

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS DO PELAME E DA TAXA
DE SUDAÇÃO SOBRE PARÂMETROS REPRODUTIVOS EM
VACAS DA RAÇA BRAFORD**

Elaine Cristina Abaker Bertipaglia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Gomes da Silva

Co-Orientador: Prof. Dr. César Roberto Esper

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Medicina Veterinária (Reprodução Animal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2007

Bertipaglia, Elaine Cristina Abaker
B544e Efeito das características do pelame e da taxa de sudação sobre
 parâmetros reprodutivos em vacas da raça braford
 / Elaine Cristina Abaker Bertipaglia. – – Jaboticabal, 2007
 xx, 163 f. ; 28 cm

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007
 Orientador: Roberto Gomes da Silva
 Banca examinadora: Danísio Prado Munari, Evaldo Antônio
Lencioni Titto, Josineldson Augusto II de Vasconcelos Silva, Vera
Fernanda Martins Rossepian de Lima
 Bibliografia

 1. Reprodução. 2. Bovinos. 3. Adaptação. I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

 CDU 619:612.6:636.2

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

DADOS CURRICULARES

ELAINE CRISTINA ABAKER BERTIPAGLIA, nascida em 8 de abril de 1976, em Dracena-SP, é Médica Veterinária, formada pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal-SP, em janeiro de 2000. Durante a graduação, no período de 1997 a 1999, dedicou-se ao trabalho de iniciação científica “Resistência cruzada entre estádios do carrapato *Rhipicephalus sanguineus* (LATREILLE, 1806) em cobaias”, sob a orientação do Prof. Dr. Gervásio Henrique Bechara e Dr. Matias Juan Szabó; este recebeu menção honrosa por estar entre os 10 melhores trabalhos apresentados no congresso de iniciação científica da UNESP, realizado em Botucatu, 1999. Em janeiro de 2003 obteve o título de mestre em Medicina Veterinária, área de concentração em Reprodução Animal, pelo curso de Pós-graduação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, FCAV_ UNESP, campus de Jaboticabal, cuja dissertação foi intitulada “Interação entre microclima e reprodução em bovinos leiteiros”. Em março de 2003 iniciou o curso de pós-graduação da FCAV_UNESP-campus de Jaboticabal como doutoranda.

Certeza

De tudo, ficaram três coisas:

A certeza de que estamos sempre começando...

A certeza de que precisamos continuar...

A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...

Portanto devemos:

Fazer da interrupção um caminho novo...

Da queda um passo de dança...

Do medo, uma escada...

Do sonho, uma ponte...

Da procura, um encontro...

Fernando Pessoa

Aos meus pais Pedro e Marta com todo meu amor

Dedico

AGRADECIMENTOS

À grande oportunidade da realização do doutorado e de minha formação profissional na **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária –UNESP, Jaboticabal**.

Ao **Prof. Roberto Gomes da Silva** pela orientação, mas principalmente pelos ensinamentos transmitidos e por me ensinar a amar uma área tão importante da zootecnia, a Bioclimatologia Animal.

Ao **Dr. Luis Alberto Fries, Gensys consultores associados**, por contribuir e participar de forma única na realização desta tese. Agradeço enormemente seu contato inicial com o Sr. Edson Reche gerente das Fazendas Paquetá, Faz. Dom Arlindo, para realização do estudo com o rebanho desta propriedade. Agradeço seu auxílio direto nas análises estatísticas, pelas sugestões e ensinamentos transmitidos; pela participação como membro da banca de qualificação e por suas correções e sugestões. E, o mais importante, por me motivar de forma direta e indireta à continuidade da pesquisa nesta área.

À **Dra. Vânia Cardoso, Gensys consultores associados**, por contribuir de forma única, direta e exaustiva no auxílio das análises estatísticas, por sua dedicação, pela paciência em transmitir seus conhecimentos, pelo grande apoio e grande amizade.

Ao **Dr. Mario Luís Piccoli, do Gensys consultores associados**, pela atenção e envio dos arquivos de dados do rebanho.

Ao pesquisador do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, **Josineldson Augusto II de Vasconcelos da Silva** pelo auxílio, sugestões e participação nas análises estatísticas; assim como, pelos ensinamentos transmitidos, pela força, atenção e contribuição na conclusão deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. César Roberto Esper**, por se disponibilizar a ser meu **co-orientador**, pela participação na banca da qualificação, principalmente pelos ensinamentos transmitidos e por estar sempre pronto a auxiliar.

