UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

Marcelo Rodrigues

**Impacto da utilização da somatotropina bovina
(bST) sobre a produção de leite e a avaliação
genética de bovinos da raça Holandesa**

Ribeirão Preto

2008

Marcelo Rodrigues

*Impacto da utilização da somatotropina
bovina (bST) sobre a produção de leite e a
avaliação genética de bovinos da raça
Holandesa*

Dissertação apresentada ao Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto como pré-requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas. Área de Concentração: Genética

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Cristina Paro de Paz

Ribeirão Preto

2008

Marcelo Rodrigues.

Impacto da utilização da Somatotropina bovina (bST) sobre a Produção de leite e a Avaliação Genética de bovinos da raça Holandesa/ Marcelo Rodrigues; Orientadora Profa Dra Claudia Cristina Paro de Paz. Ribeirão Preto, 2008.

59p. il.; 30cm

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Orientadora: Paz, Claudia Cristina Paro

Título em inglês: Impact of bovine somatotropin (bST) on the milk yield and genetic evaluation of Holstein cattle.

1 - Bovinos Leiteiros, 2 - Somatotropina bovina, 3- Avaliação genética, 4 - Correlação de Spearman, 5 – Produção de Leite

Folha de aprovação

Marcelo Rodrigues

Impacto da utilização da somatotropina bovina (bST) sobre a produção de leite e a avaliação genética de bovinos da raça Holandesa.

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre.

Área de Concentração: Genética

Aprovada em ____/____/____

Banca examinadora

Prof.Dr. _____

Instituição_____Assinatura_____

Prof.Dr. _____

Instituição_____Assinatura_____

Prof.Dr. _____

Instituição_____Assinatura_____

Dedicatória

Às amigas Bel Medeiros, Jú Meola, Jaq Oliveira, Marcela CS, Ana Paula F, minha irmã de coração Jacqueline Porto, e às minhas grandiosas e preciosas Amigas Ritinha Pessotti e Flavinha pela grandiosa amizade, por estarem sempre presentes, pela fidelidade, pelo carinho, pela preocupação e por todos os momentos que tive a sorte de compartilhar.

Aos meus pais, José Wagner Rodrigues e Maria Angélica Rodrigues, pelo exemplo de vida e personalidade, pela dedicação, por todos os momentos, oportunidades e esforços que jamais foram medidos e a mim oferecidos para que conseguisse alcançar meus sonhos. Somente minhas palavras não são suficientes para expressar e agradecer.

À minha irmã Karina Rodrigues pelos total e incondicional amor, dedicação, compreensão, carinho, amizade e presença que foram determinantes para realização de todos meus projetos de vida, inclusive o presente trabalho. Tão importante é sua presença em minha vida!!!!

Às minhas avós Neuza e Dorothy e Toda minha família !!

Ao meu querido, amado, estimado e saudoso avô Jaime Rodrigues, cuja dedicação, presença, carinho e Amor foram de fundamental importância para minha vida, minha formação, início e conclusão deste trabalho.

A Deus....

Dedico.

Agradecimientos

Agradeço

Agradeço Primeiramente a DEUS pela Vida e pela Oportunidade.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), *campus* de Bauru, Docentes e Funcionários, pela oportunidade, pelo Acolhimento, Amizade, Dedicação, Carinho e Ensino, os quais contribuíram e foram fundamentais para minha formação.

Ao Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP), pela oportunidade, acolhimento, espaço cedido, apoio e confiança em mim depositados, itens fundamentais para a realização do presente trabalho.

À Agropecuária Agrindus - S.A, pela concessão dos dados utilizados para realização do presente trabalho.

À minha estimada orientadora Prof^a. Dr^a Claudia Cristina Paro de Paz pela minha aceitação como estagiário e posteriormente como orientado, pela orientação, confiança, ensinamentos, paciência e incentivos a mim concedidos. O carinho por você é incondicional.

À Prof^a Dr^a Lenira El Faro, pelos ensinamentos, convivência, amizade, carinho e infindável paciência no decorrer desses anos e por sempre me receber com um sorriso em sua sala, mesmo durante os momentos mais difíceis. Seu lugar em meu coração é enorme.

À Prof^a Dr^a Vera Lucia Cardoso, pelos ensinamentos, convivência, amizade e carinho a mim dedicados. Obrigado pela força em todos os momentos bons e difíceis. Meu carinho por você é enorme.

Aos docentes Prof. Dr. Ademilson Espencer Égea Soares, Prof. Dr. Raysildo Barbosa Lôbo, Prof^a Dr^a Lucia Regina Marteli e Prof^a Dr^a Maria Armênia Ramalho de Freitas pela agradável convivência e amizade.

Aos membros da banca que me ajudaram nesta "reta final" agradeço a atenção.

À CAPES, pela bolsa concedida e pelo apoio financeiro.

A TODOS os demais professores do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, pelos ensinamentos e experiência transmitidos durante o mestrado.

A TODOS os demais pesquisadores e funcionários do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Leste, pelos ensinamentos, pela presença, pela convivência e pela amizade que foram construídos.

Aos técnicos, Luiz A. F. Bezerra, Sebastião Paulo Framartino Bezerra, Reginaldo Aparecido Vila, Silvio Avelino Santos e Marli Aparecida Vanni Galerani pelos ensinamentos, incentivo, convivência e amizade. Ótimos foram todos os momentos em sua presença.

Aos amigos do Bloco C do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto: Adriane Araújo de Oliveira, Adriana Renzi (Drous), Ana Carolina Laus, Andrea Martins da Silva, Cristiana Libardi Miranda, Daniel Blassioli Dentillo, Fernanda Prado Elias, Flávia Cappelo Donabela, Francielle Marques Araújo, Jaqueline C. de Oliveira, Jeferson Nomelini, Juliana Fabricia Cuzzi, Juliana Meola, Karine Coelho, Lisandra Cristina Caetano da Silva, Luciana Caricati Veiga Castelli, Maria Silvina Juchniuk de Vozzi, Paula Lumy, Pedro Alejandro Vozzi, Rita de Cássia Pessotti pela convivência e pelos maravilhosos momentos compartilhados.

A todos os amigos do Bloco A do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, em especial ao Tiagão, Weyder, Geusa, Camilas (loira e morena), Michelles (Manfrini e Prioli), Rogério, Anete, Vivi Favaretto, Érica, Gesline, Nínnive, Fernandex, Juliana, Aline Makert, Dri (Vandinha), Paulo (Milho), Karina, Vanessa, Tita, Ana Rita, Carlos, Sérgio, Rodrigo, Marcela Bezerra, Marina e Patrícia

(Véia), Vera, Adelino, Joãozinho, Luis e Jairo, pela ajuda prestada e carinho doado em todos os momentos, pela agradável convivência e amizade construídas.

Especialmente, a TODA minha família, principalmente aos meus pais e minha irmã, pela paciência e apoio irrestritos. O tempo pode até ser curto, mas o carinho é enorme.

Sumário

Sumário

Sumário.....	6
1 Resumo.....	1
2 Abstract.....	3
3. Introdução.....	5
3. Revisão Bibliográfica.....	8
3.1 Avaliação Genética.....	8
3.2 Produção de leite acumulada aos 305 dias de lactação (PL305).....	11
3.3 Glândula Mamária e Lactação.....	13
3.4 Uso do Hormônio Somatotrópico em Bovinos Leiteiros.....	16
3.4.1 Efeito da Somatotropina sobre a Glândula Mamária e outros Tecidos.....	18
3.4.2 Efeito da somatotropina sobre a Produção de Leite.....	20
3.4.2.1 Mecanismo de Ação da Somatotropina.....	23
3.4.2.2 Efeito da Somatotropina no Metabolismo de Carboidratos, Lipídios e Proteínas.....	24
3.5 Efeito da Somatotropina sobre a Avaliação Genética.....	27
4 Material e Métodos.....	28
4.1 Descrição dos dados.....	28
4.2 Edição dos dados.....	29
4.3 Análises estatísticas.....	30
5. Resultados e Discussão.....	33
5.1 A produção de Leite e o uso do bST.....	33
5.2 Parâmetros genéticos para a produção de leite e o uso do bST.....	39
6. Conclusões.....	44
7 Referências Bibliográficas.....	45

Resumo

1 Resumo

RODRIGUES, M. Impacto da utilização da somatotropina bovina (bST) sobre a produção de leite e a avaliação genética de bovinos da raça holandesa. 2008. 59p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

O objetivo do presente trabalho foi estudar a influência do uso da somatotropina bovina (bST) sobre a produção de leite e a avaliação genética de bovinos da raça Holandesa. Para análise foram utilizados dados referentes a 474 touros e observações referentes a 3341 lactações de 1271 vacas, provenientes da Agropecuária Agrindus - S.A no estado de São Paulo no período de 1999 a 2003. Análise de variância (método dos quadrados mínimos) foi realizada pelo procedimento GLM do SAS® (2003), visando identificar o efeito da classe de aplicação do bST sobre a produção de leite aos 305 dias de lactação (PL305). Os valores genéticos preditos dos touros (PBV), componentes de variância e herdabilidade para a característica PL305 foram estimados utilizando-se um modelo animal a partir de duas análises; na primeira incluiu-se o efeito do bST como fixo e na segunda o referido efeito foi ignorado. Foram calculadas correlações de Spearman entre PBV dos touros para quatro conjuntos de touros avaliados: a) todos os touros; b) os melhores 20%; c) os melhores 10% e d) os melhores 5%. As médias da PL305 para as classes de bST foram 9175,11kg - sem bST, 9530,94kg - de 11 a 20 aplicações, 10150,57kg - de 21 a 30 aplicações e 11089,89 Kg – de 31 a 59 aplicações. As herdabilidades foram respectivamente de $0,26 \pm 0,00$ e $0,23 \pm 0,00$ para as duas análises e as correlações entre os valores genéticos preditos para os conjuntos de touros a, b, c e d foram, respectivamente, 0,9484, 0,9829, 0,9752 e 0,8974. A análise de variância demonstrou as médias de PL305 aumentaram

significativamente ($P < 0,0001$), com o aumento do número de aplicações do bST. Os coeficientes de herdabilidade, embora relativamente baixos, indicam possível ganho genético, por meio de seleção, para produção de leite. As altas correlações de Spearman entre os valores genéticos dos touros, considerando-se ou não o uso do bST no modelo, indicam que o uso desta tecnologia não interfere na classificação dos touros avaliados geneticamente.

Abstract

2 Abstract

RODRIGUES, M. Impact of bovine somatotropin (bST) on the milk yield and genetic evaluation of Holstein cattle. 2008. 59p. Dissertation (Master's degree) – Medicine College, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

The aim of this study was to investigate the influence of the use of the bovine somatotropin (bST) on the milk production and the bovine genetic evaluation of Holstein cattle. Data regarding 474 bulls and observation concerning 3341 lactations of 1271 cows from the Agrindus Agriculture and Cattle Raising – S.A. in the state of São Paulo, Brazil, between 1999 and 2003 were used for the analysis. The variance analysis (the minimum square method) was performed by the GLM procedure of the SAS® (2003) for identify the effects of the application class of the bST on the milk production at 305 days of lactation (PL305). For the bulls, the predicted breeding values (PBV), variance components and heritability for the PL305 characteristic were estimated using an animal model from two analyses; in the first, the bST was considered as fixed effect and in the second, the effect of bST was ignored. Spearman correlations between PBV for four sets of evaluated bulls were calculated: a) all bulls; b) the best 20%; c) the best 10% and d) the best 5%. The PL305 averages for the bST classes were 9175.11kg – without bST; 9530.94kg – from 11 to 20 applications; 10150.57kg – from 21 to 30 applications; and 11089.89kg – from 31 to 59 applications. The heritabilities were 0.26 ± 0.00 and 0.23 ± 0.00 respectively for both analyses and the correlations between the PBV for a, b, c, and d bull sets were, respectively, 0.9484, 0.9829, 0.9752 and 0.8974. The variance analysis demonstrated that the PL305 averages increased significantly ($P < 0.0001$) with the increase of number of bST applications. The heritability coefficients, although

relatively low, indicate a possible genetic gain, by selection, for milk production. The Spearman high correlations between the PBV of bulls, considering or not the bST use in the model, indicate that the use of this technology does not interfere in the genetically evaluated bulls classification.

