de ganho genético e estrutura da população oriunda de cada amostra simulada, seguindo-se uma decomposição polinomial do efeito de tratamento com contrastes ortogonais. A decomposição polinomial mostrou que o efeito quadrático foi o mais adequado ( $R^2 = 97,51\%$ ) das diferenças entre as médias. A taxa anual de ganho máxima de 2,9005 kg/ano foi atingida quando a percentagem de nascimento de fêmeas foi de 64,12%, o que representa um aumento de 2,54% na taxa anual de ganho. Na medida em que a percentagem de nascimentos de fêmeas aumentou, o programa de simulação, que estava livre para escolher as melhores fêmeas independentes de idade, proporcionou uma rápida renovação do rebanho de matrizes, reduzindo a defasagem genética, mas causando perda de variabilidade e aumento da consangüinidade.

**Palavras-chave:** Consanguinidade, gado de corte, seleção, sexagem de sêmen

***Changing the birth proportion of males and females on the genetic gain and the structure of a seedstock beef cattle herd.***

ABSTRACT: The objective was evaluating the impact on the genetic gain, population structure and inbreeding increase in a beef cattle selection herd due to a generalized shift on the proportion of male and female births. A stochastic simulation was used to evaluate a selection herd of 1.240 cows and 20 bulls conducted for 25 years according to eight scenarios with the rate of female birth varying among 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90%, with 10 replicates each. A complete randomized design analysis of variance was run with the measures of gain and population structure from each simulation sample, following a polynomial decomposition of the treatment effect with orthogonal contrasts. The polynomial decomposition showed that the quadratic effect was the most adequate ( $R^2 = 97.51\%$ ). The maximum yearly genetic gain of 2.9005 kg/year was achieved when the percent of female births was 64.12%, what represents an increase of 2.54% on the yearly rate of gain. As the percent of female births increased, the simulation program, that was free to pick the best females independent of age, caused a fast renewal of the cow herd, reducing the genetic lag compared to the mating bulls but causing loss of variability and accumulated inbreeding.

**Key words:** Beef cattle, inbreeding, selection, semen sexing

## 1. Introdução

A contribuição da seleção dos machos para o ganho genético em programas de melhoramento de bovinos de corte é superior a contribuição das fêmeas. Isto se deve a capacidade reprodutiva dos machos, que permite uma pressão de seleção superior àquela exercida nas fêmeas. Este fato está ligado ao nascimento de animais dos dois sexos na mesma proporção, mas nada respalda a tese de que esta seja a proporção de nascimento ideal de cada sexo em termos de ganho em um programa de melhoramento. No entanto, é interessante avaliar estratégias do desvio de proporção de nascimentos de machos e fêmeas. (Van Vleck *et al.*, 1976; Hohenboken, 1999; Abdel-Azim *et al.*, 2007).

Por outro lado, muitos trabalhos que avaliam estratégias de seleção para aumentar as taxas de ganho, ao mesmo tempo em que identificam este método de ganho superior, relatam problemas relacionados ao aumento excessivo da consanguinidade, o que pode ser considerado um entrave a adoção da estratégia identificada (Villanueva *et al.*, 1995; Kinghorn *et al.*, 1999; Neves *et al.*, 2009).

O presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto de uma mudança na proporção de nascimentos de machos e fêmeas no ganho genético e na estrutura do rebanho de um programa de seleção de bovinos de corte.

## 2. Material e Métodos

Foi simulado um rebanho de seleção com 20 touros e 1.240 matrizes acasaladas anualmente. As matrizes submetidas à estação de monta foram escolhidas com base no valor genético aditivo predito, entre as 1000 vacas retidas da estação anterior (predominantemente prenhes) e todas as novilhas produzidas

(número que variou conforme a taxa de nascimento de fêmeas simulada), sem restringir a proporção de vacas e novilhas neste grupo. Das matrizes acasaladas, foram escolhidas as 1.000 matrizes de melhor valor genético para permanecer no rebanho, priorizando as fêmeas prenhes seguidas pelas vazias, sendo que nas vazias foram priorizadas as primíparas.

Os touros foram usados na reprodução aos dois anos de idade e mantidos em uso por tempo indeterminado, até o aparecimento de um animal mais jovem de avaliação genética superior para substituí-lo, sem restrição no percentual de renovação dos touros. Na seleção dos touros, foi empregada uma rotina para restringir a contribuição de qualquer ancestral a 10% de parentesco médio com o grupo de touros utilizados (por exemplo, touro mais dois filhos, quatro filhos, oito netos) e assim, prevenir o estreitamento da base genética do rebanho.

No acasalamento, para evitar a produção de animais consanguíneos, foi calculado o parentesco médio dos touros com o grupo de matrizes a acasalar e identificado o touro mais aparentado com estas matrizes. Este touro foi então utilizado nas 62 matrizes ainda não acasaladas menos aparentadas com ele. Este procedimento foi repetido até finalizar o acasalamento dos 19 primeiros touros, sendo que o 20º touro foi acasalado com as matrizes que restaram.

As fêmeas permaneceram no rebanho até os 14 anos de idade, sendo o resultado na reprodução de cada matriz simulado por uma distribuição Bernoulli com probabilidade de sucesso  $p$  (taxa de prenhez) correspondente à faixa de idade da matriz. Foram utilizadas diferentes taxas de prenhez para as vacas de acordo com a idade, começando com 85% para novilhas expostas aos 2 anos de idade e 65%, 85%, 90%, 90%, 89%, 88%, 87%, 86%, 84%, 80% e 77% para fêmeas expostas dos 3 aos 13 anos de idade, respectivamente, sendo que, as vacas de 14 anos de idade

foram excluídas da reprodução. Estes valores foram estabelecidos considerando os resultados de Vieira *et. al.*, (2005) e modificados de forma a eliminar oscilações na taxa de prenhez de matrizes mais velhas, para as quais o autor dispunha de poucos animais, e reduzir a taxa de prenhez de novilhas, já que todas novilhas seriam candidatas a seleção e não apenas um grupo pré-selecionado. Além disso, as taxas de prenhez foram redimensionadas para obter taxa média de prenhez aproximada de 81% para uma população em equilíbrio onde o descarte é apenas por falha reprodutiva.

Para as matrizes prenhes dentre as 1.000 que foram retidas para a próxima estação foi gerado uma variável Bernoulli com probabilidade de sucesso igual a 0,92 para identificar aquelas cuja prenhez resultou numa cria que sobreviveu até o sobreano e deixou dado fenotípico. As progênes dessas matrizes foram incluídas na base de dados com a identificação dos pais, ano de nascimento e o sexo simulado aleatoriamente por uma distribuição Bernoulli com probabilidade de ser fêmea  $p_f$  definido de acordo com a proporção de nascimento de fêmeas simulada.

Para gerar a característica simulada utilizaram-se os parâmetros genéticos do peso ao sobreano para animais da Raça Nelore do Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte Geneplus, como: média fenotípica de 292,86, desvio padrão fenotípico de 31,12, herdabilidade de 24,61%, herdabilidade materna de 1,66%, fração da variância para o efeito de ambiente permanente materno de 2,61% e a correlação entre os efeitos aditivos direto e materno de -7,87%.

Todos os animais do rebanho inicial foram considerados não aparentados e sem dados fenotípicos, perfazendo entre matrizes (1000), touros (20), animais de dois anos (460 machos e 460 fêmeas), animais de um ano (460 machos e 460 fêmeas) e bezerras (460 machos e 460 fêmeas), animais nascidos em 15 anos diferentes,

sendo o rebanho conduzido por mais 25 anos, envolvendo ao todo animais nascidos em 40 anos, sendo a seleção pelo valor genético iniciada logo após a primeira safra ter informações disponíveis (acasalada no ano 16, nascida no ano 17 e fenótipo disponível na avaliação antes da estação de monta do ano 19), sendo utilizadas para descrever os resultados as taxas médias obtidas nos últimos 15 anos de seleção (do ano 26 aos 40) ou no rebanho ativo no último ano (ano 40).

Para cada animal foram simulados os valores genéticos aditivos diretos e maternos e os efeitos de ambiente permanente materno (apenas para as fêmeas que se tornaram mães dos produtos nascidos) e seus fenótipos. Os valores genéticos dos animais de paternidade desconhecida foram simulados por uma distribuição Normal bivariada com média zero e (co)variância genética direta e materna. Os valores genéticos dos animais de paternidade conhecida foram simulados a partir da média do valor genético de seus pais mais a amostragem mendeliana com distribuição Normal bivariada envolvendo os efeitos aditivo direto e materno. Os efeitos de ambiente permanente materno foram simulados de uma distribuição Normal com média zero e variância correspondente. Por fim, os fenótipos foram obtidos pela soma da média geral, do valor genético aditivo do animal, do valor genético aditivo materno e do efeito de ambiente permanente materno da mãe do animal e de um resíduo gerado aleatoriamente com distribuição Normal com média zero e variância do resíduo.

Para se ter uma situação próxima da realidade, onde a necessidade de estimar efeitos de grupos de contemporâneos causa perda de informação dos dados, os animais de cada sexo, foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos de manejo. Esses grupos, juntamente com o ano de nascimento e a identificação do sexo compuseram os grupos de contemporâneos adotados no modelo de análise.

Os grupos de manejo foram gerados aleatoriamente por uma distribuição Uniforme discreta de 1 a 5. Como a metodologia BLUP possui a propriedade de translação invariante e o modelo adotado na análise foi o mesmo usado na simulação, não foi necessário simular os valores dos efeitos de grupo de contemporâneos, utilizando-se apenas uma média geral que foi adicionada ao fenótipo.

Os fenótipos acumulados foram utilizados para avaliar, a cada ano da simulação, uma avaliação genética, segundo a metodologia de modelos mistos (Henderson, 1953), e foi obtido o BLUP (melhor predição linear não-viesada) do valor genético aditivo direto dos animais do rebanho, os quais foram usados para fins de seleção. O modelo adotado nas análises foi o mesmo usado na simulação, que corresponde a um modelo com os efeitos fixos de grupo de contemporâneos e aleatórios aditivos direto e materno correlacionados e o efeito de ambiente permanente materno, além do resíduo.

Para avaliar o impacto do efeito do uso de sêmen sexado de uma forma generalizada no rebanho foram simuladas oito situações com a taxa de nascimento de fêmeas de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90%. Cada situação foi repetida 10 vezes, sendo calculados diversos indicadores do ganho genético e da estrutura da população, são eles:

- a taxa anual de ganho, avaliada por meio do coeficiente de regressão do valor genético médio anual nos últimos quinze anos de seleção;

- a defasagem genética das matrizes, ou seja, a diferença de valor genético médio das matrizes e dos touros nos últimos 15 anos na unidade original (kg);

- a defasagem genética dividida pela taxa anual de ganho do esquema de seleção para ser expressa em ano;

- o intervalo médio de gerações para touros, vacas e conjunto, calculado por meio da idade média dos pais ao nascimento dos produtos dos últimos quinze anos;
  - o percentual de tourinhos de primeira safra e de primíparas entre os pais dos animais nascidos nas últimas quinze safras;
  - o parentesco médio entre os touros, entre as matrizes, dos touros com as matrizes e entre os produtos do rebanho na última safra (ano 40);
  - o coeficiente médio de consanguinidade dos produtos da última safra;
  - a taxa anual de acréscimo da consanguinidade, e o respectivo tamanho efetivo, avaliada pelo incremento no coeficiente médio de consanguinidade e no parentesco médio dos produtos nascidos nos últimos quinze anos.

Com os resultados obtidos dessas variáveis, foi realizada uma análise estatística conforme um delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos e 10 repetições, seguida da decomposição polinomial do efeito de tratamento por meio de contrastes ortogonais. Definido o modelo mais apropriado, foi traçada uma curva para cada variável resposta em função da taxa de nascimento de fêmeas para determinar a frequência no ponto de máximo e descrever as mudanças provocadas na estrutura da população.