Ao **Sr. Edson Reche**, gerente geral, das **Fazendas Paquetá LTDA.**, e ao gerente administrativo da **Fazenda Dom Arlindo, Sr. Daniel Reche** pela grande oportunidade de desenvolver o projeto de pesquisa nesta propriedade. Em especial por disponibilizarem o rebanho para o estudo, por disponibilizarem seus funcionários e veículos para os muitos dias de amostragens, pelos auxílios que foram necessários de todas as ordens, pela receptividade, pelo interesse no desenvolvimento do projeto de pesquisa, pelas informações importantes que foram passadas para o desenvolvimento do projeto, em especial pelas amizades que conquistei e pela acolhida na pensão da fazenda durante os meses em que estive longe de casa.

Ao **Sr. Osmar**, capataz geral, e ao **Édson**, técnico agrícola, **da Fazenda Dom**

Arlindo, por sempre estarem dispostos a ajudar, passaram as informações zootécnicas do rebanho e arquivos de dados do rebanho, assim como pelas amizades construídas.

Aos campeiros da **Fazenda Dom Arlindo**, em especial aos Srs. **Jair, Valdir, Hélio, Mário, Antônio, e demais** pelo grande e especial auxílio na contenção dos animais e na amostragem do pelame e da taxa de sudação. Por transmitir suas valiosas experiências profissionais com o manejo do rebanho, transmitindo informações importantes do comportamento, manejo e desempenho do rebanho, relacionadas com o assunto da tese, para que discussões do assunto pudessem ser geradas de forma verídica.

Ao **Anderson**, funcionário do escritório da **Fazenda Dom Arlindo**, pela dedicação e prontidão das medidas dos dados meteorológicos e auxílios dispensados.

Ao **Sr. Cláudio Lazarotto, da EMBRAPA-CPAO, Dourados-MS**, por disponibilizar os arquivos dos dados meteorológicos diários dos anos de 2003 e 2004.

A minhas irmãs Liandra e Letícia pelo carinho e atenção e por participarem direta ou indiretamente do trabalho.

À **Ângela Arduíno**, técnica do laboratório de Bioclimatologia da FCAV_UNESP, pela amizade, auxílios e colaboração na determinação das características do pelame.

Aos funcionários da Biblioteca desta unidade de ensino e pesquisa pelo auxílio em tudo que precisamos desta sessão.

A toda energia e luz, alegrias ou sofrimentos, que são os ensinamentos de vida que Deus nos oferece para que possamos melhorar a cada dia. Às realizações e concretizações dos sonhos, e a bênção desta vida. Obrigada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS	XVI
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	001
1 INTRODUÇÃO	001
2 OBJETIVOS	003
2.1 Objetivo Geral	003
2.2 Objetivos Específicos	003
3 REVISÃO DE LITERATURA	004
3.1 Ambiente e termoregulação.....	004
3.2 Adaptação	006
3.3 Características do pelame	007
3.4 Sudação em bovinos.....	010
3.5 Diferenças adaptativas entre zebuínos e taurinos	012
3.6 Reprodução de zebuínos e taurinos em ambientes quentes.....	014
3.7 Efeitos gerais do estresse térmico sobre a reprodução.....	017
3.8 Efeitos específicos do estresse térmico sobre a reprodução.....	018
3.8.1 Alterações pelo estresse térmico nos hormônios reprodutivos.....	018
3.8.2 Comportamento de cio	020
3.8.3 Efeitos do estresse térmico na dinâmica folicular e na competência oocitária	021
3.8.4 Efeitos da hipertermia uterina sobre os espermatozóides.....	022
3.8.5 Resposta uterina à hipertermia e reconhecimento materno fetal	023
3.8.6 Mortalidade embrionária precoce	023
3.8.7 Desenvolvimento fetal	024
3.9 Eficiência reprodutiva e parâmetros genéticos.....	026
3.10 Parâmetros genéticos das características do pelame e da taxa de sudação	029
CAPÍTULO 2 –CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM FÊMEAS BOVINAS BRAFORD	031
1 INTRODUÇÃO	032
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	034
2.1. Animais, manejo e origem dos dados.....	034
2.2 Características do pelame	037
2.3 Taxa de sudação	039
2.4 Dados meteorológicos.....	041
2.5 Modelos matemáticos e análise estatística	043
2.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e componentes de variância.....	045
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	047
3.1 Estatística Descritiva	047
3.2 Análise de variância.....	048
3.3 Estimativas de herdabilidade.....	052
3.4 Correlações genéticas	053