Introdução

3. Introdução

Atingir a eficiência e a rentabilidade tem sido o grande objetivo nos diversos setores de produção animal, sobretudo no que diz respeito às propriedades leiteiras. A utilização de estratégias eficientes para seleção de vacas e touros, aliadas aos fatores de âmbito econômico e de manejo, é importante para acelerar o incremento da produtividade da pecuária leiteira nacional, uma vez que a mesma figura entre as principais atividades do setor agropecuário brasileiro.

O uso de biotecnologia tal como a somatotropina bovina (bST) considerada alternativa para aumentar a produção de leite e a persistência da lactação, vem sendo muito difundida.

Também conhecida como hormônio do crescimento (GH), é o principal regulador do crescimento em mamíferos (GÜLAY *et al.*, 2005) e tem efeito único no desenvolvimento da glândula mamária e na lactação (BAUMAN, 1992; LONDOÑO *et al.*, 1997; LUNA-DOMINGUEZ *et al.*, 2000). Teve sua venda autorizada pelo governo brasileiro em 1990 e sua aprovação para uso comercial em 1994 pela FDA (*Food and Drug Administration*) nos Estados Unidos passando a ser utilizada extensivamente. (BAUMAN, 1992; SANTOS, 2001; CROOKER *et al.*, 2005). Trabalhos de pesquisa mostram que a administração de bST aumenta a produção de leite, a eficiência da produção, promovendo aumentos que variam de 3 – 40%, melhora a persistência da lactação e não exerce influência sobre a composição do leite (LEITCH *et al.*, 1990; BAUMAN *et al.*, 1992; GIBSON *et al.*, 1992; LONDOÑO *et al.*, 1997, LUNA-DOMINGUEZ *et al.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2001). Seu mecanismo de ação envolve uma série de arranjos metabólicos no tecido animal, direcionando nutrientes para a glândula mamária, caracterizando-o como um excelente

coordenador de nutrientes que aumenta a eficiência biológica para a síntese de leite (BAUMAN *et al.*, 1992; LONDOÑO *et al.*, 2002).

A produção de leite é afetada por diversos fatores tais como raça dos animais, região do país, rebanho, grupo de manejo dentro do rebanho, data do controle, número da lactação, idade da vaca ao parto, mês do parto, dias em lactação, prenhes, número de ordenhas diárias e uso de bST, entre outros.

Estudos têm demonstrado que se deve considerar que a magnitude da resposta (aplicação de bST) depende das condições de manejo e alimentação serem adequados. Animais não adequadamente abrigados, sujeitos as condições de manejo e ambientais capazes de restringir o consumo de alimentos, recebendo formulações dietéticas capazes de limitar o consumo de nutrientes ou sujeitos a algum tipo de restrição alimentar podem ter a resposta produtiva à tecnologia comprometida. Assim, a somatotropina não é uma ferramenta para corrigir problemas estruturais de uma fazenda, mas uma tecnologia disponível para elevar, em curto prazo e com segurança, a produção de leite e a lucratividade, reduzindo os custos de produção nas fazendas (KINOSHITA; SUZUKI; KAISER *et al.* 2004).

A seleção de bovinos leiteiros tem sido tradicionalmente baseada na análise da produção de leite aos 305 dias de lactação (PL350), a qual é calculada a partir das produções medidas em controles individuais, geralmente realizados em intervalos mensais e que, segundo EL FARO (2003¹, 2005²), trata-se do melhor critério, uma vez que a seleção direta para essa característica implicaria em maiores ganhos genéticos para as produções da maioria dos controles da lactação, além de maior ganho para a própria PL305.

A administração de somatotropina bovina (bST) afeta a produção de leite dependendo da quantidade e frequência de sua utilização. Entretanto, estudos sobre a influência do uso de somatotropina bovina (bST) sobre características de importância nos sistemas de produção de leite ainda não são conclusivas.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi estudar a influência do uso do bST sobre a PL305 e a avaliação genética de touros da raça holandesa cujas filhas receberam, e/ou não, tratamento com somatotropina bovina durante a lactação.

Revisão Bibliográfica

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Avaliação Genética

A avaliação genética é um processo pelo qual o pesquisador utiliza informações coletadas de características de interesse econômico (produção de leite, gordura e proteína, contagem de células somáticas ou mastite, facilidade de parto, tempo de ordenha, temperamento, características de tipo funcional, entre outras) para predizer o valor genético dos animais, com o objetivo de determinar quais os melhores animais (touro e/ou vaca) do rebanho para seleção, permitindo que os melhores reprodutores transmitam seus genes para a geração seguinte. Destacam-se como características necessárias à realização das avaliações genéticas para produção de leite, as informações de pedigree, para a identificação de todo parentesco entre os animais, todas as informações de desempenho, datas de parto, datas de secagem, datas de aplicação de tratamentos preferenciais, número de ordenhas entre outras. Estas informações irão permitir ao pesquisador determinar qual modelo e metodologia serão aplicados para a obtenção dos valores genéticos da forma mais acurada possível (EL FARO, 2007).

Nos sistemas de avaliação genética, a definição dos modelos estatísticos permite um ajuste mais confiável dos efeitos ambientais que influenciam a característica em estudo. Em verdade, o que existe é um ajuste dos dados de desempenho, objetivando reduzir ao máximo, senão eliminar as diferenças ambientais para que as comparações entre animais sejam baseadas exclusivamente nas diferenças genéticas, podendo resultar em um menor componente de variância residual, aumentando a possibilidade de uma maior estimativa de herdabilidade e

portanto uma maior confiabilidade das estimativas do valor genético dos animais (MELO, 2003).

A identificação dos grupos de animais contemporâneos por parte dos criadores constitui um passo essencial para minimizar e/ou a remover a influência dos efeitos de ambiente e/ou manejo diferencial entre os animais, agrupando-os quanto à chance que os mesmos tiveram de expressar seus fenótipos. Assim, os mesmos são considerados como fixos e as avaliações tornar-se-ão invariantes para os efeitos de grupo de contemporâneos (COBUCI, 2006).

Segundo VAN VLECK (1987), existem algumas alternativas para realizar o agrupamento dos grupos de contemporâneos: 1- Construir subgrupos formados por número de lactações ou grupos de lactações como, primeira lactação versus as demais; primeira versus a segunda; primeira versus a terceira e etc. Quando todas as lactações são incluídas em um determinado grupo de rebanho-ano-estação, a pressuposição é de que o efeito quantitativo de manejo num mesmo período de tempo seja de mesma magnitude para todas as vacas; 2- Subgrupos formados por animais registrados e não registrados. A pressuposição é de que os rebanhos com ambos os tipos de registros podem tratar os grupos de animais de forma diferente; 3- Subgrupos formados por vacas com filhas de touros não provados e previamente testados. Uma variação desse agrupamento seria o de se considerar filhas de touros com diferentes preços como sendo grupos distintos; 4- Subgrupos formados por grupos de manejo ou de vacas que são ordenhadas juntas num mesmo rebanho; 5- Subgrupos formados por vacas que são tratadas com hormônios (como o a somatotropina bovina - bST), separadamente de outras vacas que não recebem aplicações desses produtos, dentro da mesma classe de rebanho-ano-estação de parto.

O conhecimento de que a aplicação de hormônios como bST aumenta a produção de leite, e o de que seu uso deve ser perfeitamente identificado pelo criador torna possível considerá-lo no modelo de análise, ou como mais um critério na formação dos grupos de contemporâneos (VERNEQUE, 1998).

Somente o valor fenotípico do indivíduo pode ser diretamente medido, mas é o valor genético que determina sua influência na próxima geração. A herdabilidade no sentido restrito (h^2) expressa a proporção da variância fenotípica que é atribuída à variância genética aditiva, sendo sua mais importante função, no estudo genético do caráter métrico, o seu papel preditivo, expressando a confiança no valor fenotípico como um guia para o valor genético dos animais (SIMIONI, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2004). A herdabilidade é, portanto, um conceito estatístico que varia de população para população, de característica para característica e de época para época (FALCONER & MACKAY, 1996).

Segundo GRIFFITHS *et al.* (2002), se a herdabilidade no grupo escolhido for alta, então a média da população responderá prontamente à seleção imposta, pois a maior parte da superioridade dos genitores selecionados irá aparecer na prole, ou seja, quanto maior for a herdabilidade, maior será a correlação genitor-prole. O autor ainda ressalta que uma herdabilidade alta não significa que determinada característica não seja influenciada pelo seu ambiente.

A acurácia das avaliações genéticas é, primariamente, uma função da herdabilidade e do número de animais contidos na análise, ou seja, a acurácia será maior em características de maior herdabilidade. Assim, o conhecimento da herdabilidade é importante na identificação de características passíveis de serem incluídas em programas de melhoramento e na estimação do mérito genético dos animais. Ressaltamos que a maioria das características de importância econômica

apresenta herdabilidade variando de moderada a baixa (menor que 0,40) e, segundo LUSH (1964 *in* SIMIONI, 2003), a herdabilidade está contida em quase todas as fórmulas relacionadas aos métodos de melhoramento, sendo sua magnitude de extrema importância na tomada de decisões práticas de seleção.

3.2 Produção de leite acumulada aos 305 dias de lactação (PL305)

Segundo MELO (2003) as produções diárias de leite são afetadas por diversos fatores, tais como raça dos animais, região do país, rebanho, grupo de manejo dentro do rebanho, data do controle, número da lactação, idade da vaca ao parto, mês do parto, dias em lactação, prenhez, número de ordenhas diárias e uso de somatotropina bovina recombinante (bST), entre outros. A utilização da PL305 nas avaliações genéticas de touros e vacas envolve o seu ajustamento para tais efeitos, os quais são considerados em termos médios, pois são definidos com base na data do parto da vaca. Dessa forma, seleção de bovinos leiteiros tem sido tradicionalmente baseada na análise da PL350, que é calculada a partir das produções medidas em controles individuais, geralmente realizados em intervalos mensais.

Segundo EL FARO (2003, 2005), este se configura como o melhor critério, uma vez que a seleção direta para essa característica implicaria em maiores ganhos genéticos para as produções da maioria dos controles da lactação, além de maior ganho para a própria PL305.

Na literatura encontra-se uma grande variedade de estudos que envolvem a PL305. SWALVE (1995), FERREIRA & FERNANDES (2000), FREITAS *et al.* (2001); WEBER *et al.* (2005); PAULA *et al.* (2008) utilizando-se de bovinos da raça Holandesa primíparas e/ou múltiparas fazendo uso da tecnologia do bST demonstraram valores de PL305 em média de 6433 ± 1677 Kg. LEITCH *et al.* (1990) demonstraram, para diferentes doses do referido hormônio (0; 12,5; 25,0 e 50,0mg) valores de $6887,1 \pm 445,5$ Kg; $7718,8 \pm 420,5$ Kg; $7739,4 \pm 429,1$ Kg; $7976,6 \pm 445,7$ Kg. MORBECK *et al.* (1991) em trabalho semelhante ao autor acima citado, encontraram médias de produção de leite no valores 8350 ± 562 Kg; 8348 ± 515 Kg; 9571 ± 515 Kg; 9070 ± 515 Kg para as respectivas doses de bST: 0mg; 5,15mg; 10,3mg e 16,5mg.