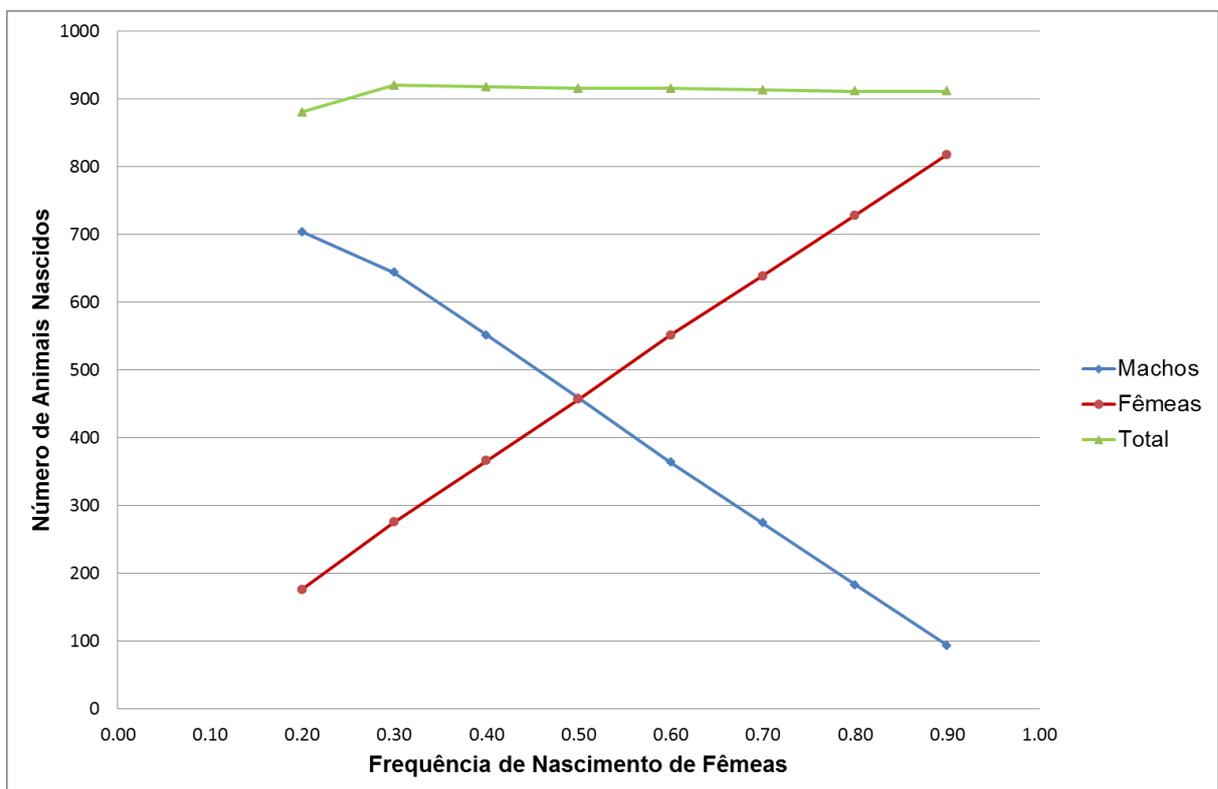
As rotinas utilizadas na simulação foram desenvolvidas e processadas no programa MATLAB (*The Mathworks*, 2002) para avaliação genética e para as análises estatísticas utilizou-se o PROC GLM do software SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.4, 2008).

### **3. Resultados e Discussão**

Os resultados quanto ao número de animais nascidos de cada sexo, bem como, o número total de animais nascidos são apresentados na Figura 1. Pode-se

observar que as proporções de nascimento de fêmeas correspondem aos parâmetros utilizados na simulação. Além disso, observa-se uma redução no número de animais nascidos quando se tem apenas 20% de nascimento de fêmeas. Isto ocorre porque a quantidade de novilhas disponíveis não é suficiente para substituir todas as matrizes vazias, ocasionando a retenção de fêmeas vazias e consequente redução do número de produtos nascidos.

Pode-se observar também na Figura 1, que após o cenário com 30% de nascimento de fêmeas, houve um pequeno declínio no número de animais nascidos em função do alto percentual de entrada de novilhas na reprodução e da baixa reconcepção de primíparas, que fez com que o número de 1.240 fêmeas expostas fosse insuficiente para obter as 1.000 matrizes prenhes após a monta.

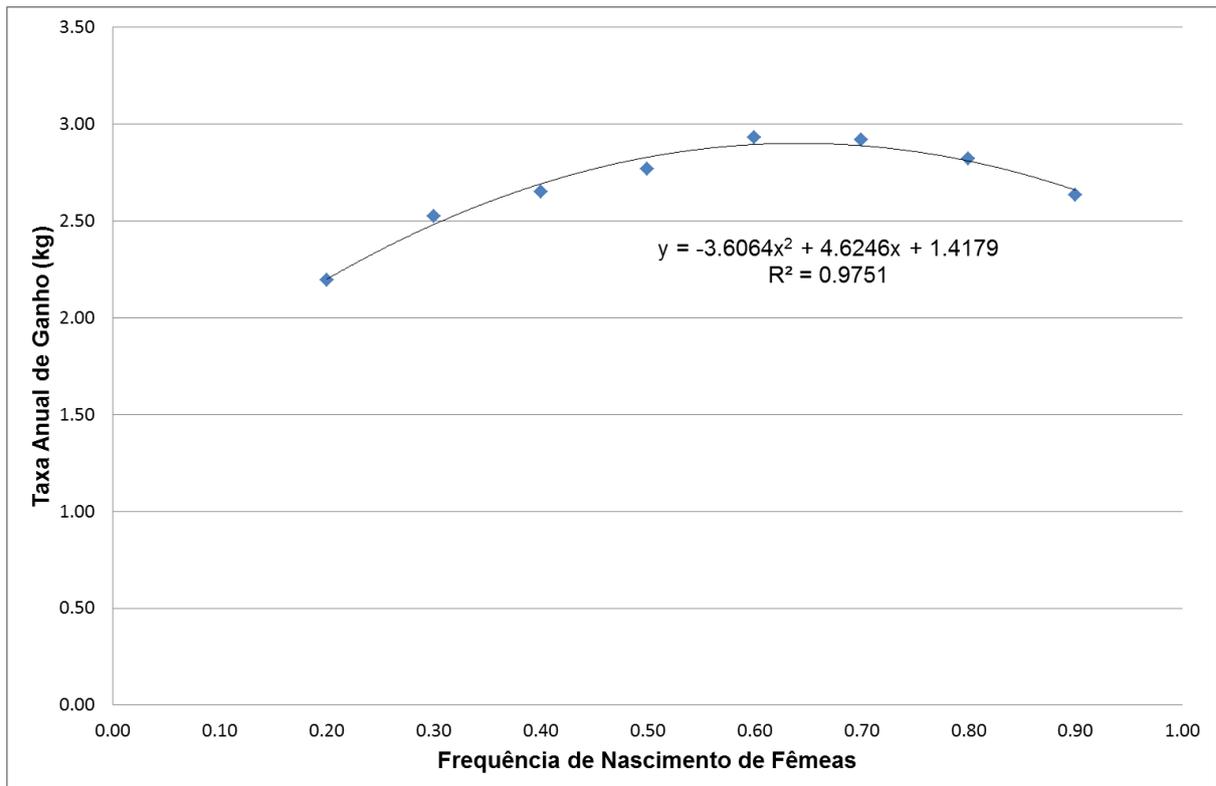


**Figura 1.** Número de machos, fêmeas e número total de animais produzidos anualmente, durante os últimos 15 anos, em função da frequência de nascimento de fêmeas

Na Figura 2 é apresentada a taxa anual de ganho nos últimos 15 anos do programa de seleção para as frequências de nascimento de fêmeas variando de 0,2 a 0,9. Foi encontrada diferença significativa da frequência de nascimento de fêmeas sobre a taxa anual de ganho, sendo que a decomposição polinomial do efeito de tratamento mostrou que o modelo quadrático foi o mais adequado, pois foi significativo ( $P < 0,05$ ) e o efeito conjunto dos contrastes de ordem maior que dois (falta de ajustamento) não foi significativo ( $P > 0,05$ ) e o coeficiente de determinação do modelo foi elevado ( $R^2 = 97,5\%$ ). Também é apresentada na Figura 2 a equação de regressão quadrática obtida e seu respectivo coeficiente de determinação.

É possível determinar que o ganho máximo (2,9005 kg/ano) ocorre para uma taxa de nascimento de fêmeas de 64,12%. Comparado à taxa de ganho (2,8286 kg/ano) para a situação usual com 50% de nascimento de fêmeas, observou-se um acréscimo de 2,54% na taxa anual de ganho, o que representa um ganho modesto e está de acordo com a literatura onde se ressalta que pequenos ganhos podem ser obtidos com o uso de sêmen sexado em programas de melhoramento (Villanueva et al., 1995; Neves et al., 2009).

Agora, se for avaliado a taxa de ganho obtido em condições extremas (20 e 90% de nascimento de fêmeas) pode-se encontrar uma redução de 22,27 e 6,00% da taxa anual de ganho, respectivamente. Estas mudanças são mais expressivas e não foram relatadas por estes mesmos autores por eles terem se limitado a mudanças menos extremas na frequência de nascimento de fêmeas. Tais reduções da taxa de ganho podem inviabilizar estratégias com mudanças extremas na frequência de nascimento de fêmeas com foco na produção de touros comerciais ou de fêmeas para reposição.

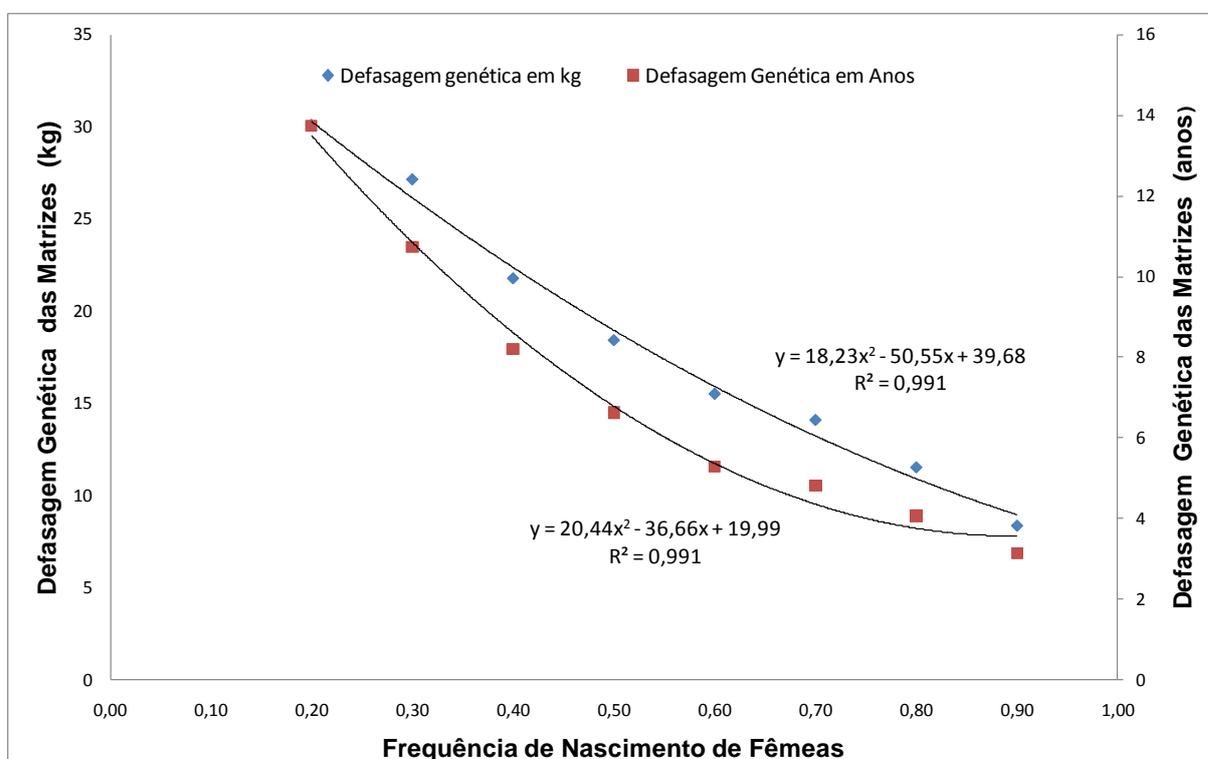


**Figura 2.** Taxa anual de ganho para o peso ao sobreano durante os últimos 15 anos do programa de seleção em função da frequência de nascimento de fêmeas.