4 CONCLUSÕES	055
5 IMPLICAÇÕES.....	056
CAPÍTULO 3 - DESEMPENHO REPRODUTIVO, CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM VACAS DA RAÇA BRAFORD	057
1 INTRODUÇÃO	058
2 MATERIAL E MÉTODOS	059
2.1 Origem dos dados e manejo do rebanho.....	059
2.2 Variáveis reprodutivas	062
2.3 Características do pelame	062
2.4 Taxa de sudação	063
2.5 Modelos matemáticos e análise estatística	064
2.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e componentes de variância.....	066
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	067
3.1 Estatística Descritiva	067
3.2 Análise de variância do Intervalo de partos	070
3.3 Análise de variância de dias para o parto	072
3.4 Parâmetros genéticos.....	074
3.3 Correlações genéticas	077
4 CONCLUSÕES	078
5 IMPLICAÇÕES.....	079
CAPÍTULO 4 - PRECOCIDADE SEXUAL E CARACTERÍSTICAS ADAPTATIVAS EM NOVILHAS BRAFORD.....	080
1 INTRODUÇÃO	081
2 MATERIAL E MÉTODOS	082
2.1 Animais, manejo e origem dos dados.....	082
2.2 Idade ao primeiro parto.....	084
2.3 Características do pelame	084
2.4 Taxa de sudação	085
2.5 Modelos matemáticos e análise estatística	086
2.5.1 Idade ao primeiro parto de novilhas nascidas no primeiro semestre de 2002 (IPP1)	086
2.5.2 Idade ao primeiro parto de novilhas nascidas no segundo semestre de 2002 (IPP2)	087
2.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e componentes de variância.....	087
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	089
4 CONCLUSÕES	095
5 IMPLICAÇÕES.....	096
CAPÍTULO 5 - EFEITOS DE CARACTERÍSTICAS DO PELAME, TAXA DE SUDAÇÃO E FATORES METEOROLÓGICOS SOBRE A DETECÇÃO DE CIO EM VACAS BRAFORD	097
1 INTRODUÇÃO	098
2 MATERIAL E MÉTODOS	100
2.1 Animais, manejo e origem dos dados.....	100
2.2 Detecção de cio	102
2.3 Dados Meteorológicos	103
2.4 Características do pelame	103
2.5 Taxa de sudação	104

2.6	Análise estatística.....	106
2.7	Estimação da herdabilidade e componentes de variância.....	107
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	107
3.1	Estatística descritiva e efeitos das características adaptativas e fatores meteorológicos	107
3.2	Estimativas dos parâmetros genéticos	116
4	CONCLUSÕES	117
CAPÍTULO 6 – FATORES CLIMÁTICOS E ADAPTATIVOS SOBRE A GESTAÇÃO EM VACAS BRAFORD EM AMBIENTE TROPICAL ÚMIDO		
1	INTRODUÇÃO	118
2	MATERIAL E MÉTODOS	119
2.1	Animais, manejo e origem dos dados.....	120
2.2	Gestação na primeira inseminação (G1IA)	122
2.3	Gestação ao final da estação de monta (GEM)	123
2.4	Dados Meteorológicos	123
2.5	Características do pelame	124
2.6	Taxa de sudação	125
2.7	Análise estatística.....	126
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	128
4	CONCLUSÕES	136
	REFERÊNCIAS.....	137

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2 –CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM FÊMEAS BOVINAS BRAFORD

Tabela 1. Descrição dos efeitos fixos usados no modelo touro univariado e bivariado para a análise dos componentes de variância e estimativa da herdabilidade das características do pelame e taxa de sudação.	046
Tabela 2. Médias gerais observadas e respectivos desvios-padrão (d.p.), valores mínimos e máximos da taxa de sudação e das características do pelame de vacas Braford	047
Tabela 3. Quadrados médios das características morfológicas e refletância do pelame de 1607 vacas da raça Braford.	048
Tabela 4. Resumo das análises de variâncias obtidas para a soma de quadrados (S.Q.) do tipo I e III da taxa de sudação ($g.h^{-1}.m^{-2}$) com as características do pelame ajustadas ^C e não ajustadas para os efeitos importantes sobre seus modelos.....	050
Tabela 5. Estimativas dos components de variância, herdabilidades no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2) de análises univariadas.....	052
Tabela 6. Estimativas de correlações genéticas (r_g), herdabilidade (h^2) e erros padrões (s.e.) das análises bivariadas das características do pelame e taxa de sudação em vacas da raça Braford	054