Diversos autores (WEIGEL, *et al.*, 1998; TSURUTA *et al.*, 2000; AL-JUMAAH, 2001 *in* AL-SEAF *et al.*, 2007¹) avaliaram os parâmetros genéticos para PL305 de vacas holandesas sob influência do tratamento diferencial com somatotropina e isenção do mesmo, observando que em média as herdabilidades foram respectivamente de 0,18 e 0,15 para os animais tratados e não tratados. FERREIRA & FERNANDES (2000); FREITAS *et al.* (2000); FERREIRA *et al.* (2002); FREITAS *et al.* (2006), avaliaram os parâmetros genéticos da PL305 de vacas holandesas sem o uso de tratamento diferencial com bST e observaram herdabilidades em média de 0,26. No entanto, a exceção encontra-se em ÜNALAN & CEBECI (2004), cuja herdabilidade em seu estudo foi em média de 0,34. Esses valores demonstram que a população e a progênie podem responder à seleção para a característica PL305.

3.3 Glândula Mamária e Lactação

Em bovinos, o rendimento da produção de leite é diretamente influenciado pelo número de células mamárias, portanto, o crescimento mamário é o maior determinante do rendimento da lactação. A partir do exposto acreditamos ser importante relatar brevemente como se dá o desenvolvimento da glândula mamária nas suas diferentes fases.

O desenvolvimento da glândula mamária (mamogênese) inicia-se durante o estágio fetal e se completa após o nascimento, quando alcança sua distinção morfológica. Durante esse período a mesma não se encontra sob controle de hormônios (ovarianos, prolactina e somatotropina), os quais só passarão a agir de forma intensa após a fase pré-pubertal. A gestação é o período crítico para o crescimento da glândula mamária, pois é durante o mesmo que se desencadeia o aumento exponencial do tecido epitelial mamário em decorrência do aumento do número de células e respectiva diferenciação (lactogênese); sendo ainda este período marcado por um elevado índice de expressão gênica e síntese de componentes do leite em função das altas concentrações de RNAm. Ao final da lactação, a glândula mamária involui em consequência da redução do número de células (apoptose) e da atividade das mesmas. É importante ressaltar que os processos de desenvolvimento, diferenciação e crescimento da glândula mamária são amplamente influenciados pelo estado nutricional do animal, posto que as variações no mesmo podem alterar a secreção de reguladores hormonais dos processos acima citados (ERB, 1976; AKERS, 2006; REECE, 2007).

Tendo em vista os mecanismos envolvidos na diferenciação e no crescimento da glândula mamária, e também no processo de lactação, é de extrema importância ressaltar que ambos são conduzidos sob influência endócrina.

Todo hormônio é uma substância química secretada nos líquidos internos do corpo por uma célula ou por um grupo de células e que exerce efeito fisiológico de controle sobre outras células de tecidos, denominadas células-alvo. Para que um hormônio tenha efeito biológico, ele deve ligar-se a seus receptores celulares. Assim, quase invariavelmente, os hormônios combinam-se, de início, com receptores hormonais localizados na superfície das membranas celulares ou no interior das células, uma vez que praticamente todos os receptores hormonais são proteínas muito grandes e com elevada especificidade para um determinado hormônio (GUYTON & HALL, 1998; SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Dentro do processo de síntese láctea, a regulação hormonal induz, modula ou bloqueia os diferentes eventos relacionados com a lactogênese. Em geral, os requerimentos endócrinos específicos que afetam a função mamária são: a insulina, o glucagon, a prolactina e a somatotropina, entre outros.

A insulina é secretada pelas células *beta* das ilhotas de Langherans pancreáticas, e sua produção é estimulada principalmente pela taxa de glicose sanguínea. Atua no metabolismo de carboidratos aumentando a taxa de captação de glicose no fígado, músculos e tecido adiposo; e estimula a glicogênese (polimerização da glicose em glicogênio). No metabolismo de lipídios a insulina estimula a lipogênese no fígado e tecido adiposo; e no metabolismo de proteínas, a insulina estimula a captação de aminoácidos no fígado e músculos, bem como a incorporação de aminoácidos em proteínas (RANDALL *et al.*, 2000).

O glucagon é o hormônio secretado pelas células *alfa* das Ilhotas de Langherans pancreáticas em resposta aos baixos níveis de glicose no sangue. Seu principal papel no metabolismo hepático está relacionado aos seus efeitos antagônicos à insulina, estimulando a glicogenólise e a lipólise, fornecendo lipídios

para a gliconeogênese, enquanto que a insulina inibe esses fluxos. Os níveis de glucagon se elevam entre 5 e 30 dias de lactação, sugerindo que o mesmo desempenha papel de controle do metabolismo energético durante o início da lactação (RANDALL *et al.*, 2000).

A prolactina é um hormônio protéico produzido na hipófise anterior (GUYTON & HALL, 1998). Está envolvida na iniciação e manutenção da lactação, tendo papel importante na diferenciação das células da glândula mamária e atuando de forma sinérgica com outros hormônios, sendo sua principal função a síntese de caseína e lactose. As concentrações séricas de prolactina têm correlação positiva mas de baixo nível com a produção de leite em bovinos (COLLIER *et al.*, 1984) e segundo REECE (2007), a prolactina exógena tem muito pouco efeito galactopoiético em vacas lactantes.

Relativamente à somatotropina, por ser tema principal deste trabalho e portanto de maior relevância, falaremos a seguir em um tópico a parte.

3.4 Uso do Hormônio Somatotrópico em Bovinos Leiteiros

O hormônio do crescimento (GH), também conhecido como hormônio somatotrópico ou somatotropina (ST) é uma pequena molécula protéica, podendo por isso ser ainda chamado de hormônio protéico (GUYTON & HALL, 1998). Possui cadeia polipeptídica com aproximadamente de 190 a 191 aminoácidos em cadeia única contendo duas pontes dissulfeto, sendo que na posição 126 da seqüência protéica pode ocorrer dois diferentes aminoácidos, a leucina ou a valina. Sua estrutura é composta de quatro cadeias alfa-hélices, antiparalelas que sofrem rotação à esquerda (PEEL & BATES, 1990; ETHERTON & BAUMAN, 1998).

A seqüência polipeptídica da somatotropina lhe confere uma estrutura terciária, a qual determina quando e como a proteína estará apta a se ligar aos tecidos receptores e ativar uma resposta biológica; sendo portanto, necessária sua injeção para que seja biologicamente ativa (BAUMAN, 1992).

A ST é produzida na adeno-hipófise ou hipófise anterior, localizada na base do cérebro dos animais, causa crescimento de todos os tecidos corporais que apresentam essa capacidade, promovendo tanto o aumento o tamanho das células como o aumento do número de mitoses, favorecendo com isso o surgimento de um número maior de células. É o principal regulador do crescimento em mamíferos e tem efeito único no desenvolvimento da glândula mamária e na lactação (BARBER *et al.*, 1992 *in* GÜLAY, 2005; FELDMAN *et al.*, 1993 *in* GÜLAY, 2005; LONDOÑO *et al.*, 1997; GUYTON & HALL, 1998).

Cerca de 30% da seqüência das cadeias de aminoácidos da ST bovina (bST) é comum aos humanos, sendo essas diferenças responsáveis para que o bST não atue em seres humanos. Mesmo que ingerida ou injetada, a somatotropina não é reconhecida pelos receptores humanos e é quebrada pelas enzimas do trato digestivo como qualquer outra proteína. (BAUMAN, 1992; CROOKER *et al.*, 2005).

AZIMOV & KROUZE (1937) realizaram a primeira pesquisa com bST em vacas em lactação. Esses pesquisadores demonstraram que as vacas injetadas com extratos da glândula pituitária de outros bovinos abatidos apresentavam aumento da produção de leite. No entanto, o uso desse hormônio era dificultado pelo fato do mesmo ter que ser extraído da adeno-hipófise de animais abatidos, tornando seu suprimento limitado e seu uso dispendioso (PEEL & BAUMAN, 1987).

Na década de oitenta, com o advento da biotecnologia, a qual envolve a tecnologia do DNA recombinante, tornou-se possível produzir, a partir de genes removidos de bovinos e inseridos em plasmídios da bactéria *Escherichia coli*, a somatotropina bovina, atualmente conhecida como somatotropina bovina recombinante (rBST). Esta última passou a ser controlada em condições laboratoriais e produzida em escala industrial, o que tornou possível sua utilização comercial. Este fato teve grande impacto na indústria leiteira, uma vez que o desenvolvimento da rBST promoveu uma fonte ilimitada da mesma para pesquisa, permitindo que pesquisadores conduzissem muitos estudos sobre seu funcionamento (SANTOS, 2001; CROOKER *et al.*, 2005).

3.4.1 Efeito da Somatotropina sobre a Glândula Mamária e outros Tecidos

Na primeira época do parto, a glândula mamária adquire prioridade sobre os outros tecidos do organismo estabelecendo uma farta demanda de substratos para poder proceder à síntese e secreção de leite. Sendo assim, são necessárias modificações no que concerne à partição de nutrientes durante a lactação para que as necessidades da referida glândula possam ser atendidas (COLLIER, 1984; PROSSER *et al*, 1996).

A partição de nutrientes ocorre por dois tipos de regulação, a homeostase, que é responsável manutenção do equilíbrio fisiológico, garantindo condições constantes no ambiente interno, preservando as funções vitais; e a homeorrese, que é um mecanismo que envolve mudanças coordenadas no metabolismo que resultam na partição de nutrientes para sustentar prioridades específicas de diferentes estados fisiológicos (BAUMAN & CURRIE, 1980). O bST é um controlador homeorrético que transfere a partição dos nutrientes que são mais utilizados na síntese do leite. Seus efeitos estão primariamente, talvez exclusivamente, no direcionamento do uso de nutrientes absorvidos, o que envolve coordenação do metabolismo de vários órgãos e tecidos do corpo (CARDOSO & LÔBO, 1995).

A somatotropina tem um efeito único no estímulo de desenvolvimento da glândula mamária e da lactação (GÜLAY & HATIPOGLU, 2005). Uma vez que os elementos precursores do leite são provenientes do sangue, a taxa de síntese do mesmo é intimamente dependente do fluxo sangüíneo que chega à glândula mamária, propiciando uma melhor absorção de nutrientes (COLLIER, 1984; DAVIS & COLLIER, 1885). Observa-se que o fluxo sangüíneo na referida glândula aumenta, devido a uma elevação da freqüência cardíaca em relação aos outros tecidos

durante o início da lactogênese, e que este aumento tem como finalidade o desvio de nutrientes dos tecidos periféricos em direção à síntese e secreção de leite, trata-se de uma adaptação homeorréica (COLLIER, 1984; DAVIS & COLLIER, 1885).

O bST causa direta ou indiretamente o aumento nas taxas de síntese de leite por célula e aumenta a manutenção de células secretórias. Segundo vários autores (GERTLER; ASHKENAZI; MADAR, 1984; GLIMM; BARACOS; KENNELLY, 1992; KNIGHT *et al.* 1990, 1994 *in* BAUMAN & VERNON, 1993), o efeito direto do bST sobre o desenvolvimento da glândula mamária é improvável, uma vez que não foram encontrados receptores nas células epiteliais mamárias das vacas. Também foi observado que o tratamento com bST não afeta a quantidade do parênquima mamário e das células epiteliais mamárias.