Um dos efeitos marcantes da diferença da capacidade reprodutiva de matrizes em relação aos touros em programas de melhoramento é a defasagem que existe entre o valor genético médio das matrizes e o valor genético médio dos touros que acasalam Torres Júnior *et al.*,(2013). Na Figura 3, esta defasagem genética é apresentada em termos da unidade da variável simulada (kg) e de anos para superar esta diferença com a taxa anual de ganho observada, para as diferentes frequências de nascimento de fêmeas. Observou-se efeito significativo da frequência de nascimento de fêmeas sobre a defasagem genética, verificando-se uma grande redução dessa defasagem com o aumento do nascimento de fêmeas (de 30,09 kg para 8,35 kg, o que representa uma redução de 13,75 anos para apenas 3,15 anos). Portanto, a mudança observada com o aumento da frequência de nascimento de fêmeas é a redução da defasagem genética, o que é de extrema importância quando

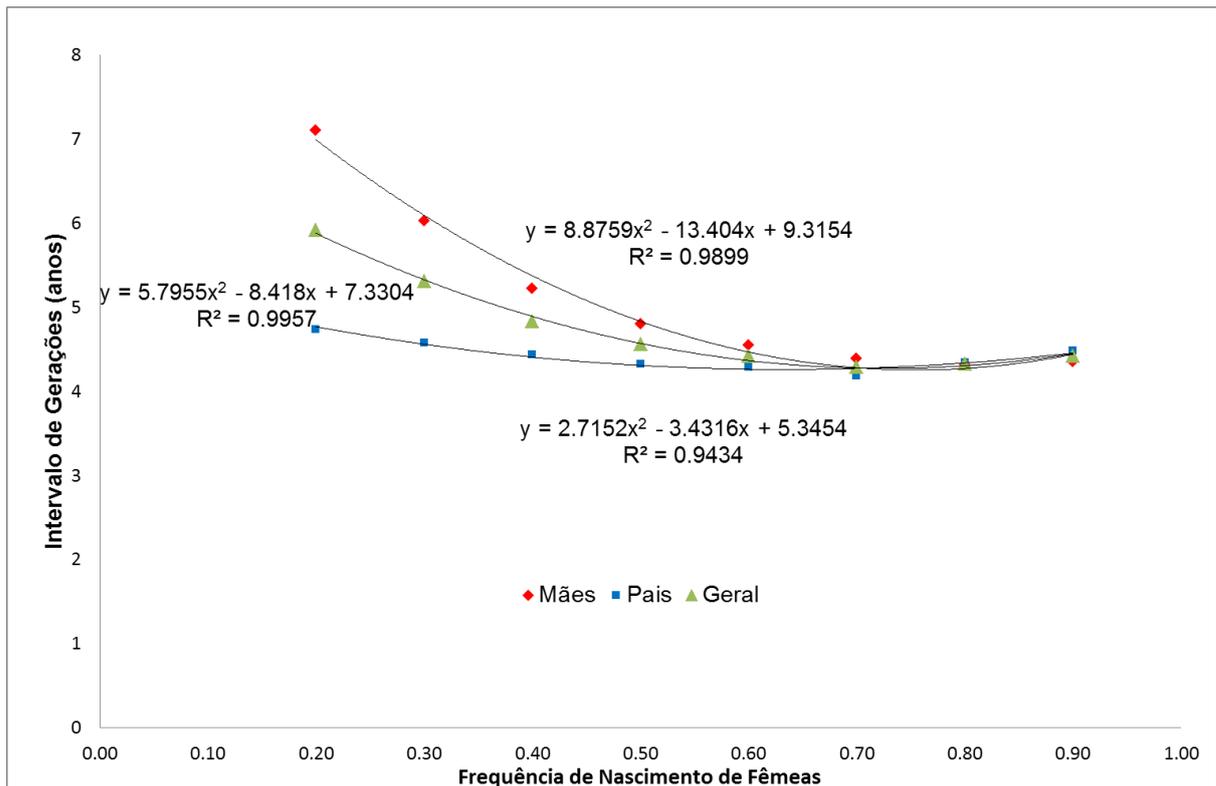
o descarte das matrizes é aproveitado na produção de bezerros comerciais ou no repasse de material genético para os estratos inferiores.

Quando foi aplicada a decomposição polinomial do efeito da frequência de nascimento de fêmeas sobre a defasagem genética, observou-se efeitos linear e quadrático significativos ( $P < 0,01$ ), sendo as equações apresentadas na Figura 3 com seus respectivos coeficientes de determinação. Apesar de ter sido detectado efeito significativo ( $P < 0,01$ ), de polinômios de grau superior optou-se pelo modelo quadrático em função da sua simplicidade e dos altos coeficientes de determinação encontrados (99,19 e 99,17%). Observa-se uma tendência de desaceleração dessa redução da defasagem genética nas frequências mais altas de nascimento de fêmeas. Esta desaceleração é mais acentuada para defasagem genética em anos, em função de uma redução da taxa anual de ganho nesses níveis de nascimento de fêmea.



**Figura 3.** Defasagem genética do rebanho de matrizes em relação aos touros acasalados durante os últimos 15 anos do programa de seleção de acordo com a frequência de nascimento de fêmeas.

Outro ponto importante para explicar o ganho genético em programas de melhoramento é o intervalo de gerações, sendo que este pode ser discriminado para machos e fêmeas ou apresentados de forma conjunta. Na Figura 4, são apresentados os resultados para o intervalo de geração em função da frequência de nascimento de fêmeas. Foi detectado efeito significativo do nascimento de fêmeas sobre o intervalo de geração, sendo escolhido o modelo quadrático. Apesar dos polinômios de grau superior terem apresentado efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) para o intervalo de gerações das mães e médio, optou-se pelo modelo quadrático pelo elevado coeficiente de determinação (98,99 e 99,57% respectivamente).



**Figura 4.** Intervalo de gerações para mães, pais e médio, considerando os produtos nascidos durante os últimos 15 anos de seleção em função da frequência de nascimento de fêmeas.

O que se verifica na Figura 4 é uma redução no intervalo de geração das mães que começa com 7,1 anos para 20% de nascimento de fêmeas e progressivamente

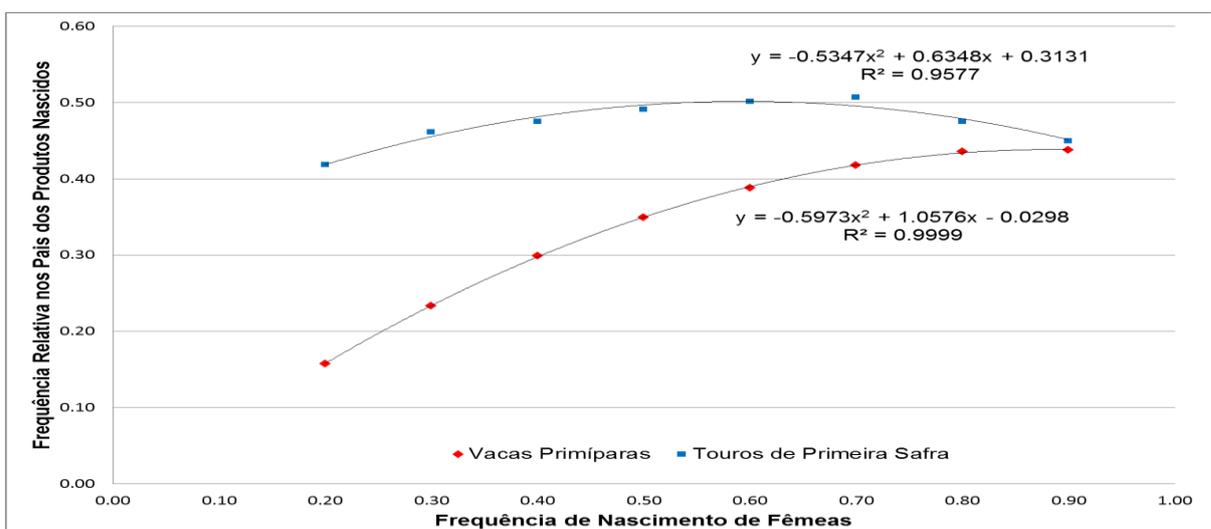
aproxima-se de um máximo por volta dos 4,3 anos. Para os pais, verifica-se uma queda suave do intervalo de geração com uma retomada do crescimento após 70% de nascimento de fêmeas. No caso das fêmeas, é compreensível que com o aumento na disponibilidade de novilhas ocorra uma maior renovação do plantel de matrizes e conseqüente redução do intervalo de geração. Já nos machos, a redução de disponibilidade de machos para a seleção com o aumento no nascimento de fêmeas é compensada pela melhoria da qualidade das matrizes (mães dos tourinhos), sendo que, apenas quando o nascimento de fêmeas chega a 70% ou mais, a redução de disponibilidade de machos começa a comprometer a entrada de animais jovens na reprodução promovendo aumento no intervalo de geração de machos.

Outra medida ligada ao intervalo de gerações é o percentual de animais jovens que entram na reprodução, tanto machos quanto fêmeas. Na Figura 5, são apresentados os resultados em termos de frequência relativa de animais jovens nos pais dos produtos nascidos nos últimos 15 anos do programa de seleção. O efeito significativo ( $P < 0,01$ ) da frequência de nascimento de fêmeas foi detectado e a decomposição polinomial definiu o modelo quadrático como o mais apropriado sendo as equações de regressão também apresentadas na Figura 5, juntamente com os coeficientes de determinação.

A curva de renovação do rebanho, expressa pelo percentual de primíparas, mostra um aumento rápido na taxa de entrada de novilhas na reprodução (partindo de 16%) com o aumento da disponibilidade proporcionado pela maior taxa de nascimento de fêmeas. Este crescimento sofre uma desaceleração progressiva atingindo um máximo próximo a 44% de primíparas, quando a frequência de nascimento de fêmeas é de 90%. Essa é uma diferença importante dos resultado

no trabalho de Neves *et. al.* (2009), onde a taxa de substituição foi pré-fixada em 20% e a produção adicional de novilhas de qualidade não era aproveitada no rebanho de seleção.

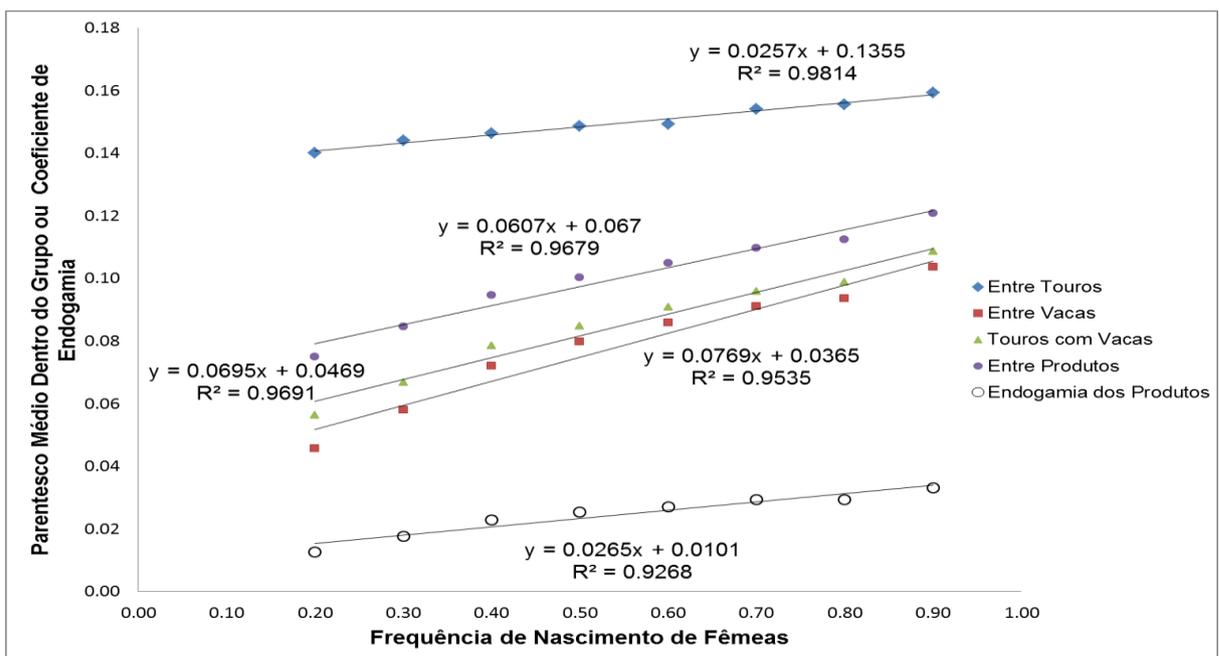
Nos machos, o percentual de animais jovens varia menos saindo de cerca de 40%, quando o percentual de nascimento de fêmeas é de 20%, atingindo o máximo de 50%, quando o percentual de nascimento de fêmeas está por volta de 60%, e caindo novamente para cerca de 45%, quando o percentual de nascimento de fêmeas é de 90%. Esta situação contraditória, em que a substituição dos touros por animais jovens não é máxima quando a disponibilidade de machos para selecionar é maior, se deve a maior defasagem genética das matrizes quando a proporção de nascimento de fêmeas é baixa, o que ocasiona um valor genético médio inferior dos machos nascidos, que não conseguem superar o valor genético dos touros em uso. Este resultado ajuda a contradizer a máxima que diz que os filhos são melhores que os pais, pois, apenas algo entre 40 a 50% dos touros (8 a 10 animais) são escolhidos entre os machos jovens, o que representa entre 1,2 e 9,6% dos machos nascidos.