CAPÍTULO 3 - DESEMPENHO REPRODUTIVO, CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM VACAS DA RAÇA BRAFORD

Tabela 1. Médias gerais das observações e respectivos desvio padrão, valor máximo (Max) e mínimo (Min) do intervalo de partos (IEP, n=423), de dias para o parto (DPP, n=1202) da taxa de sudação (TS) e características do pelame de vacas Braford.	068
Tabela 2. Resumo da análise de variância do intervalo de partos de vacas Braford (n=423).....	070
Tabela 3. Médias estimadas por quadrados mínimos do intervalo de partos de vacas Braford (n=423).....	071
Tabela 4. Resumo da análise de variância de dias para o parto em vacas Braford (n=1202).....	073
Tabela 5. Médias estimadas por quadrados mínimos de dias para o parto em vacas Braford.	073
Tabela 6. Estimativas dos components de variância, herdabilidades no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2) de análises univariadas, das características do pelame, taxa de sudação, intervalo de partos e número de dias para o parto (DPP) de vacas cruzadas Nelore x Hereford.....	075
Tabela 7. Estimativas de correlações genéticas (r_g), herdabilidade (h^2) e erros padrões das análises bivariadas das características do pelame, taxa de sudação, intervalo de partos (IEP) e dias para o parto (DPP) em vacas da raça Braford.	077

CAPÍTULO 4 - PRECOCIDADE SEXUAL E CARACTERÍSTICAS ADAPTATIVAS EM NOVILHAS BRAFORD

Tabela 1. Média geral, desvio padrão (dp) valor máximo e mínimo da idade ao primeiro parto de novilhas Braford nascidas no primeiro (IPP1) semestre e outras características.....	089
Tabela 2. Média, desvio padrão (dp), valor máximo e mínimo da idade ao primeiro parto de novilhas Braford nascidas na primavera (IPP2, dias) e outras características.....	090
Tabela 3. Resumo da análise de variância da idade ao primeiro parto novilhas de Braford nascidas no primeiro (IPP1) e no segundo (IPP2) semestre de 2003, localizadas em Naviraí, Mato Grosso do Sul.....	091
Tabela 4. Análise de variância da idade ao primeiro parto (IPP2) de novilhas Braford	093
Tabela 5. Estimativas de variância fenotípica (σ_f^2), ambiental (σ_e^2), genética (σ_a^2) e da herdabilidade (h^2) das características morfológicas do pelame, taxa de sudção (TS) e idade ao primeiro parto (IPP2) de novilhas Braford nascidas no segundo semestre de 2002.....	094
Tabela 6. Correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre características do pelame, taxa de sudção e idade ao primeiro parto de novilhas Braford em ambiente tropical.....	094

CAPÍTULO 5 – EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS DO PELAME, TAXA DE SUDAÇÃO E FATORES METEOROLÓGICOS SOBRE A DETECÇÃO DE CIO EM VACAS BRAFORD

Tabela 1. Estatística descritiva para as características do pelame de 1167 vacas Braford e variáveis meteorológicas durante o período de observação de cio (outubro a dezembro de 2003).....	108
Tabela 2. Distribuição de freqüência das variáveis classificatórias para o diagnóstico de cio em vacas Braford.....	110
Tabela 3. Razão de chances (“odds ratios”) e porcentagens de diagnóstico de cio (Dcio) das classes dos efeitos incluídos no modelo (modelo 1) de regressão logística final para 1167 vacas Braford.	111
Tabela 4. Razão de chances (“odds ratios”) e porcentagens de diagnóstico de cio (Dcio) dos efeitos incluídos no modelo (modelo 2) de regressão logística final de 772 vacas Braford.....	112

CAPÍTULO 6 – FATORES CLIMÁTICOS E ADAPTATIVOS SOBRE A GESTAÇÃO EM VACAS BRAFORD EM AMBIENTE TROPICAL ÚMIDO

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis meteorológicas, da gestação na primeira inseminação (G1IA), gestação na estação de monta (GEM), características do pelame de vacas Braford durante o período da inseminação artificial (outubro a dezembro de 2003).....	129
Tabela 2. Razão de chances (“odds ratios”) e intervalos de confiança dos efeitos sobre a gestação na primeira inseminação (G1IA) no modelo múltiplo de logística final em 667 vacas Braford,	

em Naviraí, MS.....	132
Tabela 3. Razão de chances (“odds ratios”) e intervalos de confiança dos efeitos sobre a gestação ao final da estação de monta (GEM) de 1497 vacas Braford em Naviraí, MS.	134