A somatotropina apresenta um de seus efeitos sobre a glândula mamária indiretamente em função da ação do fator de crescimento semelhante à insulina do tipo I (IGF-I) no tecido (COHICK, 1998), pois foi demonstrado que receptores para o mesmo encontram-se nas células do estroma intralobular, vasos sanguíneos e capilares da referida glândula. Sabe-se, também, que o mesmo também é um mediador local do crescimento e desenvolvimento da glândula mamária (GLIMM, 1992; FORSYTH, 1996).

Após a aplicação de bST, sua concentração no plasma aumenta para um máximo no intervalo de dois a três dias, permanecendo significativamente alta por volta de sete dias, alcançando níveis basais até 14 dias após aplicação. A concentração de IGF-I no plasma aumenta gradualmente no início do tratamento, retornando para níveis basais por volta de 16 a 18 dias após aplicação de bST. É interessante notar que o comportamento contrário foi observado nos níveis de IGF-2,

os quais diminuem durante a primeira semana após aplicação. (MORBECK *et al.*, 1991; SCHAMS, 1995 *in* NEUMANN, 2003).

O aumento da produção de leite é em parte devido à elevação do fluxo sanguíneo na glândula mamária, promovendo maior suprimento de sangue, alterando o metabolismo de glicose (síntese de lactose), aumentando a lipólise e a lipogênese (suprimento de precursores lipídicos) e também modificando o metabolismo de proteínas (suprimento de aminoácidos). Como resultado, a produção de leite aumenta e sua composição não difere do normal. A resposta da produção de leite ao tratamento com bST resulta, principalmente da alteração na partição de nutrientes em favor da referida glândula e do aumento na capacidade sintetizante e/ou na longevidade das células que sintetizam leite. Para promover a síntese de leite, o metabolismo de outros tecidos é estimulado para o suprimento de precursores necessários. (BAUMAN, 1992; BAUMAN e VERNON, 1993).

3.4.2 Efeito da somatotropina sobre a Produção de Leite

Após a aprovação da utilização de bST para tratamento de vacas em lactação pela *Food and Drug Administration* (FDA) nos Estados Unidos em 1994 (ETHERTON & BAUMAN, 1998), o mesmo passou a ser utilizado extensivamente em mais de 34 países, inclusive o Brasil (CROOKER *et al.*, 2005).

TAUER & KNOBLAUCH (1996), propuseram um estudo para determinar o impacto do bST, analisando e comparando dados de fazendas que o utilizaram ou não, e encontraram que o uso do bST aumenta a produção de leite por animal. Um fator a se considerar é que a magnitude da resposta da utilização do bST depende das condições de manejo e alimentação serem adequados. Animais não

adequadamente abrigados, sujeitos a condições ambientais e de manejo capazes de restringir o consumo de alimentos, recebendo formulações dietéticas capazes de limitar o consumo de nutrientes ou sujeitos a algum tipo de restrição alimentar podem ter a resposta produtiva à tecnologia comprometida, sendo relatado que a produtividade é maior em propriedades onde o manejo é superior (SMITH *et al.* 1985 *in* LEITCH; BURNSIDE; McBRIDE, 1990; Pereira, 2003; NEUMANN, 2003; MÜHLBACH, 2003).

HEMKEM *et al.* (1991), WHITE *et al.* (1994) e JUDGE; ERSKINE; BARTLETTI (1997) propuseram determinar o efeito do bST sobre a saúde dos animais no que concernia à incidência de mastite clínica (MC) e encontraram que o bST não estava associado ao aumento da incidência de MC ou a incidência da mesma por volume de leite. Concluíram a partir daí que a performance e saúde de vacas tratadas com somatotropina mostraram-se similares às de vacas não tratadas de alta produção.

A aprovação da FDA e trabalhos como o dos autores acima citados abriram caminho para uma série de estudos sobre como e quanto a utilização de bST influencia o período de lactação dos animais.

Uma série de pesquisadores (BAUMAN & EPPARD, 1985, ZOA-MBOE *et al.*, 1989; BAUMAN, 1992, SANTOS *et al.*, 2001; VANBAALE *et al.*, 2005; BLEVINS; SHIRLEY; STEVENSON, 2006, CARRIQUIRY; WEBER; CROOKER, 2008) trabalhando com vacas da raça Holandesa demonstraram em seus estudos valores consideráveis no aumento da produtividade que variaram de 3 a 40% (o correspondente a 2 a 5 kg de leite por dia) para animais que receberam tratamento com bST durante os períodos pré e pós-parto. Notaram também que o mesmo não somente aumentava a produção, mas também prolongava a persistência da lactação, modificando assim suas curvas.

JORGE; GOMES; HALT (2002) encontraram que o bST elevou a produção de leite de búfalas da raça Murrah em 48,52% bem como melhorou a persistência da lactação. BARBOSA *et al.* (2002) não encontraram aumento efetivo na produção de leite de cabras da raça Parda Alpina tratadas com bST, porém a persistência da lactação foi melhorada com a aplicação do hormônio.

A produção de leite é influenciada não somente pela administração de bST, mas também pelo período e quantidade com que o mesmo é injetado nos animais, uma vez que este hormônio persiste circulando no organismo durante o período de até três semanas após sua aplicação (BAUMAN, 1992; CUSHMAN *et al.* 2001 *in* KOZICKI, 2005).

CHILLARD (1989 *in* NEUMANN, 2003) resumizou 21 experimentos, verificando que a resposta à produção de leite foi dependente da dose aplicada. McGUFFEY *et al.* (1990), DOWNER; PATTERSON; ROCK (1993) e SANTOS (2001) determinaram os efeitos de diferentes doses do bST sobre a produção de leite de vacas holandesas primíparas e múltiparas com doses variando de 140 a 960mg de bST em intervalos estabelecidos e encontraram que as doses em torno de 350mg promoviam melhor resposta à produção de leite. Segundo FERREIRA *et al.* (2002) doses únicas de bST no período pós-parto de vacas holandesas também elevam a produção em até 14,3% (3,1Kg por dia).

Em desacordo com os autores acima citados, LEITCH; BURNSIDE; McBRIDE (1990) encontraram que, embora a produção houvesse se elevado, não houve diferença significativa entre os grupos de tratamento com diferentes doses de bST. FONTES, *et al.* (1997), trabalhando com vacas mestiças e diferentes doses (250 e 500mg) de bST no Brasil, obtiveram resultados que corroboraram McBRIDE;

BURTON; BURTON (1988) de que a resposta ao tratamento em função da quantidade administrada é equivalente para ambos os tratamentos.

ERDMAN & VARNER (1995) afirmaram que o aumento na frequência de ordenhas melhora a produção de leite de 3,5 a 4,9Kg por dia quando as vacas são ordenhadas de 3 a 4 vezes, se comparados com vacas ordenhadas 2 vezes ao dia. DUNLAP *et al.* (2000) sumarizaram que a combinação das tecnologias bST e 3 ordenhas diárias eleva a produção em média 35,0Kg de leite ao dia, demonstrando que tecnologias combinadas tem impacto positivo sobre a produção de leite.

3.4.2.1 Mecanismo de Ação da Somatotropina

A somatotropina orchestra muitos dos diversos processos fisiológicos que podem ser classificados tanto como somatogênicos, como metabólicos, de modo que uma maior quantidade de nutrientes que podem ser utilizados tanto durante o crescimento como durante a lactação. Tanto a proliferação de células como o estímulo hepático para produzir outros fatores de crescimento semelhantes à insulina (somatomedinas) que também agem diretamente nas células para promover o crescimento e desenvolvimento de tecidos são estimulados diretamente pela ação do bST. A produção e liberação do bST pela hipófise anterior estão sob controle dos hormônios liberadores e inibidores de GH (GRH e GIH), conhecidos como somatostatinas cuja liberação é regulada por fatores tais como os níveis sanguíneos de glicose. Por exemplo, taxas reduzidas de glicose no sangue estimulam indiretamente a liberação de bST pelo aumento da secreção de GRH.

A somatotropina exerce efeito metabólico e de desenvolvimento, sendo que muitos desses efeitos encontram-se opostos àqueles da insulina, ou seja, ao

contrário da insulina que causa diminuição nos níveis de glicose sangüínea, o bST causa elevação desses níveis, neutralizando a hipoglicemia, enquanto a insulina neutraliza a hiperglicemia. O bST age de forma sinérgica com o glucagon no sentido de manter níveis adequados de glicose no sangue. Estimula a síntese de RNA, contribuindo assim para efeitos de desenvolvimento e promoção do crescimento, valendo ressaltar que o mesmo se deve ao aumento do número de células e não ao aumento no tamanho das mesmas. O bST também estimula a captação de ácidos graxos no músculo, promovendo posteriormente a utilização dos mesmos como fonte de energia (RANDALL *et al.*, 2000; REECE, 2007).

3.4.2.2 Efeito da Somatotropina no Metabolismo de Carboidratos, Lipídios e Proteínas

Durante o início da lactação, a glicose é utilizada quase que exclusivamente pela glândula mamária e tipicamente de 60 a 80% da sua utilização é direcionada à produção de leite (ETHERTON & BAUMAN, 1998).

No metabolismo de carboidratos o bST age no sentido de direcionar mais glicose para a glândula mamária. Isto é possível pelo fato do bST reduzir a sensibilidade dos receptores de insulina à insulina nos tecidos periféricos, resultando num decréscimo na captação e oxidação da glicose pelas células do fígado, músculos e tecido adiposo e como consequência, mais glicose se torna disponível no úbere (KNAPP *et al.*, 1992; COHICK, 1998). Essa redução na resposta hepática à insulina permite que o fígado promova maiores taxas da gliconeogênese, a qual tem papel crítico em manter o aumento da síntese de componentes do leite (ETHERTON & BAUMAN, 1998).

Uma vez que a glicose é utilizada como metabólito energético primário e como substrato à síntese de constituintes do leite, a energia necessária para os demais tecidos periféricos do corpo derivam dos produtos da lipólise (PEEL & BAUMAN, 1987; GÜLAY & HATİPOĞLU, 2005).

Os efeitos no metabolismo de lipídios variam de acordo com o balanço energético do animal, sendo que o bST exógeno, aplicado em vacas em lactação, altera tanto a lipogênese quanto a lipólise no tecido adiposo (BAUMAN, 1992; ETHERTON & BAUMAN, 1998).

Quando os animais se encontram em balanço energético positivo, a síntese e deposição de lipídios no tecido adiposo é reduzida pela ação do bST, o qual, por sua vez, eleva a disponibilidade de nutrientes e sua utilização para produção de leite. Quando em balanço energético negativo, o bST estimula a lipólise, aumentando a mobilização de lipídios que poderão vir a ser a maior fonte de energia requerida para atender à produção de leite. (BAUMAN & VERNON, 1993); isso é demonstrado pelo decréscimo na gordura corporal, pela elevação de ácidos graxos não esterificados (AGNE) circulantes e por aumentos na porcentagem de gordura presente no leite (SECHEN; DUNSHEA; BAUMAN, 1989; SHAMS, 1995).

O tratamento com somatotropina eleva a síntese de proteínas de vacas em lactação através de uma melhora da eficiência na utilização de aminoácidos (DAVIS & COLLIER, 1985). Durante balanço energético negativo, o bST reduz a oxidação de aminoácidos como fonte de energia nos tecidos, pois isto aumenta a mobilização de lipídios e acentua o metabolismo da glicose, assim, os aminoácidos poderão ser utilizados para o desenvolvimento e crescimento dos demais tecidos e para a síntese de proteínas no leite (GÜLAY & HATİPOĞLU, 2005).