**Figura 5.** Taxa de entrada de tourinhos e novilhas nos rebanhos de touros e matrizes, respectivamente, nos últimos 15 anos de seleção, em função da frequência de nascimento de fêmeas

Na Figura 6, é apresentado o parentesco médio entre os touros utilizados na reprodução. Este indicador incluiu na média o parentesco do touro com ele mesmo e, por isso, apresenta valores superiores ao parentesco médio nos demais grupos. Isto ocorre porque o parentesco de um animal com ele mesmo é maior ou igual a 1 e, em um grupo de 20 animais, isto pode ocasionar um aumento de 1/20 ou 5% do parentesco médio.

Já o parentesco médio entre as matrizes, das matrizes com os touros e entre os produtos apresentam valores substancialmente menores do que aqueles observados para os touros, mesmo descontando os 5% mencionados acima, principalmente para as matrizes, demonstrando que o rebanho de matrizes funciona como um reservatório de variabilidade genética. Também é apresentado o coeficiente de consanguinidade dos produtos nascidos na última safra. Este valor é inferior à metade do parentesco médio entre touros e vacas (valor esperado da consanguinidade dos produtos sob acasalamento ao acaso), mostrando a eficácia do programa de acasalamento utilizado para evitar acasalamentos consanguíneos.



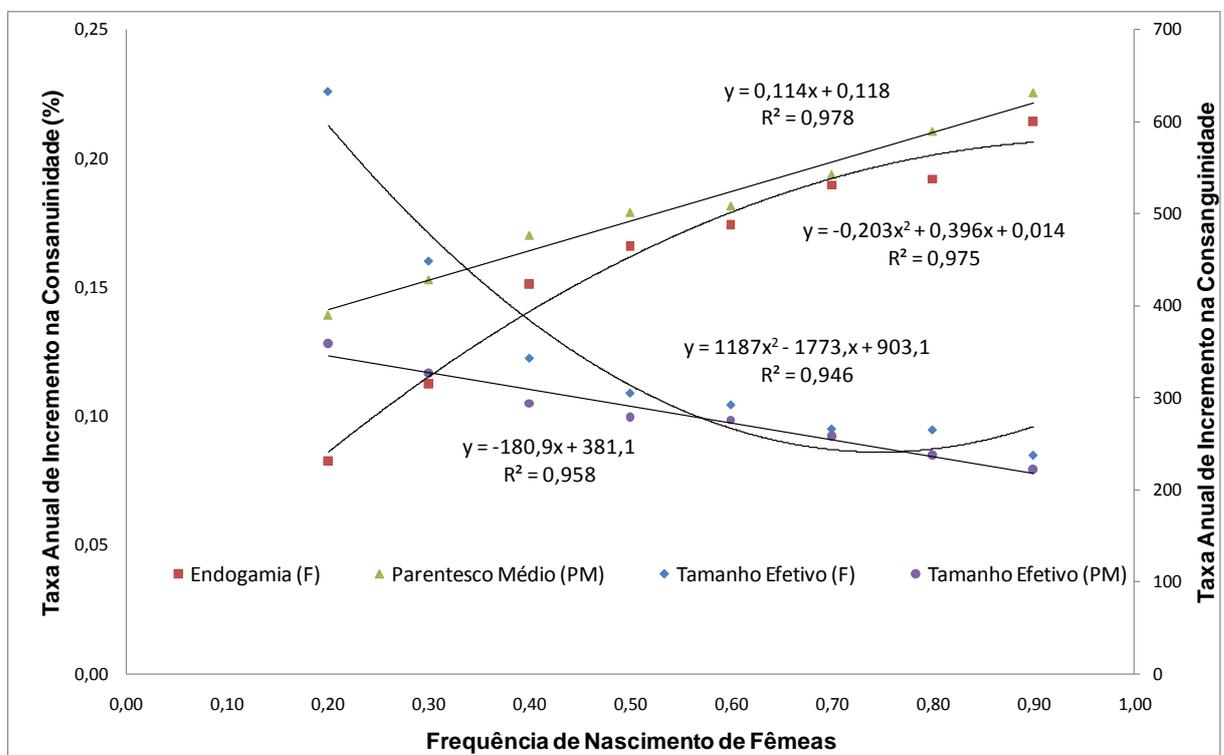
**Figura 6.** Parentesco médio entre os touros, entre as vacas, entre touros e vacas e entre os produtos nascidos e coeficiente de consanguinidade dos produtos nascidos no último ano do programa de seleção em função do percentual de nascimento de fêmeas

Observou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) do percentual do nascimento de fêmeas sobre todos estes indicadores, sendo estabelecido um modelo quadrático para todos indicadores exceto para o parentesco entre os pais, para o qual o modelo linear foi satisfatório. Entretanto, dado o alto coeficiente de determinação do modelo linear para todos os indicadores optou-se por apresentar a equação de regressão do modelo linear na Figura 6. Com base nestas equações, podemos ver que o impacto do percentual de nascimento de fêmeas sobre o parentesco médio entre os touros é nitidamente menor, o que comprova a eficiência do procedimento de seleção de touros em que nenhum ancestral poderia ter contribuição superior a 10% sobre os touros selecionados. Pode-se ver também, pela inclinação das retas, que o maior impacto foi causado no parentesco entre as matrizes, em função da alta taxa de renovação do plantel com as novilhas produzidas em maior quantidade. O menor impacto foi observado na consanguinidade dos produtos, que naturalmente possui valor igual à metade do parentesco entre touros e vacas, mas também apresentou inclinação inferior à esperada ( $0,0265$  vs  $0,0695/2 = 0,03475$ ). Isto novamente comprova a eficácia do procedimento de acasalamento adotado, que reduziu o incremento da consanguinidade com o aumento na proporção de nascimento de fêmeas.

Na Figura 7, são apresentados os resultados da taxa anual de incremento de consanguinidade e o tamanho efetivo correspondente. Foi detectado efeito significativo da frequência de nascimento de fêmeas sobre a taxa anual de incremento da consanguinidade, tanto aquela avaliada diretamente pelo incremento da consanguinidade nos últimos quinze anos, quanto àquela avaliada pela metade do incremento no coeficiente de parentesco médio dos produtos nos últimos 15 anos. Pela decomposição polinomial do efeito da proporção de nascimento de

fêmeas, foi observado o efeito cúbico sobre a taxa avaliada diretamente pela consanguinidade, optando-se por apresentar o modelo quadrático dado o elevado coeficiente de determinação, enquanto que para a taxa de incremento de consanguinidade avaliada pelo parentesco médio dos produtos foi encontrado apenas efeito linear significativo.

As duas formas de avaliação da taxa de incremento da consanguinidade (diretamente pelo incremento da consanguinidade dos produtos ou indiretamente pelo incremento no parentesco médio dos produtos) apresentaram resultados semelhantes para proporções elevadas de nascimento de fêmeas, mas diferiram quando o percentual de nascimento de fêmeas é baixo. Nestes casos, a taxa de incremento da consanguinidade avaliada diretamente parece ter sido subestimada, em função de não se ter adotado o acasalamento ao acaso.



**Figura 7.** Taxa anual de incremento na consangüinidade observada nos últimos 15 anos do programa de seleção e tamanhos efetivos correspondentes, em função da frequência de nascimento de fêmeas.

Quanto à resposta ao aumento da frequência de nascimento de fêmeas, a taxa anual de incremento de consanguinidade variou linearmente de 0,14 a 0,22%, para 20 a 90% de nascimento de fêmeas, respectivamente. Já o tamanho efetivo reduziu de 345 até 218 para 20 a 90% de incremento no nascimento de fêmeas. Pode-se observar que o rebanho de matrizes funciona como um reservatório de variabilidade e que os cenários que adotam a alta frequência de nascimento de fêmeas e, conseqüentemente, rápida renovação do rebanho de matrizes apresentam redução da variabilidade documentada pela maior taxa de incremento da consanguinidade e menores tamanhos efetivos. Entretanto, dado o controle da contribuição dos ancestrais nos touros selecionados, os níveis de incremento da consanguinidade foram baixos para todos os cenários.

#### 4. Conclusão

O uso do sêmen sexado para modificar a proporção de nascimento de fêmeas com objetivo de aumentar a taxa anual de ganho tem impacto muito pequeno (apenas 2,54% de incremento no ganho com 64,1% de nascimento de fêmeas). O emprego de baixas frequências de nascimento de fêmeas (20%) com objetivo de aumentar a produção de touros comerciais pode resultar em quedas mais expressivas na taxa anual de ganho (22,27%).

O aumento na proporção de nascimento de fêmeas e consequente aumento na disponibilidade de novilhas para a reposição, quando a seleção é feita pelo valor genético predito, levou a uma renovação rápida do plantel de fêmeas, uma forte redução do intervalo de gerações para as fêmeas e da defasagem do valor genético do rebanho de matrizes em relação ao dos touros acasalados. Ocasionalmente, concomitantemente, incremento da consanguinidade do rebanho e redução do tamanho efetivo, apesar dos procedimentos de controle adotados na seleção dos touros e no acasalamento.

## REFERÊNCIA

- Abdel-Azim, G., Schnell, S. (2007) Genetic impacts of using female sorted sêmen *J. Dairy Sci.*, v.90, 1554-1563.
- Henderson, C. R. (1953) Estimation of Variance and Covariance Components, *Biometrics*, vol. 9, n°. 2. 226-252.
- Hohenboken, W. D. (1999) Applications of sexed semen in cattle production. *Theriogenology*, v.52, n.8, 1421-1433.
- Kinghorn, B. P., Shepherd, R. K., Woolliams, J. A. (1999) An index of estimated breeding value, parental coancestry and progeny inbreeding to help maximize genetic gains. In: Association for the advancement of animal breeding and genetics conference, 13.,1999 Mandurah. *Proceedings...* Mandurah: AAABG, 412 – 415.
- Neves, H. H. R, Carneiro, R., Fries, L. A. Queiroz, S. A. (2009) Uso combinado de sêmen sexado e acasalamento dirigido sobre uma população de bovinos de corte submetida a seleção: estudo de simulação. Viçosa,R. *Bras. Zootec.*, v.38, n.12, 2368-2374.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS versão 9.4. Statistical analysis software. SAS/STAT software, 2008.
- The Mathworks (2002) Matlab: the language of technical computing. Release 13 (Matlab 6.5 product family. Natick, conjunto de programas. 3 CD-ROM).
- Torres Júnior, R. A. A., Silva, L. O. C., Menezes, G. R. O., Nobre, P. R. C. (2013) Melhoramento Animal na era das DEP's In: Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa . Brasília (Brasil), EMBRAPA, 149-166.
- Van Vleck , L. D., Everett, R. W.(1976) Genetic value of sexed semen to produce dairy heifers. New York, *J. Dairy Sci.*,v.59, n.10, 1802 – 1807.
- Vieira, A., Lobato, J. F. P., Corrêa, E.S., Torres Júnior, R. A. A; Costa, F. P; Cezar, I. M. (2005) Desempenho Produtivo nas Fases de Cria e Recria em um Sistema de Produção de Gado de Corte no Brasil Central.Série de documentos 18, Campo Grande-MS *Infoteca Embrapa*,41p.

Villanueva, B., Woolliams, J. A., Simm, G. (1995) Strategies for controlling rates of inbreeding in moet nucleus schemes for beef cattle. *Genet. Sel. Evol.*, v.27, n.4, 347 – 363.

## **Estratificação das matrizes pelo valor genético para uso do sêmen sexado em programas de melhoramento de bovinos de corte**

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto no ganho genético e na estrutura do rebanho de seleção com o uso de sêmen sexado de macho nas matrizes do estrato superior para acelerar o ganho genético e no estrato inferior das matrizes para produção de touros comerciais. Para avaliar o uso de sêmen sexado de macho nas matrizes do estrato superior, foram avaliados seis níveis em que o sêmen sexado de macho foi utilizado numa fração de 0, 5, 10, 15, 20 e 25% das matrizes com os maiores valores genéticos preditos e sêmen sexado de fêmeas nas demais (100, 95, 90, 85, 80 e 75%). Estas seis situações foram simuladas considerando uma taxa de 75% ou 90% de acerto do sexo desejado. Para a taxa de acerto de sexo de 90% também foram simulados mais dois cenários em que apenas a fração do estrato superior foi inseminada de machos, sendo as demais matrizes submetidas à monta com nascimento esperado de 50% de cada sexo, com ou sem a estratégia de controle de parentesco na seleção dos touros. Para avaliar o uso de sêmen sexado nas matrizes do estrato inferior foram avaliados seis níveis 0, 10, 20 30 e 40 e 50%, todos combinados com um percentual de 15% de matrizes do estrato superior inseminadas de macho. Estes níveis foram avaliados em três cenários com 75% e 90% de acerto de sexo, sendo que para o cenário com 90% de acerto de sexo e foi considerado a situação com sêmen convencional nas matrizes do estrato médio. Em todas as simulações, um rebanho de 1240 matrizes e 20 touros foi conduzido por 25 anos de seleção, sendo geradas 10 repetições de cada. Uma análise de variância foi realizada considerando o delineamento inteiramente casualizado com as medidas de ganho e estrutura populacional, seguida de

decomposição polinomial do efeito de tratamento com contrastes ortogonais. O uso de um percentual de 15% das melhores matrizes com sêmen sexado de macho para produção dos touros de reposição permite acelerar o ganho genético, quando combinado ao uso de sêmen sexado nas matrizes do estrato médio para superar a defasagem genética do rebanho de matrizes. O uso das piores matrizes com sêmen sexado de macho permite aumentar a produção de touros comerciais sem comprometer a taxa de ganho e ajudando a controlar a taxa de substituição do rebanho e o aumento de consanguinidade.