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 2 –CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM FÊMEAS BOVINAS BRAFORD

Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (T_a , °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS	035
Figura 2. Localização da área para retirada da amostra do pelame, medida da espessura da capa e da taxa de sudação.....	037
Figura 3. Método utilizado para retirada das amostras de pêlos (SILVA, 2000a) que utiliza um alicate comum de eletricista com o bico limado e afastador determinando área total a ser amostrada (a, c). Posicionamento do alicate e retirada dos pêlos (b, d).....	037
Figura 4. Avaliação da espessura da capa de pelame, usando-se uma régua metálica milimetrada e provida de um cursor (a), introduzida perpendicularmente na superfície do pelame até tocar suavemente a pele (b), e então o cursor será movido até tocar a superfície externa do pelame (c), fazendo-se a leitura em milímetros(d)	038
Figura 5. Escala padrão para determinação visual da pigmentação da epiderme e do pelame de bovinos (SILVA, 2000a).....	049
Figura 6. Método colorimétrico para determinação da taxa de sudação de acordo com Schleger & Turner (1965). Discos de 0,5 cm de diâmetro tratados com solução de cloreto de cobalto a 10%, montados sobre lâmina de microscopia e fixados com fita adesiva transparente: a) róseo=saturado de água; b) azul=seco.....	040
Figura 7. Medida do tempo necessário para que pequenos discos de papel filtro impregnados com cloreto de cobalto mudem sua coloração de azul-violeta (a, b) para róseo-claro (c, d).	040
Figura 8. Medida da temperatura do globo negro (T_{gn} , °C), à uma altura referente ao centro do corpo dos animais e a medida da velocidade do vento com um anemômetro.....	043

CAPÍTULO 3 - DESEMPENHO REPRODUTIVO, CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM VACAS DA RAÇA BRAFORD

Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (T_a , °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS..	061
--	-----

CAPÍTULO 4 - PRECOCIDADE SEXUAL E CARACTERÍSTICAS ADAPTATIVAS EM NOVILHAS BRAFORD

Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (T_a , °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS..	083
--	-----

CAPÍTULO 5 – EFEITOS DE CARACTERÍSTICAS DO PELAME, TAXA DE SUDAÇÃO E FATORES

METEOROLÓGICOS SOBRE A DETECÇÃO DE CIO EM VACAS BRAFORD

Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (T_a , °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS.. 101

CAPÍTULO 6 – FATORES CLIMÁTICOS E ADAPTATIVOS SOBRE A GESTAÇÃO EM VACAS BRAFORD EM AMBIENTE TROPICAL ÚMIDO

Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (T_a , °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS.. 121

LISTA DE ABREVIATURAS

C= comprimento médio dos pêlos;

Cp= proporção do vermelho, do preto, do branco, do cinza ou do cinzento (semelhante ao Nelore, pêlos brancos misturados com pretos) sobre a superfície total do animal;

CTR= Carga térmica radiante;

D= diâmetro médio dos pêlos;

Dcio= taxa de detecção de cio;

DPP= Dias para o parto;

E= espessura da capa do pelame;

EM= Estação de monta;

GC= grupo de contemporâneos;

G1IA= taxa de gestação na primeira inseminação;

GEM= taxa de gestação na estação de monta;

h²= herdabilidade no sentido estrito;

H²= herdabilidade no sentido amplo;

He= Hereford;

IA= inseminação artificial;

IEP = intervalo entre partos;

IPP= idade ao primeiro parto;

IPP1= idade ao primeiro parto de fêmeas nascidas entre janeiro e março;

IPP2= idade ao primeiro parto fêmeas nascidas entre julho e outubro;

N= número de pêlos por unidade de área;

Ne= Nelore;

Pg= pigmentação do pelame; a intensidade da cor ou tons do preto ou vermelho (0-100%)

R= refletância média da capa;

r= refletância do pelame para cada cor (vermelho=0,513; preto=0,121; branco=0,621; cinza=0,512; cinzento=0,340, cinzento = pelos brancos misturados com pretos semelhante ao nelore);

REML= método da Máxima Verossimilhança Restrita;

r_g= correlação genética;

r_p= correlação fenotípica;

Ta= temperatura do ar;

T_{GN}= temperatura do globo negro;

TS= taxa de sudação;

UR= umidade relativa do ar;