O conhecimento dos efeitos da ST sobre o metabolismo de proteínas de animais domésticos é consideravelmente reduzido se comparado com o de carboidratos e lipídios. O mecanismo dos efeitos da ST, sobre o metabolismo de proteínas e se estes são diretos ou mediados por IGF-I, não foi totalmente esclarecido. A função mais importante da ST refere-se à influência que a mesma exerce sobre a formação de proteínas e ácidos nucleicos dos tecidos corporais. Os efeitos do bST elevam o acréscimo de proteína muscular em animais em desenvolvimento, a síntese de proteína no leite durante a lactação e promovem aumento no consumo de alimento, o qual produzirá mais nutrientes e aminoácidos disponíveis para o aumento da produção de leite, reduzindo a necessidade de mobilização de tecidos. Sabe-se que a taxa acentuada de crescimento em ruminantes tratados com bST é adequada à maior eficiência do uso de aminoácidos absorvidos, a qual é acompanhada pela redução destes na circulação e pela perda de compostos nitrogenados (DAVIS & COLLIER, 1985; BAUMAN, 1992; ETHERTON & BAUMAN, 1998; LAWRENCE & FOWLER 1997 *in* Maranhão, 2003, GÜLAY & HATİPOĞLU, 2005).

Vale ressaltar que, segundo (PEEL & BAUMAN, 1987), os mesmos ajustes metabólicos acima citados ocorrem em vacas geneticamente superiores. Dessa forma, não é de surpreender que em vacas com elevadas produções sejam observados maiores níveis sanguíneos de bST do que em vacas inferiores.

3.5 Efeito da Somatotropina sobre a Avaliação Genética

O acentuado número de pesquisas nos mais diversos aspectos que envolvem o uso do bST despertou interesse nos pesquisadores em elucidar como e o quanto o uso desse hormônio pode influenciar na avaliação e predição genética de animais.

BURNSIDE & MEYER (1988) encontraram que em diferentes estratégias de uso do bST em rebanhos podem gerar erros e confundimentos na avaliação e classificação de touros caso exista interação entre o potencial genético de vacas e a utilização do bST. COLLEAU (1989 *in* TSURUTA *et al.*, 2000) observou que pode ocorrer uma grande influência na avaliação genética quando o bST é administrado somente em vacas superiores e sugere que os efeitos do mesmo devem ser considerados em modelos de avaliação. Para isso, torna-se necessária a recomendação aos produtores para que forneçam o maior número de informações possíveis, como doses administradas, datas do início e término do tratamento (BURNSIDE, 1897).

GALLO *et al.* (1994) propuseram o uso de somatotropina somente em vacas com menor mérito genético, uma vez que as mesmas respondem melhor ao tratamento. TSURUTA *et al.* (2000) informaram que se um tourinho avaliado por programas de melhoramento genético tivesse apenas filhas tratadas com bST e as demais vacas do rebanho não tratadas, uma séria tendenciosidade poderia ocorrer na comparação desse tourinho com outros cujas filhas não receberam tratamento com bST. O autor encontrou correlações próximas a 99% entre modelos de avaliação que incluíam e não incluíam o efeito do bST e sugeriram que se o mesmo for incluído no modelo estatístico, o tratamento com bST pode ter impacto reduzido nas avaliações genéticas, confirmando as afirmações de LEITCH & BURNSIDE (1986). De acordo com os referidos autores, AL-SEAF *et al.* (2007²) propuseram 3 modelos de avaliação incluindo-se ou não o efeito do bST e concluiu o ajuste do modelo estatístico ao tratamento pode não afetar significativamente a predição dos valores genéticos e, por conseguinte, a classificação dos touros.

Material e Métodos

4 Material e Métodos

4.1 Descrição dos dados

Foram utilizados dados produção de leite acumulada aos 305 dias (PL305) coletados no período de 1999 a 2003 de vacas da raça Holandesa provenientes da Agropecuária Agrindus - S.A, localizada em Descalvado no estado de São Paulo. Os animais foram mantidos em sistema intensivo de confinamento com ração misturada total e ordenhados três vezes ao dia em ordenha mecânica automática. Os dados de cada ordenha eram controlados e lançado no banco de dados.

Aplicações de bST foram efetuadas em vacas que apresentavam escore corporal acima de 3,5 aos 45 dias de lactação. Utilizou-se a dose de 250 mg de bST, por via subcutânea, na fossa ísqueo-retal, alternando-se os lados esquerdo e direito a cada aplicação. Estas aplicações foram repetidas quinzenalmente, até a produção de leite da vaca inicia-se seu declínio, quando então se cessaram as aplicações. As vacas tinham controle da data de aplicação e do número de aplicações de bST realizadas, sendo que estas, variaram de nenhuma a 59 aplicações. Definiu-se a ordem de parto da utilização de bST à partir da concatenação da data de aplicação, data do parto e de secagem.

O arquivo original apresentava 7038 controles de PL305 pertencentes a 2878 vacas. A PL305 variou de 40 a 19283,15 Kg com média e respectivo desvio padrão iguais a $8505,19 \pm 3270,16$ Kg.

4.2 Edição dos dados

No processo de edição (consistência dos dados), foram excluídas as vacas que não possuíam informação ou apresentavam erros de digitação em qualquer um dos seguintes atributos: números de identificação, datas de parto, datas de secagem, PL305, datas de aplicação de bST, datas de nascimento, ordem do parto, idade da vaca ao parto (IVP) e os números de registro correspondentes ao animal, pai e mãe.

Visando analisar a existência do efeito do número de aplicações de bST sobre a PL305, foram criadas classes de aplicações do bST agrupando as quantidades de vezes que cada vaca recebeu o hormônio durante as respectivas lactações, as quais foram designadas por: C0 (sem bST), C1 (11-20 aplicações), C2 (21 a 30 aplicações) e C3 (31 a 59 aplicações).

Os grupos de animais contemporâneos (GC) foram formados por vacas que pariram na mesma estação e ano. As estações de parição foram definidas de acordo com as condições climáticas em primavera, verão, outono e inverno. Sendo, primavera para animais que pariram de setembro a novembro, verão de dezembro a fevereiro, outono de março a maio e inverno as que pariram de junho a agosto.

Análise preliminares pelo método dos quadrados mínimos indicaram efeito significativo da classe de aplicação de bST sobre PL305. No entanto, apesar de VAN VLECK (1987) indicar o uso da informação da aplicação do bST para formação dos grupos contemporâneos, VERNEQUE (1998) considera possível sua inclusão no modelo de análise, ou como critério na formação dos grupos de contemporâneos. Assim, optou-se em não utilizar a informação das aplicações de bST na formação dos GC.

O arquivo final apresentou 3341 PL305 referentes a 1271 vacas, pertencentes a 31 GCs. Os GCs apresentaram em média 107 animais, sendo que o mínimo foi de nove e o máximo 348 animais por grupo. O arquivo final de pedigree totalizou 5662 animais, sendo 474 touros e 3667 vacas.

4.3 Análises estatísticas

Análise de variância pelo método dos quadrados mínimos visando identificar o efeitos da classe de aplicação do bST sobre o PL305 foi realizada pelo Procedimento GLM do SAS (2003), além do efeito fixo da classe de bST (C0, C1, C2 e C3) o modelo estatístico incluiu os efeitos fixos de GC e da ordem de parto da vaca. O teste Tukey à 5% foi utilizado para verificar as diferenças entre as médias das classes.

Foram estimados valores genéticos (PBV), componentes de variância e herdabilidade para a característica PL305 sob dois modelos. Utilizou-se o método de máxima verossimilhança restrita (REML), em modelo animal unicaracterístico, com o auxílio do programa computacional MTDFREML (Multiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood), descrito por BOLDMAN *et al.* (1995). Os valores iniciais requisitados pelo programa procederam das análises de variância e revisão de literatura (BURNSIDE & MEYER, 1988; WEIGEL *et al.*, 1998; FERREIRA *et al.*, 2002) o critério de convergência foi estipulado em 10^{-9} .

Os modelos utilizados nas análises foram de acordo com o modelo animal proposto por VAN VLECK (1992) e estão descritos abaixo:

a) Modelo1: incluiu como efeito fixo o GC e o efeito da classe de aplicação de bST, como co-variável linear e quadrática idade da vaca ao parto em meses (IVP), e como aleatórios os efeitos genético direto e de ambiente permanente.

b) Modelo2: incluiu como efeito fixo o GC, como co-variável linear e quadrática idade da vaca ao parto em meses (IVP), e como aleatórios os efeitos genético direto e de ambiente permanente.

O modelo geral pode ser representado na forma matricial por:

$$Y = X\hat{\beta} + Z\hat{a} + W\hat{c} + \hat{\varepsilon}$$

em que:

Y = é o valor observado para a característica PL305;

$\hat{\beta}$ = vetor de efeitos fixos (Modelo1: GC, IVP; Modelo2: GC, IVP e classe de aplicação de bST);

$\hat{a}$ = vetor do efeito aleatório genético aditivo direto;

$\hat{c}$ = vetor do efeito aleatório de ambiente permanente da vaca;

X, Z e W = são as respectivas matrizes de incidência de cada efeito; e

$\hat{\varepsilon}$ = vetor dos erros aleatórios residuais associados a cada observação.

Assumiu-se que: $E(Y) = X\hat{\beta}$ e a matriz de variância e covariância dos elementos aleatórios no modelo é dada por:

$$Var \begin{bmatrix} u_1 \\ \varepsilon_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_\varepsilon^2 \end{bmatrix}$$

em que:

A = matriz de parentesco;

σ_a^2 = variância genética aditiva para PL305;

I = matriz identidade;

σ_ε^2 = variância residual para PL305.

Para avaliar o efeito da inclusão da classe de aplicação de bST no modelo animal, foram calculadas por meio do Procedimento Corr (SAS, 2003), correlações de Spearman entre as ordens dos PBV para PL305 obtidos nos dois modelos. Para isto, utilizou o PBV dos 474 touros considerando quatro conjuntos de dados: a) todos os touros avaliados; b) os melhores 20%; c) os melhores 10% e d) os melhores 5%. O teste de Student à 5% foi utilizado para verificar a significância da correlação de Spearman.

Resultados e Discussão

5. Resultados e Discussão

5.1 A produção de Leite e o uso do bST

É interessante adicionar, antes da apresentação dos resultados que, como em TSURUTA *et al.* (2000), o presente estudo foi conduzido partindo-se da premissa de que todos os dados coletados pertinentes ao tratamento com bST foram corretamente reportados pelo produtor e que a nenhum animal foi dado qualquer tratamento diferencial; sendo que, se alguma dessas suposições não estiverem corretas, os valores encontrados poderiam estar subestimados; e que na literatura consultada não foram encontrados trabalhos que compararam a produção de leite, considerando o número de aplicações de bST. Os mesmos compararam a produção de leite quanto à aplicação ou não de bST e quanto à quantidade de hormônio aplicada em cada dose.

O efeito do bST foi significativo ($P < 0,0001$), promovendo aumento da produção de leite com o incremento do número de aplicações de bST. O número de observações de PL305, a média, desvio padrão, mínimo e máximo por classe de aplicação de bST estão apresentados na Tabela 1.

Na Figura 1 estão apresentadas as médias por classe de aplicação de bST e o resultado do teste Tukey, onde se observa claramente que as médias da PL305 se elevam proporcionalmente quanto maiores forem as aplicações de bST.

Tabela 1. Número de observações (N), média, desvio padrão, mínimo e máximo (em Kg) para produção de leite aos 305 dias de lactação (PL305) observados em cada classe de aplicação de somatotropina bovina (bST), sendo C0: sem tratamento, C1: 11-20 aplicações, C2: 21 a 30 aplicações e C3: 31 a 59 aplicações.