**Palavras-chave:** Consanguinidade, mães de touros, seleção, touros comerciais.

***Splitting the cow herd based on breeding values for using sexed semen in beef cattle breeding programs***

ABSTRACT: This work aimed at evaluating the impact on genetic gain, population structure and inbreeding build up in a beef cattle selection herd with the use of male chromosome enriched semen in a variable proportion of the best dams to increase genetic gain and of the worst dams to produce commercial bulls. To evaluate the use of male sexed semen on the best herd dams, six levels were simulated with a fraction of 0, 5, 10, 15, 20 and 25% of the cows with the highest genetic values bred to produce males and all other cows bred to produce females. These levels were simulated considering a chance of getting the desired sex of 75 and 90%. For the 90% rate of success, two other scenarios were simulated considering that only the superior cows were mated with sexed semen while the others were mated with conventional semen, either with or without applying the parentage control procedure on the selection of the bulls. To evaluate the use of inferior cows to produce commercial bulls, six levels were simulated with a fraction of 0, 10, 20, 30, 40 and 50% of the cows with the lowest breeding values were mated to produce males, all combined with a 15% of the superior cows mated with male chromosome enriched semen. These levels were evaluated in three scenarios with 75 and 90% of achieving the target sex. For the 90% scenario another situation with intermediate cows mated to conventional semen. In all simulations a herd with 1240 cows and 20 bulls was conducted for 25 years of selection. A complete randomized design analysis of variance was run with the measures of gain and population structure of the simulation samples, followed by a polynomial decomposition of the treatment effect with orthogonal contrasts. The use of the best 15% of the cows with male

chromosome enriched semen to produce candidates for replacement bulls enabled increasing genetic gain when combined with female chromosome enriched semen used in the cows of the intermediate breeding values to produce replacement heifers and overcome the genetic difference of the cow herd from the mated bulls. The use of the lowest ranking cows with male chromosome enriched semen, allows increasing the production of commercial bulls without seriously compromising the rate of genetic gain while limiting the herd replacement rate and inbreeding build up.

**Key words:** Commercial bulls, dam of bulls, inbreeding, selection.

## 1. Introdução

A sexagem de sêmen, dentre as biotécnicas reprodutivas, é uma exceção, visto que não muda a quantidade de descendentes, apenas a proporção de cada sexo nestes (Hohenboken *et al.*, 1999; Hall & Glaze Júnior. 2014).

Esta diferença na quantidade de machos e fêmeas produzidos permitiria equilibrar a pressão de seleção nos dois sexos e atingir ganhos superiores. No entanto, todos os trabalhos encontram ganhos pequenos para o uso do sêmen sexado em programas de melhoramento (Hohenboken, 1999; Neves *et al.*, 2009). Em função disso, é importante avaliar se existem estratégias de utilização desta tecnologia que permitam atingir ganhos maiores e justifiquem o seu uso em programas de melhoramento de bovinos de corte.

Uma dessas estratégias é a estratificação do rebanho de matrizes pelo valor genético o que, em gado de leite, resulta nas chamadas vacas mães de touros e vacas mães de vacas (Abdel-Azim *et al.*, 2007; Seidel Júnior., 2013). Assim, apenas um pequeno número de vacas de excelente avaliação é utilizado para produzir os touros jovens que vão para o teste de progênie (Hohenboken, 1999; Dominguez *et al.*, 2012). Como a quantidade de tourinhos testados é pequena e a contribuição individual de um touro na população é grande, vale a pena dedicar as melhores vacas para produzir apenas machos.

Em bovinos de corte essa realidade é um pouco diferente já que os animais manifestam seu fenótipo antes de entrar em reprodução. Neves *et al.*, (2009) simularam 100% de nascimento de machos nas 10% melhores matrizes e conseguiram obter 5% de acréscimo na taxa anual de ganho. Outro resultado relevante é o levantado por Torres Júnior. *et al.*, (2013) com dados simulados, onde

76% dos touros selecionados para ser usados no rebanho de seleção eram provenientes das matrizes do terço superior.

Outro aspecto do uso de sêmen sexado está ligado ao lado comercial e prático de um programa de melhoramento. Quando as matrizes são selecionadas apenas pelo valor genético, tem-se uma taxa de renovação do rebanho de matrizes acima daquela praticada nos rebanhos comerciais. Por outro lado, o excesso de matrizes disponível tem liquidez e preço mais baixos que os dos touros no mercado. Sendo assim, pode-se inseminar parte das matrizes com sêmen sexado de macho com o intuito de aumentar a produção de touros (Weigel, 2004; Neves *et al.*, 2009). Se as matrizes inseminadas para produzir touros forem dos estratos inferiores do rebanho de seleção, espera-se que o impacto no valor genético das novilhas de reposição seja minimizado, reduzindo a taxa de renovação do rebanho de matrizes sem comprometer o ganho genético.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto no ganho genético e na estrutura do rebanho de seleção com o uso de sêmen sexado de macho nas matrizes do estrato superior para acelerar o ganho genético e naquelas do estrato inferior para produção de touros comerciais.

## 2. Material e Métodos

Foi simulado um rebanho de bovinos de corte com 20 touros e 1.240 vacas que foi submetido a 25 anos de seleção pelo valor genético predito para o peso ao sobreano. A seleção dos touros foi feita controlando a contribuição de qualquer ancestral a 10% e o acasalamento foi realizado evitando acasalar animais aparentados. Os detalhes da estrutura de rebanho e dos procedimentos de simulação são apresentados no artigo 1.

O modelo adotado nas avaliações genéticas tem os efeitos fixos de grupo de contemporâneos e aleatórios aditivos direto e materno correlacionados e o efeito de ambiente permanente materno, além do resíduo.

Foram utilizados na simulação e nas avaliações genéticas anuais os parâmetros genéticos do peso ao sobreano para animais da Raça Nelore do Programa Embrapa de Melhoramento de Gado de Corte Geneplus, como: média fenotípica de 292,86, desvio padrão fenotípico de 31,12, herdabilidade de 0,25, herdabilidade materna de 0,02, fração da variância para o efeito de ambiente permanente materno de 0,03 e a correlação entre os efeitos aditivos direto e materno de -0,08.

Para avaliar o uso de sêmen sexado nas matrizes do estrato superior do rebanho, foram avaliadas seis situações em que o sêmen sexado de macho foi utilizado numa fração de 0, 5, 10, 15, 20 e 25% das matrizes com os maiores valores genéticos preditos e sêmen sexado de fêmea nas demais (100, 95, 90, 85, 80 e 75%). Estas seis situações foram simuladas considerando uma taxa de 75% ou 90% de acerto do sexo desejado. A taxa de 90% de acerto do sexo desejado corresponde ao desvio obtido com o sêmen comercialmente disponível. A taxa de 75% de acerto corresponde à combinação de inseminação com 50% de prenhez e 90% do sexo

desejado mais repasse com o mesmo touro (mais 30% de prenhez). Para a taxa de acerto de sexo de 90% também foram simulados os cenários em que apenas a fração do estrato superior foi inseminada de macho, sendo as demais matrizes submetidas à monta com nascimento esperado de 50% de cada sexo. Este último cenário também foi avaliado sem o uso da rotina de restrição de contribuição dos ancestrais na seleção dos touros para avaliar o impacto do procedimento adotado.

Cada situação foi repetida 10 vezes, sendo calculados diversos indicadores do ganho genético e da estrutura da população, são eles:

- a taxa anual de ganho, avaliada por meio do coeficiente de regressão do valor genético médio anual nos últimos quinze anos de seleção;
- a defasagem genética das matrizes, ou seja, a diferença de valor genético médio das matrizes e dos touros nos últimos 15 anos na unidade original (kg);
- a defasagem genética dividida pela taxa anual de ganho do esquema de seleção para ser expressa em anos;
- o intervalo médio de gerações para touros, vacas e conjunto, calculado por meio da idade média dos pais ao nascimento dos produtos dos últimos quinze anos;
- o percentual de tourinhos de primeira safra e de primíparas sobre entre os pais dos animais nascidos nas últimas quinze safras;
- o parentesco médio entre os touros, entre as matrizes, dos touros com as matrizes e entre os produtos do rebanho na última safra (ano 40);
- o coeficiente médio de consanguinidade dos produtos da última safra;
- a taxa anual de acréscimo da consanguinidade, e o respectivo tamanho efetivo, avaliada pela incrementono coeficiente médio de consanguinidade e no parentesco médio dos produtos nascidos nos últimos quinze anos.

Com os resultados obtidos dessas variáveis, foi realizada uma análise estatística conforme um delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos e 10 repetições, seguida da decomposição polinomial do efeito de tratamento por meio de contrastes ortogonais. Definido o modelo mais apropriado, foi traçada uma curva para cada variável resposta em função da proporção de matrizes do estrato superior dedicada a produção de machos para determinar o ponto ótimo em que a ênfase na produção de machos nas melhores matrizes não começa a comprometer o ganho genético pela redução do ganho na seleção das fêmeas, e descrever as mudanças provocadas na estrutura da população.

A partir da fração ideal de matrizes (M%) dedicadas à produção dos touros de reposição, definida na etapa anterior, foram testadas seis alternativas onde M% das matrizes superiores foram inseminadas com sêmen sexado de macho mais 0, 10, 20, 30, 40 e 50% das matrizes com valor genético inferior foram inseminadas com sêmen sexado de macho, enquanto as demais matrizes foram inseminadas com sêmen sexado de fêmea. Foram avaliadas as situações com 75% e 90% de acerto do sexo desejado. Para a situação com 90% de acerto do sexo desejado também foi simulada a situação em que apenas as matrizes do estrato superior e inferior foram inseminadas com sêmen sexado de macho, sendo as matrizes do estrato intermediário submetidas à monta com expectativa de 50% de nascimento de cada sexo.

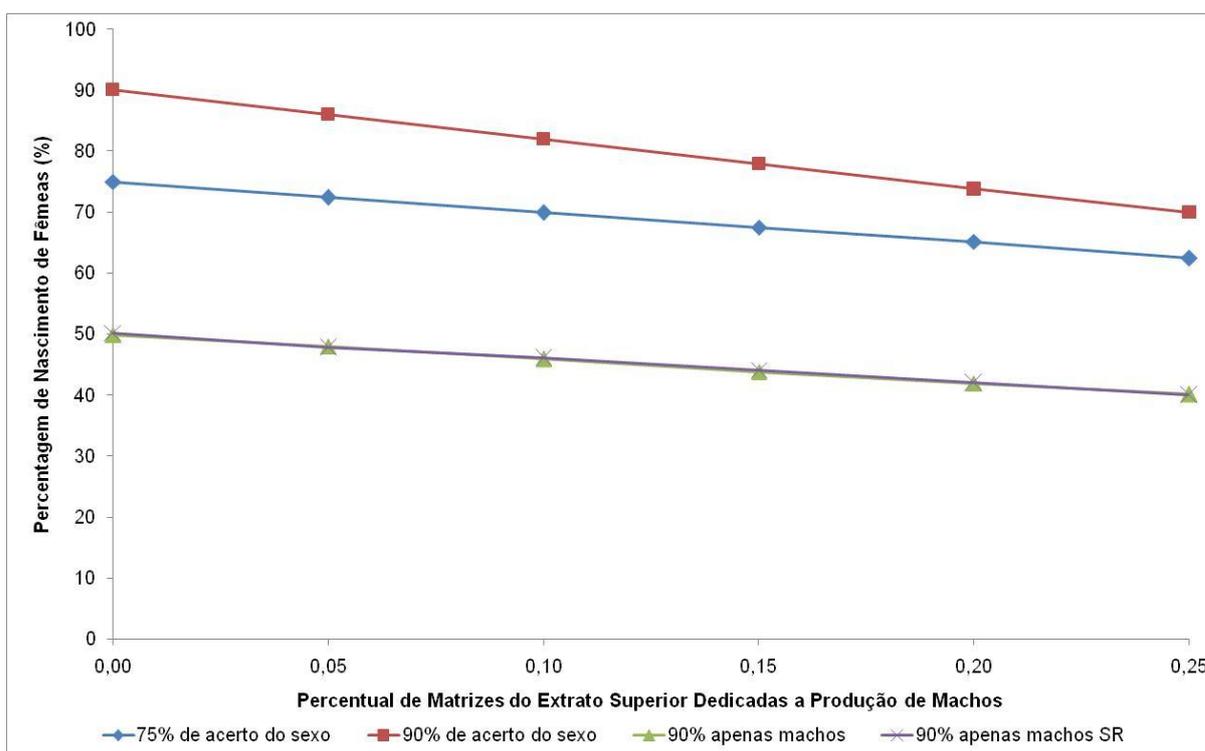
Foi realizada uma análise de variância conforme um delineamento inteiramente casualizado seguida de desdobramento polinomial do efeito de percentual de fêmeas do estrato inferior dedicadas a produção de machos por meio de contrastes ortogonais. Definida a curva de resposta para cada variável resposta avaliada em função da proporção das matrizes do estrato inferior dedicadas a

produção de machos, foi identificado o ponto onde o uso das fêmeas do fundo na produção de touros comerciais começa a comprometer de forma mais expressiva o ganho genético pela redução na intensidade de seleção das fêmeas.