Classe	N	Médias	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
C0	1754	9175,11	2268,31	218,00	19238,00
C1	1191	9530,94	1801,61	3026,00	15219,00
C2	282	10150,57	1935,55	3956,00	17167,00
C3	114	11089,89	2055,78	6150,00	16676,00

Figura 1. Médias das produções de leite acumulada para os 305 dias de lactação (PL305) observadas em cada classe de aplicação de somatotropina bovina (bST) sendo, C0: sem tratamento, C1: 11-20 aplicações, C2: 21 a 30 aplicações e C3: 31 a 59 aplicações. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A média estimada neste estudo para os animais que não receberam tratamento com bST (C0) foi de $9175 \pm 2268,31$ Kg e mostrou-se nitidamente superior às médias encontradas na literatura.

SWALVE (1995) estudando as três primeiras lactações de vacas holandesas primíparas e múltiparas, encontrou para a produção de leite ajustada para 305 dias de lactação (PL305), sem tratamento diferencial com grupos de bST, a média de 6003 ± 1007 Kg.

FERREIRA & FERNANDES (2000) encontraram para PL305, média de 5070 ± 1662 Kg; enquanto que FREITAS *et al.* (2001), trabalhando com 2 grupos de vacas holandesas, sendo o primeiro composto apenas por vacas primíparas e o segundo por vacas múltiparas, subdividido em primeiras, segundas e terceiras lactações, encontraram para o primeiro grupo, média para PL305 de 5870 ± 1662 Kg, e para o segundo grupo, respectivamente para cada lactação, os valores médios para PL305 de 5521 ± 1523 Kg, 6421 ± 1789 Kg e 7045 ± 1903 .

WEBER *et al.* (2005), para vacas holandesas múltiparas com três níveis de produção determinados pelo mesmo, a saber: níveis baixo, médio e alto; sem a utilização de bST, encontrou valor médio das produções de leite totais de 6698 ± 1927 Kg. A média encontrada pelo autor, mesmo para o nível de produção considerado como alto foi de $8760 \pm 125,58$ Kg e encontra-se inferior à média estimada no presente estudo.

Analisando os valores de produção para PL305 de vacas holandesas múltiparas, PAULA *et al.* (2008) estimou médias de $8181,23 \pm 1903,51$ Kg. Pode-se notar que tanto este valor, como a média encontrada apenas para as terceiras lactações de vacas múltiparas por FREITAS *et al.* (2001), são os valores que mais se aproximam da média estimada do presente estudo.

No presente trabalho, PL305 variou de 218,00 a 19238,00 Kg com média e respectivo desvio-padrão igual a $9449,63 \pm 2118,81$ Kg. Apenas para os grupos que receberam tratamento com bST (C1, C2 e C3), a média e desvio padrão apresentaram os valores de $10257,13 \pm 1930,98$ Kg.

As médias de produção mostraram-se diretamente proporcionais às classes de aplicação hormonal (Tabela 1). Em relação à classe C0, houve respectivamente aumento das médias em 3,88% para a classe C1, 10,63% para a classe C2 e 20,87% para a classe C3.

SOLDERHOLM *et al.* (1988) visando determinar os efeitos da aplicação de bST sobre a produção de leite de vacas holandesas em 305 dias de experimento, constataram que o tratamento diferencial ocasionou incremento da produção que variou de 12 a 25% ligeiramente superiores às classes C2 e C3 do presente estudo. Sob as mesmas condições descritas no trabalho acima, McBRIDE; BURTON; BURTON (1988), ANNEXTAD *et al.* (1990) encontraram que o tratamento com bST elevou a produção de leite em 19%, determinaram num período de 366 dias um incremento produtivo para PL305 variando de 8 a 36%. MORBECK *et al.* (1991), por sua vez, observaram médias de 8350 ± 562 Kg, 8348 ± 515 Kg, 9571 ± 515 Kg e 9070 ± 562 Kg sobre quatro grupos de aplicação de bST (5,15; 10,3 e 16,5mg).

LEITCH *et al.* (1990) objetivou em seu estudo prever o potencial fenotípico para PL305 com aplicações de diferentes doses diárias (12,5; 25 e 50mg) de bST após o parto. O tratamento teve duração de 266 dias e as médias preditas de produção variaram de $6887,1 \pm 445,5$ Kg; $7718,8 \pm 420,5$ Kg; $7739,4 \pm 429,1$ Kg e $7976,6 \pm 445,7$ Kg, elevando a produtividade em 18,5%, 19,9% e 21,4% respectivamente para cada dose. No entanto, o referido autor não encontrou diferença significativa da resposta ao tratamento no que concerne às diferentes

quantidades aplicadas do hormônio, confirmando os resultados obtidos por BAUMAN *et al.* (1985) que também observaram a não existência de diferenças significantes na resposta ao tratamento, pelos animais, em função dos níveis de bST aplicados por dose.

WEST *et al.* (1990) compararam os incrementos da PL305 de vacas que receberam diferentes doses diárias (5,10, 15 e 20mg) de bST, encontrando os valores de 32,2% e 18,7% para as raças Holandesa e Jersey respectivamente.

TSURUTA *et al.* (2000) encontraram que o tratamento com bST eleva a produção em 7,2%, resultado este que foi inferior aos encontrados pelos demais autores anteriormente referidos, e salientou que as estimativas encontradas poderiam ser superiores ou mais acuradas caso as datas das aplicações ou as frequências das mesmas fossem reportadas; o que, por sua vez, concorda com os resultados obtidos no presente estudo, no qual foi observado um acréscimo de até 20,87% quando se comparou os animais da classe C0 e C3.

Muitos trabalhos encontrados na literatura não apresentam os valores totais da produção até os 305 de lactação, pois o período experimental não abrange a lactação completa, e sim parcial, como podemos observar em BAUMAN & EPPARD (1985) que com objetivos semelhantes aos dos trabalhos acima citados e duração experimental de 282 dias, sendo 188 dias de tratamento, observaram que o tratamento diferencial com bST ocasionou incremento variando de 23 a 41% na produção.

Diversos autores (HEMKEM *et al.*, 1991; CHALUPA *et al.*, 1986; SANTOS *et al.*, 2001; FERREIRA *et al.*, 2002; GULAY *et al.*, 2003 e RENNÓ *et al.*, 2006) também trabalharam com lactações incompletas de vacas holandesas primíparas e multíparas, iniciando o tratamento entre os 25 e 100 dias após o parto e se

estendendo de 120 até 250 dias em média; encontrando que diferentes doses aplicadas de bST promovem aumentos produtivos que variaram em média de 3 a 17%.

LONDOÑO *et al.* (1997) estudou os efeitos de diferentes doses de bST aplicadas e 2 dietas específicas (a e b) sobre lactações incompletas (250 dias - partindo-se de 75 dias pós parto e se estendendo por mais 175 dias) de vacas primíparas e multíparas cruzadas (3/4 Holandês x Zebu) e holandesas puras por cruza, e observou que o tratamento elevou a produção desses animais em 3,38% e 7,18% para as dietas a e b, respectivamente.

OLIVEIRA-NETO (2001), demonstrou que vacas mestiças *Bos indicus* x *Bos taurus* (3/4 a 7/8 Holandês x Gir) ao receberem doses únicas (500mg) de bST durante um período experimental de 84 dias tiveram aumento da produção com média de 13,3 Kg de leite/dia.

Os resultados dos trabalhos supracitados com lactações incompletas poderiam conduzir a dúvidas no que concerne à comparação dos mesmos ao do presente estudo.

TARAZON-HERRERA (2000) afirmou que o tratamento com bST tem seus efeitos mais persistentes quando aplicados mais tardiamente após o parto, próximo ao pico de lactação. Segundo DUNLAP *et al.* (2000), o pico de lactação ocorre aproximadamente a partir de 81 dias e em seu estudo simularam os efeitos da somatotropina bovina e outras tecnologias disponíveis, bem como suas interações, em vacas primíparas e multíparas, com ajuste da produção para PL305, com o objetivo de prever a produção de leite a partir de informações de rebanhos que não utilizavam nenhuma tecnologia. Como resultado os autores anteriormente citados encontraram que a utilização de bST, em média, eleva a produção em até 33 Kg de

leite/dia, concluindo que essa tecnologia, aplicada em vacas lactantes, pode ser utilizada também na predição de valores de produção.

5.2 Parâmetros genéticos para a produção de leite e o uso do bST

Relativamente à questão da herdabilidade, no presente estudo os resultados obtidos para as estimativas destas herdabilidades e os respectivos erros associados para os 2 modelos estatísticos foram respectivamente: $0,26 \pm 0,00^*$ para o modelo1 (com efeito do bST) e $0,23 \pm 0,00^*$ para o modelo2 (sem efeito do bST).

WEIGEL *et al.* (1998), analisou dados de produção de leite de vacas holandesas utilizando modelos estatísticos que consideravam e não consideravam efeitos do bST e encontrou valores estimados de herdabilidade de 0,20 e 0,21. AL-JUMAAH (2001 *in* AL-SEAF *et al.*, 2007¹) obteve estimativas de herdabilidade 0,18 para vacas tratadas e 0,13 para vacas não tratadas com bST.

AL-SEAF *et al.* (2007¹) estimou parâmetros genéticos de vacas holandesas para PL305 em 3 grupos de lactações (1ª, 2ª e de 3ª a 5ª) e encontrou respectivamente para os mesmos, valores de herdabilidade iguais a 0,18; 0,18 e 0,14 para o modelo que não incluiu o efeito do bST; e 0,13; 0,16 e 0,09 para o modelo que incluiu o efeito do bST. Em média, as estimativas de herdabilidade encontradas pelo referido autor são consideradas baixas e variaram de 0,13 a 0,17 para os respectivos modelos.

TSURUTA *et al.* (2000), utilizaram modelos de produção de leite no dia do controle (*Test Day Models*) e relataram estimativas idênticas de herdabilidade de 0,19 para inclusão e não inclusão do efeito do bST.

* Os valores dos erros (zero) são provavelmente aproximações feitas pelo *software* devido ao número de casas decimais.

Alguns trabalhos foram realizados visando estimar os parâmetros genéticos para a característica PL305 de vacas holandesas primíparas e múltiparas sem a utilização do bST. FERREIRA & FERNANDES (2000) estimaram herdabilidades de magnitude 0,18, FREITAS *et al.* (2001) encontraram valores respectivos de $0,28 \pm 0,04$ e $0,16 \pm 0,10$ (em média $0,22 \pm 0,07$), FERREIRA *et al.* (2002) e FREITAS *et al.* (2006) encontraram valores de magnitude 0,25.

Segundo ISRAEL & WELLER (2000) esses baixos valores de herdabilidades podem estar associados à má identificação dos animais (vaca, pai e mãe); sendo que, quanto maior o número de vacas tratadas que não forem corretamente identificadas, menores serão os valores esperados de herdabilidade.

ÜNALAN & CEBECI (2004) estimaram respectivamente para as 1ª, 2ª e 3ª lactações sem utilização de bST, herdabilidades de $0,28 \pm 0,03$, $0,37 \pm 0,03$ e $0,36 \pm 0,03$. Em média, estes autores estimaram herdabilidade de $0,34 \pm 0,03$, demonstrando que existe variância genética aditiva na população e a progênie pode responder de forma significativa à seleção. Esta média foi cerca de 30,76% e 47,82% superior ao encontrado no presente estudo para o modelos 1 e 2, respectivamente.

WADE & VAN VLECK (1988) demonstraram que as herdabilidades tendem a se elevar de acordo com o nível de aumento da produção. BOLDMAN & FREEMAN (1990) e WEBER *et al.* (2000) encontraram que seus maiores coeficientes de herdabilidade ocorreram para o grupo de animais considerados de alto nível de produção.

As estimativas de herdabilidade para os modelos 1 e 2 do presente estudo foram consideradas relativamente baixas e de mesma magnitude. Estes valores nos permitem afirmar que os resultados deste trabalho concordam com os dados apresentados nas literaturas anteriormente citadas, demonstrando que não há evidência de efeito de tratamento diferencial com bST sobre os parâmetros genéticos da produção de leite.

De acordo com PEEL & BAUMAN (1987), existem várias similaridades entre vacas geneticamente superiores e vacas tratadas com somatotropina, em relação às variáveis relacionadas à eficiência da produção de leite.

No que concerne aos valores genéticos preditos (PBV) dos touros no presente trabalho, as correlações de Spearman entre os mesmos em relação aos modelos 1 e 2 foram altas e significativas ($P < 0,01$) para todos os conjuntos de dados analisados (Tabela 2).

Tabela 2. Número de animais (N), Correlações de Spearman entre os valores genéticos preditos (PBV) para produção acumulada aos 305 dias de lactação, considerando-se ou não o uso de bST no modelo, para total de touros, 20, 10 e 5% dos melhores touros.

	Total de Touros	Seleção de 20% dos Touros	Seleção de 10% dos Touros	Seleção de 5% dos Touros
N	474	91	43	21
Correlação	0,9484	0,9829	0,9752	0,8974

BURNSIDE (1987) indicou que as informações de produção de filhas que iniciaram tratamento com bST até 90 dias após o parto, sendo o restante da lactação podendo ser estendida até os 305 dias, podem ser analisadas para classificar touros pelos PBV, pois as duas partes da lactação (pré e pós-tratamento com bST) são altamente correlacionadas, mesmo que somente a segunda parte seja afetada pelo

tratamento. No conjunto de dados analisados do presente estudo, a aplicação do bST iniciou-se após 45 dias de lactação, sendo que este período de pré-tratamento encontra-se dentro do intervalo proposto pelo referido autor.

BURNSIDE & MEYER (1988) utilizaram diferentes estratégias para a utilização de somatotropina em rebanhos para determinar suas implicações na acurácia das avaliações genéticas, e em uma de suas estratégias, semelhantemente ao presente estudo, as aplicações de bST ocorreram apenas em uma fração dos animais. Estes autores encontraram correlação entre os PTA (*Predicting Transmitting Ability*) dos touros com filhas que receberam ou não bST de 0,960.

TSURUTA *et al.* (2000) tiveram como objetivo estimar o efeito do tratamento com bST sobre os valores genéticos de touros utilizando a metodologia de *Test Day Models* e encontraram estimativas de correlação igual a 0,999 entre os PBV de touros cujas filhas receberam e não receberam tratamento com bST. WEIGEL *et al.* (1998) utilizaram diferentes modelos estatísticos: a) que ignoravam o efeito do bST; b) consideravam o bST como efeito fixo e c) consideravam o bST na formação dos GC; e encontraram que a correlação entre o modelo que ignorou o efeito do bST e o modelo que considerou o bST como efeito fixo foi de aproximadamente 0,98 enquanto que as correlações do modelo que considerou o bST no GC com os outros dois modelos foram de 0,94. Nota-se que, pela porcentagem de touros em comum que seriam selecionados e/ou descartados em função de sua classificação pelos PBV, a classificação dos mesmos não seria fortemente alterada.

AL-SEAF *et al.* (2007²) compararam a classificação de touros a partir de seus PBV para produção de leite com diferentes modelos e encontraram correlações semelhantes para os modelos com e sem bST de 0,997. Para os conjuntos dos 10% e 15% dos melhores touros encontraram correlação de 0,940.

Desta forma, podemos observar que os valores referentes às correlações do presente estudo corroboram os resultados descritos na literatura. A inclusão do bST como efeito fixo não alterou a classificação quanto ao PBV dos touros. A correlação entre o modelo que considera e aquele que ignora o efeito do referido hormônio foi em média 0,9504, elevada e próxima à unidade, para os quatro conjuntos de touros avaliados (Tabela 2).

Levando-se em consideração que um grupo de touros é selecionado para ser usado como progenitor, e não um único touro (MELO, *et al.*, 2000), pode-se inferir que a avaliação genética de touros por modelos que consideram ou não o efeito do bST leva à seleção de praticamente o mesmo grupo de touros. Assim, mesmo que a informação da aplicação de bST seja negligenciada pelo produtor, a avaliação genética do rebanho não será afetada.

Conclusões

6. Conclusões

A utilização da tecnologia do bST exerce influência sobre a produção de leite, sendo que os animais que receberam maior número de aplicações do hormônio apresentaram maiores médias da PL305.

Os coeficientes de herdabilidade, embora relativamente baixos, indicam possível ganho genético, por meio de seleção para produção de leite.

As altas correlações de Spearman entre os valores genéticos dos touros, considerando-se ou não o uso do bST no modelo, indicam que o uso do referido hormônio não interfere na classificação dos touros avaliados geneticamente. Assim a aplicação de bST pode ser uma ferramenta importante no que se refere à elevação da produção de leite em vacas leiteiras, sem afetar a avaliação genética.

Referências Bibliográficas

7 Referências Bibliográficas

AL-SEAF. A., KEOWN, J.F., VAN VLECK, L.D. Genetic parameters for yield traits of cows treated or not treated with bovine somatotropin. **Journal of Dairy Science**. v.90, n.1, p.501-506, 2007¹.

AL-SEAF. A., KEOWN, J.F., VAN VLECK, L.D. Impact of bovine somatotropin on ranking for genetic value of dairy sires for milk yield traits and somatic cell score. **Genetics and Molecular Research**, v.6, n.1, p.79-93, 2007².

AKERS, R.M. Major Advances Associated with Hormone and Growth Factor Regulation of Mammary Growth and Lactation in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. v.99, n.4, p.1222-1234. 2006.

ANNEXSTAD, R.J. *et al.* Somatotropin treatment for a second consecutive lactation. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.9, p.2423-2436, 1990.

AZIMOV, G.J., KROUZE, N.K. The lactogenic preparations from the anterior pituitary and the increase milk yield in cows. **Journal of Dairy Science**. v.20, n.6, p. 1937.

BARBOSA, P.G. Uso da somatotropina bovina recombinante-rBST como alternativa para a produção de leite de cabra na entressafra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.5, p.2011-2023, 2002.

- BAUMAN, D.E. *et al.* Effect of recombinantly derived bovine growth hormone (bGH) on lactational performance of high yielding dairy cows. (Abstract) **Journal of Dairy Science**, v.65, n.1, p.121, 1982.
- BAUMAN, D.E. Bovine Somatotropin: Review of an Emerging Animal Technology. **Journal of Dairy Science**. v.75, n.12, p.3432-3451. 1992.
- BAUMAN, D.E. & CURRIE, W.B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorresis. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.9, p.1514-1529, 1980.
- BAUMAN, D.E., EPPARD, P.J. Responses of high-producing dairy cows to long term treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin. **Journal of Dairy Science**. v.68, n.6, p.1352-1362, 1985.
- BAUMAN, D.E., VERNON, R.G. Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. **Annu. Rev. Nutr** 13:437-461, 1993 Disponível em: <<http://www.arjournals.animalreviews.org>> CAPES Acesso em: 30/06/2007.
- BOLDMAN, K.G.; FREEMAN, A.E. Ajustment for heterogeneity of variances by herd production level in dairy cow and sire evaluation. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.2, p.503-512, 1990.
- BOLDMAN, K.G. *et al.* S.D., 1995. **A Manual for Use of MTDFREML**. USDA-ARS, Clay Center. NE.

- BURNSIDE, E.B. Impact of somatotropin and other biochemical products on sire summaries and cow indexes. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.11, p.2444-2449, 1987.
- BURNSIDE, E.B., MEYER, K. Potential impact of bovine somatotropin on dairy sire evaluation. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2210-2219, 1988.
- CARRIQUIRY, M.; WEBER, J.W.; CROOKER, B.A. Administration of bovine somatotropin in early lactation: a meta-analysis of production responses by multiparous Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, n.7, p.2641-2652, 2008.
- CHALUPA, W. *et al.* Long term responses of lactating cows to daily injection of recombinant somatotropin. (Abstract) **Journal of Dairy Science**, v.69, n.1, p.151, 1986.
- COBUCI, J.A, ABREU, U.G.P, TORRES, R.A. Formação de Grupos Contemporâneos em Bovinos de Corte. **Embrapa Pantanal**. Primeira Edição. ISSN 1517-1973; 87. 2006. <<http://www.cpap.embrapa.br>>. Acesso em 15/12/2006.
- COHICK, W.S. Role of insulin like growth factors and their binding protein in lactation. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.6, p.1769-1777, 1998.

COLLIER, R.J. *et al.* A review of endocrine regulation of metabolism during lactation.

Journal of Animal Science, v.59, n.2, p.498-510, 1984.

CROOKER, B.A., *et al.* **Dairy Research and Bovine Somatotropin**. Disponível em:

<<http://www.extension.umn.edu/distribution/livestocksystems/DI6337.html>>

Acesso em: 27/07/2005.

DAVIS, S.R., COLLIER, R.J. Mammary blood flow and regulation of substrate supply

for milk synthesis. **Journal of Dairy Science**. v.68, n.4, p.1041-1058, 1985.

DOWNER, J.V., PATTERSON, D.L., ROCL, W. Dose titration of sustained-release

recombinant bovine somatotropin in lactating dairy cows. **Journal of Dairy**

Science, v.76, n.4, p.1125-1136, 1993.

DUNLAP, T.F., *et al.* The Impact of Somatotropin, Milking Frequency, and

Photoperiod on Dairy Farm Nutrient Flows. **Journal of Dairy Science**. v.83. n.83,

p.968-976, 2000.

EL FARO, L, ALBUQUERQUE, L.G. Estimação de Parâmetros Genéticos para

Produção de Leite no Dia do Controle e Produção Acumulada até 305 dias, para

as Primeiras Lactações de Vacas da Raça Caracu. **Revista Brasileira de**

Zootecnia. v.32, n.2, p.284-294. 2003.

EL FARO, L, ALBUQUERQUE, L.G. Predição de Valores Genéticos para a Produção de Leite no Dia do Controle e para a Produção Acumulada até 305 Dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.2, p.496-507. 2005.

EL FARO, L. **Avaliação genética de bovinos leiteiros**. Zebu Para o Mundo Entrevistas. Disponível em: <http://www.zebuparaomundo.com/zebu/index.php?option=com_content&task=view&id=542&Itemid=38> Acesso em: 25/02/2008

ERB, R.E. Hormonal control of mammogenesis and onset of lactation in cows – A review. **Journal of Dairy Science**, v.60, n.2, 1976.

ERDMAN, R.A., VARNER, M. Fixed responses to increased milking frequency. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.5, p.1199-1203, 1995.

ETHERTON, T.D., BAUMAN, D.E. Biology of somatotropin in growth and lactation in domestic animals. **Physiological Reviews**, v.78, n.3, p.745-761, 1998.

FALCONER; D.S., MACKAY; T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 Ed. Longman: Scientific & Technical. 464p. 1996

FERREIRA, A.T., *et al.*, Influência da somatotropina bovina recombinante (rBST), aplicada um dia após o parto, sobre a produção de vacas da raça Holandesa primíparas. **Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial - Lavras. p.1568-1574, 2002.