As rotinas utilizadas na simulação foram desenvolvidas e processadas no programa MATLAB (*The Mathworks*, 2002) e para as análises estatísticas utilizou-se o PROC GLM do software SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.4, 2008).

### 3. Resultados e Discussão

Na Figura 1, são apresentados os resultados do percentual de nascimento de fêmeas nos animais produzidos quando o percentual de matrizes do estrato superior inseminadas de macho variou de 0 a 30%, para os quatro esquemas de uso do sêmen sexado. Pode-se ver que o percentual de nascimento de fêmeas se comportou de forma linear para todos os cenários, mas que os percentuais simulados são muito diferentes entre os cenários, variando de 75 a 62,5% para 75% de acerto do sexo, 90 a 70% para 90% de acerto de sexo e de 50 a 40% para 90% de acerto de sexo restrito apenas às matrizes superiores (sexado de macho) com e sem restrição na seleção de touros, sendo que os resultados dos dois últimos cenários estão praticamente sobrepostos.

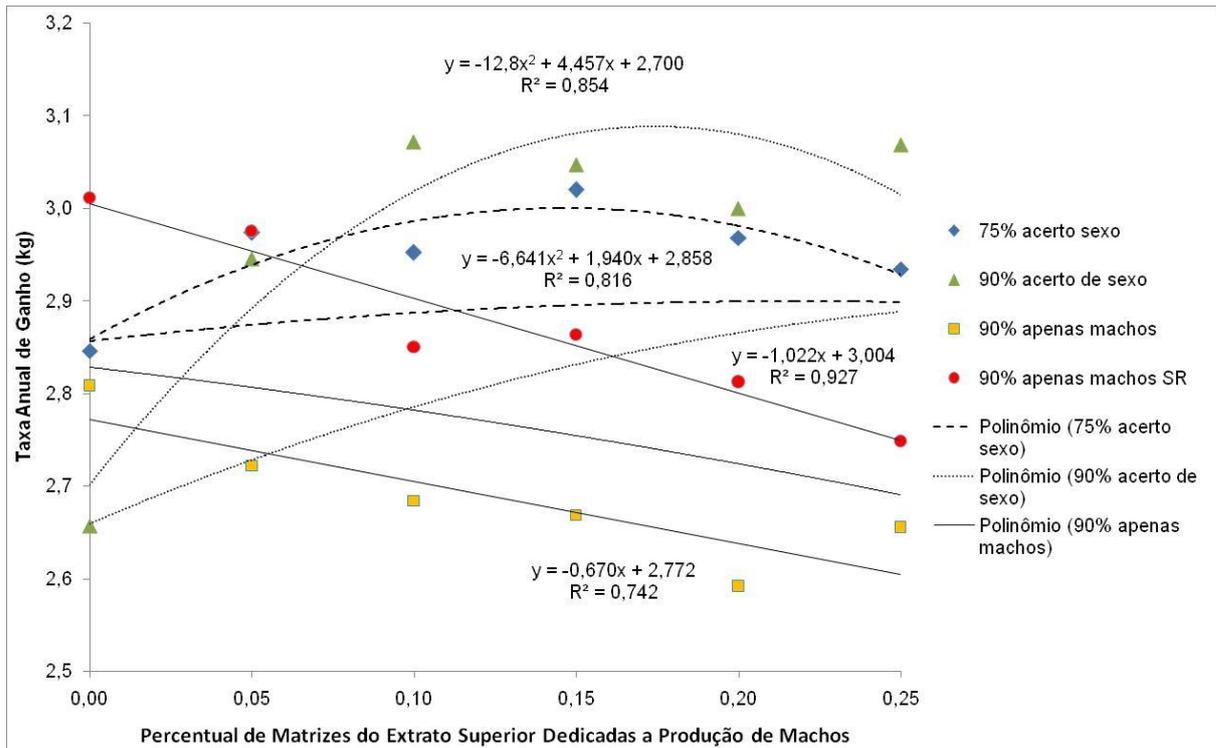


**Figura 1.** Percentual de nascimento de fêmeas, durante os últimos 15 anos da simulação, em função do percentual de vacas do estrato superior (VS) inseminadas com sêmen sexado (SS) de macho, para os quatro cenários simulados com uso das vacas superiores para produção de touros.

Na Figura 2, pode-se ver a mudança da taxa anual de ganho para a variável simulada (peso ao sobreano) nos últimos 15 anos do programa de seleção, em função do percentual de matrizes do estrato superior inseminadas com sêmen sexado de macho para a produção dos tourinhos de reposição, para os quatro cenários simulados. Também é apresentada, a curva dos valores estimados da taxa anual de ganho sem estratificação do rebanho para cada cenário. Para tanto, foi calculado o percentual de nascimento de fêmeas correspondente (resultado da Figura 1) e aplicado na equação do artigo 1.

Apesar do efeito do percentual de matrizes do estrato superior inseminadas de macho sobre a taxa anual de ganho não ter sido significativo para o cenário com 75% de acerto do sexo, foi encontrada uma evidência do efeito quadrático ( $P = 0,0883$ ). Esta evidência foi confirmada no cenário com 90% de acerto de sexo onde

foi encontrado efeito significativo até o nível cúbico, mas como o efeito cúbico apresentou valor de P próximo do limite de significância ( $P = 0,0454$ ) e o coeficiente de determinação do modelo quadrático foi elevado ( $R^2=85,4\%$ ), optou-se por adotar o modelo quadrático para os dois cenários (75 e 90% de acerto de sexo).



**Figura 2.** Taxa anual de ganho nos últimos 15 anos do programa de seleção em função do percentual de matrizes do estrato superior dedicadas a produção de machos juntamente com a curva da taxa de ganho esperada em função do percentual de nascimento de fêmeas correspondente (artigo1), para os quatro diferentes cenários.

Ao analisar os gráficos para os cenários com 75 e 90% de acerto de sexo, observa-se que a curva para 90% de acerto de sexo inicia em um ponto mais baixo, já que o percentual de fêmeas produzidas neste momento (90%) está mais distante do ponto ótimo encontrado no artigo 1 (64,12%) do que o percentual de fêmeas produzidas (75%) para o cenário com 75% de acerto de sexo. Outro ponto importante, é que com 90% de acerto de sexo atingem-se taxas de ganho mais altas que com 75% de acerto de sexo, indicando a vantagem de se ter técnicas com alta taxa de acerto do sexo.

Derivando as curvas quadráticas para os dois modelos para encontrar o ponto de máximo, obtêm-se os percentuais de matrizes do estrato superior de 14,61 e 17,41% para os cenários com 75 e 90% de acerto de sexo, respectivamente. Isto reforça a idéia que o percentual de matrizes dedicadas à produção de touros de reposição deve ser pequeno e próximo a 15%, valor que foi utilizado na segunda parte deste trabalho. Este percentual é próximo ao percentual de fêmeas superiores inseminadas de macho no esquema de seleção adotado por Neves *et al.*, (2009) que também encontrou superioridade dessa estratégia de seleção, apesar de ter inseminado com sêmen sexado de fêmea apenas 40% das matrizes no estrato de valor genético seguinte, deixando as 50% das matrizes inferiores sem uso de sêmen sexado.

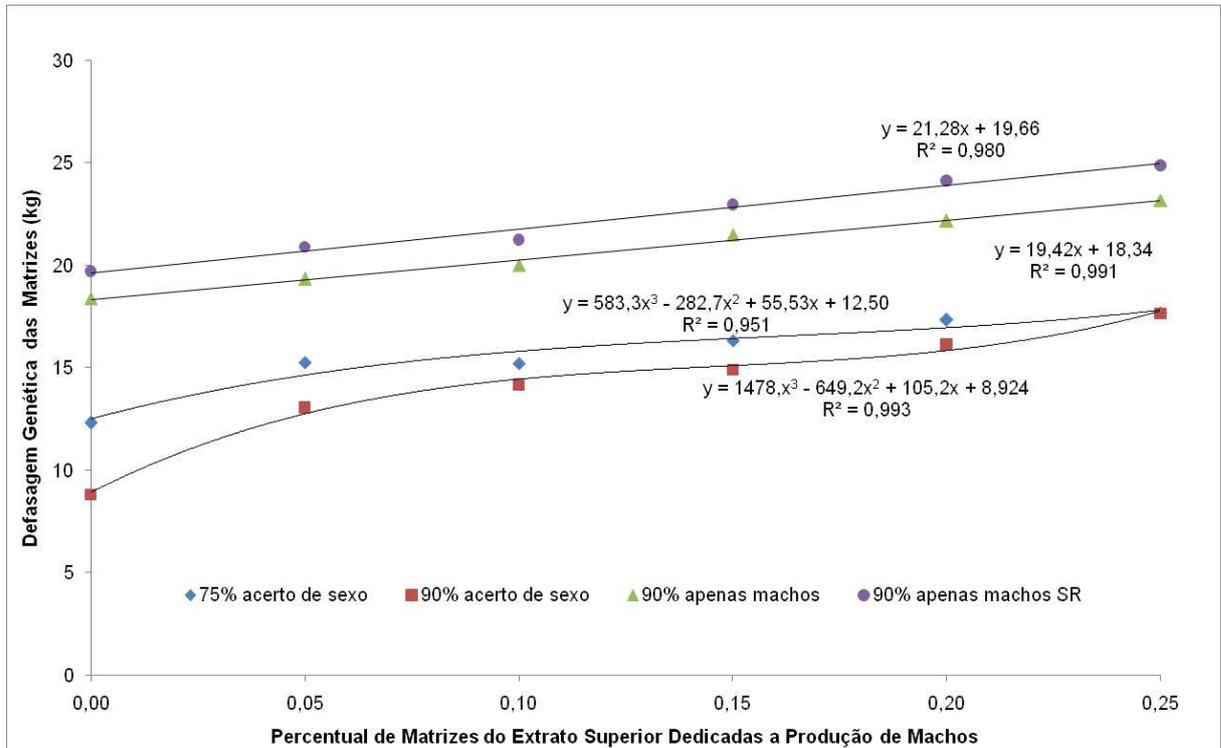
Outro resultado que se observa na Figura 2 é a distância entre as curvas correspondentes ao uso de sêmen sexado no rebanho estratificado pelo valor genético e aquela com mesmo percentual de nascimento de fêmeas, mas aplicado indistintamente em todo rebanho, conforme predito pela equação do artigo 1. Esta diferença entre as curvas evidencia a superioridade dos esquemas com uso das melhores matrizes para produção de touros e das demais para produção de fêmeas de reposição.

Em termos absolutos, estes dois cenários proporcionaram, respectivamente, uma taxa anual de ganho máxima de 3,000 e 3,088 kg/ano, o que representa um acréscimo de 3,59 e 8,39% pelo uso de sêmen sexado de acordo com o valor genético da matriz e 6,05 e 9,17% em relação a não utilização de sêmen sexado, mostrando que a maior parte do ganho com uso do sêmen sexado foi devido ao seu uso direcionado pelo valor genético das matrizes.

Na Figura 2, também são apresentados os pontos simulados com as respectivas equações de regressão para os cenários com 90% de nascimento de machos aplicado apenas nas matrizes superiores (sem uso de sêmen sexado de fêmea nas demais matrizes), tanto com uso do procedimento de restrição de contribuição dos ancestrais na seleção dos touros (CR) quanto sem o uso deste procedimento (SR). Este último cenário foi definido para auxiliar no entendimento dos resultados do cenário CR. Diferentemente do que foi observado para os dois primeiros cenários, foi encontrado apenas efeito linear significativo ( $P < 0,05$ ) do percentual de matrizes do estrato superior sobre a taxa anual de ganho, com uma tendência de queda da taxa de ganho em função do aumento do uso de matrizes superiores para a produção de machos. Isto difere também do que foi encontrado por Neves *et al.*, (2009) que obteve 5,16% de acréscimo no ganho, com uso de sêmen sexado de macho nas 10% melhores matrizes e de fêmea em 40% das matrizes do estrato seguinte. Este resultado, talvez seja devido ao fato de que neste caso, o percentual de nascimento de fêmeas já esteja abaixo do ponto ideal estabelecido no artigo 1 (64,12%) e esteja se distanciando cada vez mais, comprometendo a disponibilidade de novilhas para proporcionar a renovação necessária do rebanho de matrizes.