- FERREIRA, G.B, FERNANDES, H.D. Parâmetros genéticos para características produtivas em bovinos da raça Holandesa no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.2, p.421-426, 2000.
- FORSYTH, I.A. The insulin-like growth factor and epidermal growth factor families in mammary cell growth in ruminants: action and interaction with hormones. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.6, p.1085-1096, 1996.
- FREITAS, A.F., *et al.* Parâmetros genéticos para produções de leite e gordura nas três primeiras lactações de vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.3, p.709-713, 2001.
- FREITAS, M.S. Avaliação de características reprodutivas de bovinos da raça holandesa do Estado de Minas Gerais. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Viçosa, 88p., 2006.
- GALLO, L. *et al.* Modeling response to slow-releasing somatotropin administered at 3- or 4-week intervals. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.3, p.759-769, 1994.
- GERTLER, A.; ASHKENAZI, A., MADAR, Z. Binding sites of human growth hormone and ovine and bovine prolactins in the mammary gland and the liver of lactating dairy cows. **Molecular and Cellular Endocrinology**. v.34, n.1, p.51-57, 1984.

- GIBSON, J.P. *et al.* Effect on Production Traits of Bovine Somatotropin for Up to Three Consecutive Lactations. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.3, p.837-846. 1992.
- GLIMM, D.R., BARACOS, V.E., KENNELLY, J.J. Northern and In situ hybridization analyses of the effects of somatotropin on bovine mammary gene expression. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.10, p.2687-2705. 1992.
- GULAY, M.S., *et al* Responses of Holstein cows to a low dose of somatotropin (bST) prepartum and postpartum. **Journal of dairy Science**. v.86, n.10, p.3195-3205, 2003.
- GÜLAY, M.S. & HATİPOĞLU, F.S. Use of bovine somatotropin in management of transition dairy cows. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.29, n3, p.571-580. 2005.
- GRIFFITHS, A.J.F. *et al.* **Introdução à genética**. 7ª edição. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro. 794p. 2002.
- HEMKEM, R.W. *et al.* Effect of dietary energy and previous bovine somatotropin on milk yield, mastitis, and reproduction in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.74, n.12, p.4265-4272, 1991.

- ISRAEL, C.; WELLER, J.I. Effects of misidentification on genetic gain and estimation of breeding value in dairy cattle populations. **Journal of Dairy Science**. v.83, n.1, p.181–187, 2000.
- JORGE, A.M., GOMES, M.I.F.V., HALT, R.C. Efeito da utilização de somatotropina bovina recombinante (bST) sobre a produção de leite em búfalas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1230-1234, 2002.
- JUDGE, L.J., ERSKINE, R.J., BARTLETT, P.C. Recombinant bovine somatotropin and clinical mastitis: incidence, discarded milk following therapy and culling. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.12, p.3212-3218, 1997.
- KNAPP, J.R. *et al.* Effects of somatotropin and substrates on patterns of liver metabolism in lactating dairy cattle. **Journal of dairy Science**, v.75, n.4 p.1025-1035, 1992.
- KINOSHITA, J., SUZUKI, N., KAISER, H.M. An economic evaluation of recombinant bovine somatotropin Approval in Japan. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.5, p.1565-1577. 2004.
- KOZICKI, L.E. *et al.* A somatotropina bovina (bST) e sua relação com o recrutamento folicular ovariano durante o ciclo estral de vacas. **Archives of Veterinary Science**. v.10, n.1, p.35-44. 2005.

LEITCH, W., BURNSIDE, E.B. Bovine Somatotropin: Boon for the 1990's? **Holstein Journal**, 1986. Disponível em: <<http://cgil.uoguelph.ca/pub/articles/bovine.html>>
Acesso em: 17/09/2006.

LEITCH, H.W, BURNSIDE, E.B, McBRIDE, B.W. Treatment of dairy cows with recombinant bovine somatotropin: Genetic and phenotypic aspects. **Journal of Dairy Science**. v.73, n.1, p.181-190, 1990.

LONDOÑO, A.A.S., *et al.* Somatotropina bovina para vacas de leite em lactação. 1. Produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.26, n.6, p.1227-1233, 1997.

LUNA-DOMINGUEZ, J.E., *et al.* Reproductive Performance of Holstein Cows Receiving Somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.7, p.1451-1455. 2000.

MARANHÃO, **Efeito do polimorfismo do gene do GH e suas relações com níveis de IGF-I, progesterona e escore corporal, produção de leite e dias em aberto em vacas holandesas no início da lactação.** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 91p., 2003.

McBRIDE, B.W., BURTON, J.L., BURTON, J.H. The influence of bovine growth hormone (somatotropin) on animals and their products. **Res. Dev. Agric.** v.5, n.1, 1988.

- McGUFFEY, R.K. *et al.* Lactation response of dairy cows receiving bovine somatotropin via daily injections or in a sustained-release vehicle. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.3, p.763-771, 1990.
- MELO, C.M.R. *et al.* Avaliação genética de touros usando produção em lactações completas ou parciais projetadas. 2. Correlações e coincidência de ordem no “rank”. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.715-719, 2000.
- MELO, C.M.R. **Componentes de variância e valores genéticos para produções de leite no dia do controle e da lactação na raça Holandesa com diferentes modelos estatísticos**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” – Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 110p. 2003.
- MORBECK, D.E, BRITT, J.H, McDANIEL, B.T. Relationships among milk yield, metabolism, and reproductive performance of primiparous Holstein cows treated with somatotropin. **Journal of Dairy Science**. v.74, n.7, p.2153-2164, 1991.
- MÜHLBACH, P.R.F. Produção de leite com vacas de alta produtividade. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 40, Santa Maria: UFSM, 20p. (CD ROM), 2003.
- NEUMANN, M. **Relações nutrição-reprodução em ruminantes. Seminário apresentado à disciplina de Endocrinologia da Reprodução do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS**. 2003. Disponível em: <http://www.ufrgd.br/bioquimica/posgrad/endocrino/nutr_end.pdf> Acesso em: 15/04/2007.

- OLIVEIRA, M.M. *et al.* Efeitos de fatores ambientais e herdabilidade no perímetro escrotal em bovinos Hereford. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.3, p.353-356, 2004.
- OLIVEIRA-NETO, J.B., *et al.* Indicadores de estresse térmico e utilização da somatotropina bovina (bST) em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) no semi-árido do nordeste. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.2, p.360-367, 2001.
- PEEL, J.M., BATES, P.C. The nutritional regulation of growth hormone action. **Nutrition Research Reviews**. v.3, p.163-192, 1990.
- PEEL, C.J., BAUMAN, D.E. Somatotropin and lactation. **Journal of Dairy Science**, v.80; n.6; p.1085-1091. 1987.
- PEREIRA, M.N, Cortar custos não é a única maneira para aumentar a lucratividade. Boletim do Leite. **ESALQ**. Ano 10, n.114, 2003. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> Acesso em: 10/04/2007.
- PROSSER, C.G. *et al.* Regulation of blood flow in the mammary microvasculature. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.7, p.1184-1197. 1996.
- RANDALL, D., BURGGREN, W., FRENCH, K. **Fisiologia animal: Mecanismos e adaptações**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: editora Guanabara Koogan S.A., 729p, 2000.

- REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia doa animais domésticos**. 12ª Edição. Rio de Janeiro: editora Guanabara Koogan S.A., 926p, 2007.
- RENNÓ, F.P., *et al.* Efeito da somatotropina bovina recombinante (rBST) sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas da raça holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.58, n.2, p.158-166, 2006.
- SANTOS, R.A., Efeito de diferentes doses de somatotropina bovina (bST) na produção e composição do leite. **Ciência e Agrotecnologia** - Lavras. v.25, n.6, p.1435-1445, 2001.
- SAS System for Windows®. Version 9.1.3. 2003. SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal - Adaptação e meio ambiente**. 5ª edição. Editora Santos, 2002. São Paulo. 612p.
- SECHEN, S.J. *et al.* Effect of somatotropin on kinetics of nonesterified fatty acids and partition of energy, carbon and nitrogen in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.72, n.1, p.57-59, 1989.
- SECHEN, S.J., DUNSHEA, F.R., BAUMAN, D.E. Somatotropin in lactating dairy cows: effect on response to epinephrine and insulin. **American Journal of Physiology**. v.258, n.4, p.582-588, 1990.

- SHAMS, D. Recent implications of hormonal control of lactation. In: Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. **Proceedings of the eight International Symposium on Ruminant Physiology**. p.429-449, 1995.
- SIMIONI, V.M. Herdabilidade e fontes de variação que influenciam a característica data do parto em bovinos. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v.19, n.3, p.95-101, 2003.
- SOLDERHOLM, C.G. *et al.* Effects of recombinant bovine somatotropin on milk production, body composition and physiological parameters. **Journal of Dairy Science**.v.71, n.2, p.355-365, 1988.
- SWALVE, H.H. The effect of test-day models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yield traits. **Journal of Dairy Science**. v.78; n.4; p.929-938, 1995.
- TARAZON-HERRERA, M.A., *et al.* Effects of Bovine Somatotropin on Milk Yield and Composition in Holstein Cows in Advanced Lactation Fed Low- or High-Energy Diets. **Journal of Dairy Science**. v.83, n.3, p.430-434, 2000.
- TAUER, L.W.; KNOBLAUCH, W.A. The empirical impact of bovine somatotropin on New York dairy cows farms. **Journal of Dairy Science** v.80, n.06, p.1092-1097, 1997.
- TSURUTA, S., *et al.* Bias in genetic evaluations by records of cows treated with bovine somatotropin. **Journal of Dairy Science**. v.83, n.11, p.2650-2656, 2000.

- ÜNALAN, A., CEBECI, Z. Estimation of genetic parameters and correlation for the first lactation Milk yields in Holstein Friesian cattle by the REML method. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**. v.28, p.1043-1049, 2004.
- VAN VLECK, L.D. Contemporary groups for genetic evaluations. **Journal of Dairy Science**. v.70, n.11, p.2456-2464, 1987.
- VAN VLECK, L.D. Animal model for bull and cow evaluation. In: **Large dairy herd management symposium**. Gainesville. p.1-31, 1992.
- VERNEQUE, R. S. Efeito do hormônio do crescimento (bST) na acurácia das avaliações genéticas do gado leiteiro. *in*: **Anais. Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**. Uberaba. v.2, p.47-52, 1998.
- WADE, K.M., VAN VLECK, L.D. Genetic parameters for production traits of Holsteins in Califórnia, New York and Wisconsin. **Journal of Dairy Science**. v.72, n.5, p.1280-1285, 1989.
- WEBER, T., *et al.* Coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas para as produções de leite e de gordura, em diferentes níveis de produção, para raça Holandesa no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.2, p.514-519, 2005.
- WEIGEL, K.A., *et al.*, Impact of Bovine Somatotropin on Genetic Evaluation of Dairy Sires and Cows. **Journal of Dairy Science**. v.81, n.7, p.2045-2051, 1998.

WEST, J.W., BONDARI, K., JOHNSON JR, J.C. Effects of bovine somatotropin on milk yield ad composition, body weight and condition score of Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**. v.73, n.4, p.1062-1068, 1990.

WHITE, T.C. *et al.* Clinical mastitis in cows treated with sometribove (recombinant bovine somatotropin) and its relationship to milk yield. **Journal of Dairy Science**, v.77, n8, p.2249-2260, 1994.

ZOA-MBOE, A. *et al.* Effects of bovine somatotropin on milk yield and composition, dry matter intake and some physiological functions of Holstein cows Turing heat stress. **Journal of dairy Science**, v.72, n.4, p.907-916, 1989.