Quando foi eliminada a restrição na seleção de touros, para verificar se esta poderia ser a causa deste comportamento decrescente da taxa anual de ganho, verificou-se que, de fato, a restrição causa uma redução na taxa anual de ganho que varia de 5,23 a 7,72%, mas não mudou a tendência de queda observada na taxa anual de ganho, apenas reduziu a inclinação, visto que a maior disponibilidade de touros permitiu maiores possibilidades de escolha de animais, como visto na Figura 2.

Na Figura 3, é apresentada a defasagem genética do rebanho de matrizes em relação aos dos touros em função do percentual de matrizes do estrato superior dedicadas a produção de machos, para os quatro cenários.



**Figura 3.** Defasagem do valor genético do rebanho de matrizes em relação ao dos touros nos últimos 15 anos do programa de seleção em função do percentual de matrizes do estrato superior referente à produção de machos para os quatro diferentes cenários.

Para a defasagem do valor genético das matrizes em relação aos dos touros, pode-se ver que o aumento na produção de machos apresentou efeito cúbico significativo ( $P < 0,05$ ) para os cenários com 75 e 90% de acerto de sexo. Nota-se, que o modelo cúbico tenta modelar uma curva em que um rápido aumento inicial é seguido por um período de estabilidade e posterior crescimento da defasagem à medida que maiores quantidades das matrizes melhor avaliadas são dedicadas à produção de machos. Pode-se dizer que, quando os primeiros 5% das matrizes superiores foi utilizado na produção de machos, a redução na disponibilidade de fêmeas foi compensada pelo aumento no mérito genético dos touros produzidos

seu impacto no mérito das novilhas disponíveis. Quando percentuais adicionais de fêmeas foram usadas para produzir machos, o aumento do mérito das novilhas disponíveis foi superado pela perda devida à menor disponibilidade de novilhas. Nos níveis finais de adição de matrizes à produção de machos, a redução na disponibilidade de novilhas passa a ser o fator mais importante e a defasagem genética passa a crescer mais rápido.

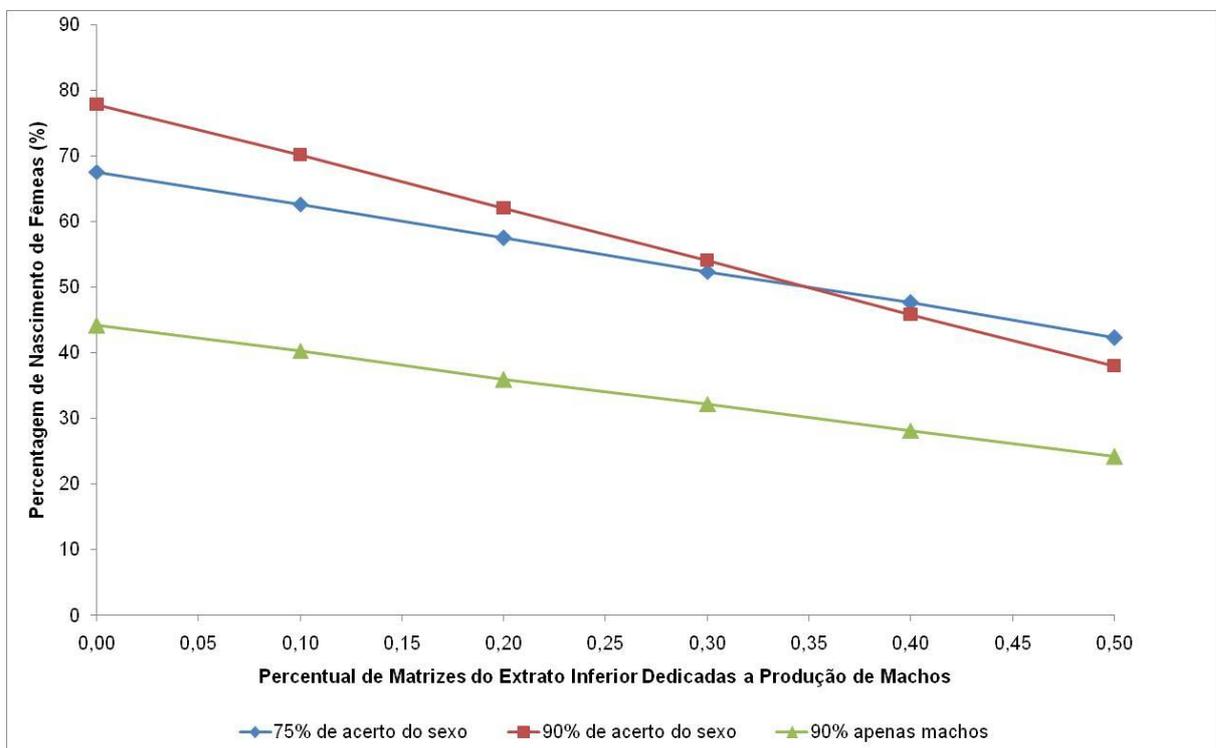
Outro ponto que pode ser observado na Figura 3, é que para os cenários apenas com uso de sêmen sexado de macho no estrato superior (90% de acerto), seja com ou sem restrição na escolha dos touros, foi observado apenas efeito linear do percentual de matrizes do estrato superior referente a produção de machos sobre a defasagem genética do rebanho de matrizes. Nestes casos, a disponibilidade de novilhas já era menor, em função do nascimento de fêmeas de 50%, e a defasagem genética já era elevada, fazendo com que o aumento na produção de machos apenas intensificasse a defasagem genética existente. Esse resultado ajuda a explicar a redução da taxa de ganho com a produção de machos das matrizes superiores, pois a defasagem genética é tão elevada que a chance de aproveitamento para touro desses machos é pequena e desvantajosa quando comparada a necessidade de uma filha dessas matrizes para a renovação do plantel.

Com respeito aos indicadores de parentesco e consangüinidade do rebanho de seleção, foi observado efeito linear significativo para apenas alguns indicadores, mas a tendência geral é a de que com o aumento da percentagem de fêmeas dedicadas a produção de machos, reduz-se a disponibilidade de novilhas, a renovação do rebanho de fêmeas e o parentesco entre os animais. Entretanto, quando consideramos os valores médios observados para os diferentes cenários,

nota-se que não houve grande diferença entre os cenários com 75 e 90% de acerto de sexo, obtendo 15,75 e 16,12% de parentesco entre os touros, 9,29 e 9,84% de parentesco entre as vacas, 9,79 e 10,41% de parentesco dos touros com as vacas, 11,22 e 11,76 de parentesco entre os produtos, 3,08 e 3,26 de consangüinidade dos produtos e 0,20% e 0,21% de taxa de acúmulo anual de consangüinidade. Por outro lado, quando se utilizou apenas sêmen sexado nas matrizes superiores, com e sem restrição na seleção de touros, observou-se 14,52 e 22,99% de parentesco entre os touros, 7,42 e 12,04% de parentesco entre as vacas, 7,99 e 13,15% de parentesco dos touros com as vacas, 9,55 e 15,42 de parentesco entre os produtos, 2,32 e 5,02 de consangüinidade dos produtos e 0,17% e 0,27% de taxa de acúmulo anual de consangüinidade. Estes valores indicam que o cenário sem uso de sêmen sexado de fêmea, onde apenas as melhores matrizes eram inseminadas de macho, apresentou valores em média 20% menores que os dois primeiros cenários (75 e 90% de acerto de sexo). Por outro lado, o cenário sem restrição na seleção de touros teve um incremento médio nos indicadores de parentesco e consanguinidade da ordem de 70% em relação ao cenário correspondente com controle (90% de acerto de sexo utilizando apenas sêmen sexado de machos nas matrizes superiores).

Considerando os intervalos médios de geração dos diferentes cenários, 4,29, 4,25, 4,66 e 4,56, obtêm-se os tamanhos efetivos médios por geração que são 58,21, 56,74, 62,73 e 40,65, respectivamente, para 75% de acerto do sexo, 90% de acerto do sexo, 90% de acerto do sexo apenas machos e 90% de acerto do sexo sem restrição na seleção de touros. Estes tamanhos efetivos são próximos do tamanho efetivo de 68 animais encontrado por Faria *et al.*, (2002) para a raça Nelore no período de 1994 a 1998, mostrando que apesar de a simulação envolver

apenas um rebanho de 1240 matrizes e 20 touros, as estratégias de condução do rebanho resultaram num efetivo populacional similar ao da principal raça de corte no Brasil. Além disso, a estratégia de controle de contribuição dos ancestrais na seleção dos touros foi efetiva visto que permitiu um incremento no tamanho efetivo do rebanho de seleção de 54,3%, com um decréscimo ao redor de 6% da taxa anual de ganho.



**Figura 4.** Percentual de nascimento de fêmeas, durante os últimos 15 anos da simulação, em função do percentual de vacas do estrato inferior inseminadas com sêmen sexado de macho, para os três cenários com foco na produção de touros comerciais simulados.

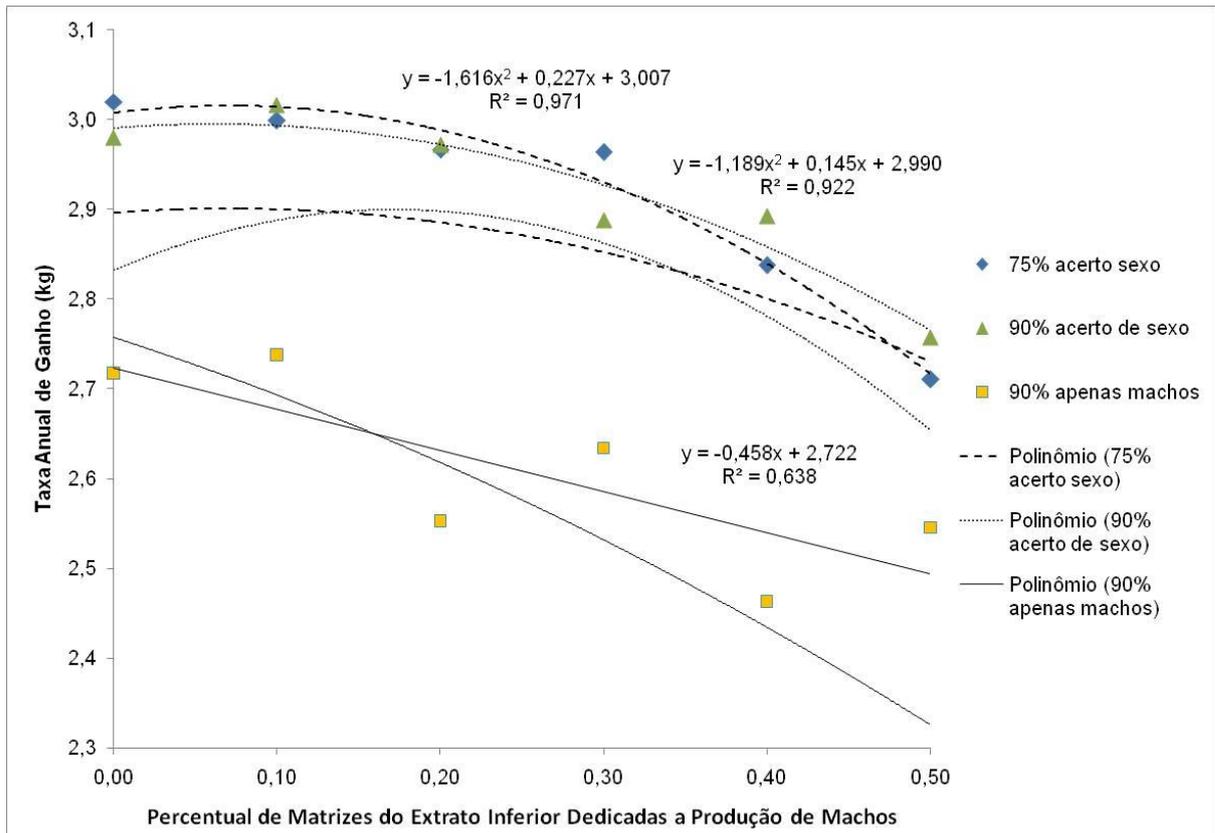
Em função do resultado ótimo encontrado para a taxa anual de ganho, optou-se por fixar o percentual de vacas do estrato superior inseminadas para produzir machos em 15% e avaliar o impacto dos diferentes percentuais de vacas do estrato inferior inseminadas para produzir machos, considerando 75% de acerto de sexo e as matrizes do estrato mediano inseminadas para produzir fêmeas, 90% de acerto de sexo e as vacas do meio inseminadas para produzir fêmeas e 90% de acerto do

sexo e as vacas do meio inseminadas com sêmen convencional. Na Figura 4 são apresentados os resultados do percentual de nascimento de fêmeas em função dos diferentes percentuais das matrizes do estrato inferior dedicadas a produção de machos para os três cenários simulados. Nota-se uma redução linear no percentual de nascimento de fêmeas que variou 67,5 a 42,5% para 75 de acerto de sexo, de 78 a 38% para 90% de acerto de sexo e de 44 a 24% para 90% de acerto de sexo apenas sexado de macho.

Na Figura 5, são apresentados os resultados para a taxa anual de ganho em função do percentual de vacas do estrato inferior dedicadas a produção de touros comerciais. Para os dois primeiros cenários foi identificado efeito quadrático significativo ( $P < 0,05$ ), já para o cenário onde não se utilizou sêmen sexado nas matrizes do estrato médio, foi encontrado apenas efeito linear significativo ( $P < 0,05$ ). Para os dois primeiros cenários, como esperado, os machos produzidos das matrizes do fundo pouco contribuíram para a melhoria do lote de touros escolhidos para uso no rebanho (Torres Júnior *et al.*, 2013), causando apenas redução na taxa anual de ganho por reduzir o número de novilhas disponíveis para a renovação do rebanho de matrizes. Entretanto, esta redução só se acentua quando o percentual de vacas do estrato inferior inseminadas de macho fica superior a 30%, sendo assim, podemos dizer que dedicar as vacas do terço inferior à produção de tourinhos comerciais não compromete substancialmente a taxa anual de ganho.

Considerando o ganho estimado de 2,903 e 2,906 kg, quando 1/3 das matrizes do fundo são dedicadas a produção de machos, comparado ao ganho máximo de 3,000 e 3,088 kg, temos uma queda de 3,23% e 5,89% na taxa de ganho, para obter 16,7 e 26,7% de incremento na produção de machos para os cenários com 75 e 90% de acerto do sexo, respectivamente. Esta estratégia é

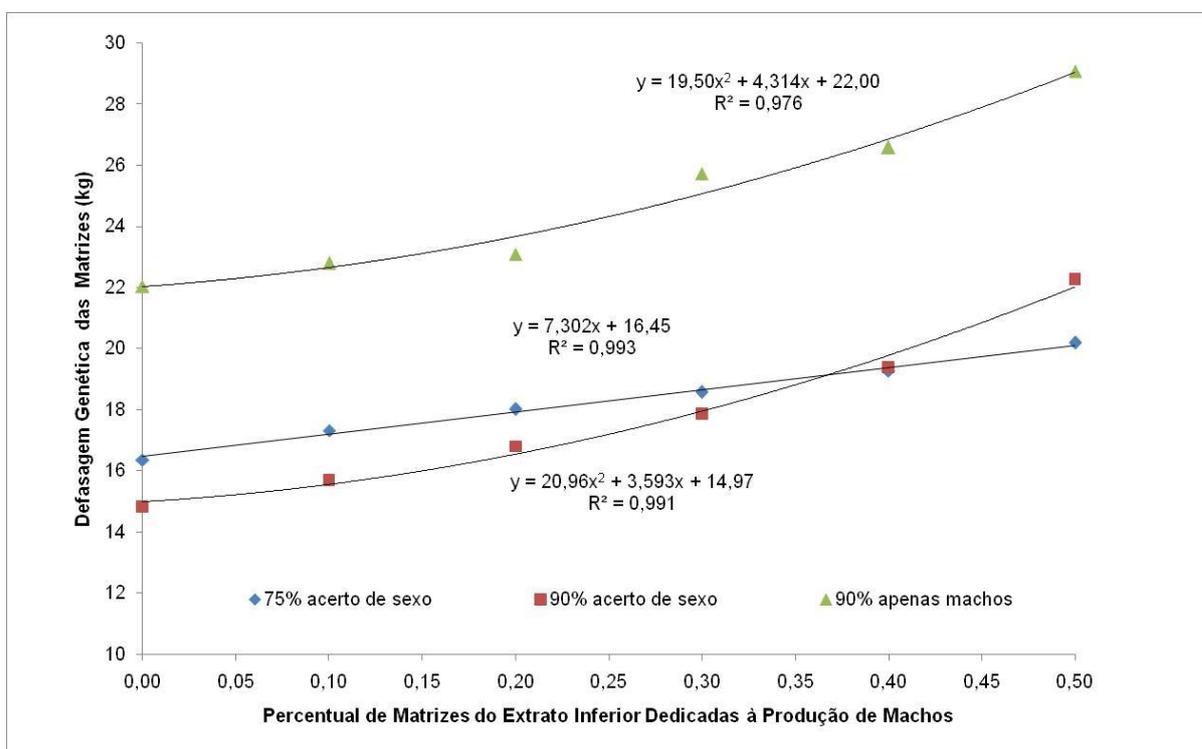
oposta à sugerida por Cardoso *et al.* (2007) onde fêmeas superiores seriam acasaladas com sêmen sexado de macho para produzir maior percentual de animais candidatos ao Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP). O que foi encontrado no presente trabalho é que o uso de sêmen sexado de macho em um percentual excessivo, tanto nas fêmeas superiores (acima de 15%) como as fêmeas do terço médio (quando se utiliza mais que 30% das piores fêmeas) compromete o ganho genético por comprometer a produção e disponibilidade de fêmeas para reposição.



**Figura 5.** Taxa anual de ganho nos últimos 15 anos do programa de seleção em função do percentual de matrizes do estrato inferior dedicadas a produção de machos juntamente com a curva da taxa de ganho esperada em função do percentual de nascimento de fêmeas correspondente (artigo1), para os três diferentes cenários.

Quando se observa o resultado para o cenário com 90% de acerto de sexo, mas onde as matrizes do meio são inseminadas com sêmen não sexado, a taxa de ganho decresceu linearmente em função do percentual de matrizes do estrato inferior destinadas a produção de machos, mostrando que qualquer decréscimo na produção de novilhas já causa um impacto expressivo na taxa anual de ganho, comprometendo a idéia de usar as matrizes do estrato inferior para produção de touros comerciais.

Na Figura 6 são apresentados os resultados para a defasagem do valor genético do rebanho de matrizes em relação ao dos touros, juntamente com os modelos de regressão estabelecidos pela análise de variância. Foi encontrado modelo quadrático significativo ( $P < 0,05$ ) para os dois cenários com 90% de acerto de sexo e apenas linear para o cenário com 75% de acerto de sexo. Em todos os casos, verifica-se uma tendência de aumento da defasagem genética com o aumento do percentual de vacas do estrato inferior direcionadas para a produção de machos, que para os cenários com 90% de acerto de sexo começou lenta e aumentou mais rapidamente.



**Figura 6.** Defasagem do valor genético médio das matrizes em relação aos dos touros nos últimos 15 anos do programa de seleção em função do percentual de matrizes do estrato inferior dedicadas à produção de machos, para os três diferentes cenários.

Outro aspecto visível nos resultados apresentados na Figura 6 é a elevada defasagem genética do cenário com 90% de acerto de sexo e sem uso de sêmen sexado de fêmea nas vacas do estrato médio. Este resultado respalda aqueles apresentados para este cenário na Figura 5, onde se vê que qualquer percentual de uso de matrizes do estrato inferior para produção de machos causa reduções importantes na taxa de ganho, já que a defasagem genética ressalta a importância do aumento da produção de novilhas para a reposição do plantel de matrizes.

Além disso, para os cenários com 75 e 90% de acerto de sexo, quando se utiliza as 15% melhores matrizes para produção de touros, as matrizes do terço inferior para produção de touros comerciais e as matrizes intermediárias para produção de fêmeas de reposição, observa-se um aumento de 14,8 e 23,6% da defasagem genética das matrizes, um aumento de 10,2% e 10,3% no intervalo de

geração de fêmeas e em uma redução de 15,9% e 18,9% no percentual de primíparas nas matrizes do rebanho, cuja participação no rebanho fica próxima a 36%.

Com respeito aos indicadores de parentesco e consangüinidade do rebanho de seleção, foi observada uma tendência de redução dos parâmetros com o aumento da percentagem de fêmeas do estrato inferior dedicadas a produção de machos. Os valores médios observados para os diferentes cenários foram 15,30, 15,44 e 14,34% de parentesco entre os touros, 8,29, 8,37 e 6,19% de parentesco entre as vacas, 8,88, 9,04 e 6,97% de parentesco dos touros com as vacas, 10,40, 10,63 e 8,68 de parentesco entre os produtos, 2,67, 2,72 e 1,90 de consangüinidade dos produtos e 0,19, 0,19 e 0,16% de taxa de acúmulo anual de consangüinidade, para os cenários com 75% de acerto de sexo, 90% de acerto de sexo e 90% de acerto de sexo apenas machos. Estes valores indicam que o cenário sem uso de sêmen sexado de fêmea, onde apenas as melhores matrizes e as matrizes do estrato inferior eram inseminadas de macho, apresentou valores em média 21% menores, para os diversos indicadores, que os dois primeiros cenários (75 e 90% de acerto de sexo), mostrando que a renovação do rebanho de matrizes ocasiona estreitamento da base genética e maior parentesco entre os animais.

Considerando os intervalos médios de geração dos diferentes cenários, 4,45, 4,41, e 5,10, obtêm-se os tamanhos efetivos médios por geração que são 59,80, 59,69 e 61,62, respectivamente, para 75% de acerto do sexo, 90% de acerto do sexo e 90% de acerto do sexo apenas machos. Estes tamanhos efetivos são um pouco maiores que os observados na avaliação do uso das matrizes do estrato superior pela redução adicional na produção e disponibilidade de novilhas e seu

impacto na redução da renovação do rebanho de matrizes e manutenção da variabilidade.

#### **4. Conclusão**

O uso das melhores matrizes com sêmen sexado de macho para produção dos machos de reposição permite acelerar o ganho genético, quando é utilizado em baixa porcentagem das matrizes (15%) e acompanhado do uso de sêmen sexado de fêmea nas demais matrizes para superar a defasagem genética do rebanho de matrizes em relação aos touros. O uso de sêmen sexado é mais efetivo, quando se permite utilizar todo potencial de desvio na proporção de nascimento do sexo desejado (90%).

O uso das matrizes do estrato inferior com sêmen sexado de macho permite aumentar a produção de touros comerciais sem comprometer a taxa de ganho, ajudando a controlar a taxa de substituição do rebanho e o aumento de consanguinidade

## REFERÊNCIAS

- Abdel-azim, G., Schnell, S. (2007) Genetic impacts of using female sorted sêmen in commercial and nucleus herds. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.1554-1563.
- Cardoso, V., Roso, V. M., Severo, J. L. P. (2003) Formando lotes uniformes de reprodutores múltiplos e usando-os em acasalamentos dirigidos, em populações Nelores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p.834-842.
- Dominguez, J. H. E., Costa D. S., Centurion, V. J. Brumatti, R. C. (2012) Análise marginal dos custos da utilização de sêmen sexado de macho para produção de touros Nelore. *Archivos de Zootecnia*, v. 61, n. 233, p.111-118.
- Faria, F. J. C., (2002) Estrutura genetic das Populações Zebuínas Brasileiras Registradas. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte,177f.
- Hall, J. B., Glaze Júnior, J. B. (2014) System application of sexed semn in beef cattle. *The Professional Animal Scientist*, v.30, p. 279-284.
- Hohenboken, W. D. (1999) Applications of sexed semen in cattle production. *Theriogenology*, v.52, n.8, p.1421-1433.
- Neves, H. H. R., Carvalheiro, R., Fries, L. A. Queiroz, S. A. (2009) Uso combinado de sêmen sexado e acasalamento dirigido sobre uma população de bovinos de corte submetida a seleção: estudo de simulação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.12, p.2368-2374.
- Statistical Analysis Sistem – SAS (2008) versão 9.4. Statistical analysis software. SAS/STAT software.
- Seidel Júnior, G. E. (2013) Application of sex-selected semen in heifer development and breeding programs. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*. v.29, p.619-625.
- The Mathworks (2002) Matlab: the language of technical computing. Realese 13 (Matlab 6.5 product family. Natick, conjunto de programas. 3 CD-ROM).
- Torres Júnior, R. A. A., Silva, L. O. C., Menezes, G. R. O., Nobre, P. R. C. (2013) Melhoramento Animal na era das DEP's In: Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília (Brasil), EMBRAPA, 149-166

Weigel, K. A. (2004) Exploring the role of sexed semen in dairy production systems. *Journal Dairy Science*, New York, v.87, p.120-130.