EFEITO DAS CARACTERÍSTICAS DO PELAME E DA TAXA DE SUDAÇÃO SOBRE PARÂMETROS REPRODUTIVOS EM VACAS DA RAÇA BRAFORD

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das características do pelame e da taxa de sudção (TS) sobre o desempenho reprodutivo de vacas da raça Braford e estimar as herdabilidades e correlações genéticas destas características. Dados da TS, espessura da capa (E), refletância da superfície da capa (R), comprimento dos pêlos (C), diâmetro dos pêlos (D) e número de pêlos por unidade de área (N) foram observados. Ainda, foram avaliadas as seguintes variáveis da reprodução: intervalo de partos (IEP); dias para o parto (DPP); idade ao primeiro parto (IPP); taxa de detecção de cio (Dcio); taxa de gestação para a primeira inseminação (G1IA) e taxa de gestação para a estação de monta (GEM). Os dados de desempenho reprodutivo referem-se aos partos dos anos de 2003 e 2004. Foram avaliadas as inseminações referentes às gestações da estação de monta do período de outubro de 2003 a janeiro de 2004. Durante este período, foram observadas temperatura máxima do ar (T_a), pressão parcial de vapor (P_v) e carga térmica radiante (CTR). As variáveis contínuas (todas as características do pelame, TS, IEP, DPP e IPP) foram analisadas pelo método dos quadrados mínimos. Os seguintes efeitos fixos foram considerados no modelo de todas as características do pelame: pais; grupos de contemporâneos; mês da observação; genótipo e idade. O pai da vaca foi importante para todas as características do pelame, exceto para N. Grupos de contemporâneos afetou todas as variáveis, o mês afetou a variação do C e da R. O genótipo foi importante para C, D e R e a idade afetou R. Na análise da TS foram considerados: grupos de contemporâneos; pais; genótipo; E; C; D; N; R; hora da observação; idade; T_a ; P_v e CTR. Todos os fatores meteorológicos e grupos de contemporâneos foram significativos. Para a análise do IEP os seguintes efeitos foram considerados: idade da vaca ao parto; genótipo; pai; R; E; C; N; D e TS. Para DPP foram considerados os efeitos: R; E; C; N; D; TS; genótipo; idade no início da estação de monta e pai. A idade, o genótipo e a TS foram significativos para o IEP e DPP, exceto a TS para o IEP. A idade ao primeiro parto de novilhas nascidas entre janeiro e março (IPP1) e entre julho e outubro (IPP2) foram analisadas. Somente o pai foi significativo para IPP1; para IPP2, foram significativos: pai, E e D. As variáveis binárias Dcio, G1IA, GEM foram analisadas

por modelos de regressão logística. Na análise de Dcio foram observados efeitos significativos para idade, estado fisiológico e TS e E. A G1IA foi negativamente associada à Pv, à CTR e à TS. GEM foi associada à E, ao genótipo, ao estado fisiológico e à idade. As estimativas de herdabilidade e correlações genéticas foram realizadas pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), sob o modelo touro. Os resultados incluem estimativas de herdabilidade no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2). Em geral, as correlações genéticas entre as características do pelame, TS, IEP, DPP e IPP foram não significativas, devido ao elevado erro padrão. Baseado nos resultados deste estudo e devido à importância das características do pelame e capacidade de sudção sobre o desempenho reprodutivo em animais manejados em sistema extensivo em ambiente tropical, novos estudos são necessários. No entanto, permanece a necessidade de se estimar as correlações genéticas entre características adaptativas e da reprodução com o objetivo da seleção conjunta para o progresso da adaptação e reprodução de bovinos da raça Braford em ambientes quentes.

Palavras-Chave: bovinos, características do pelame, desempenho reprodutivo, estresse térmico, parâmetros genéticos, taxa de sudção

EFFECTS OF HAIR COAT CHARACTERISTICS AND SWEATING RATE ON REPRODUCTIVE TRAITS IN BRAFORD COWS

ABSTRACT - This study deals with the effects of hair coat characteristics and sweating rate on reproduction of Braford cows and estimation of heritabilities and genetic correlations of these traits. Data on hair length (L), coat thickness (T), hair diameter (D), number of hairs per unit area (N), coat reflectance (R) and sweating rate (SR) were recorded. In addition, calving interval (CI); days to calving (DC); age at first calving (AFC); Estrous detection rate (EDR); conception rate at first insemination (CR1AI) and conception rate at breeding season (CBS) were evaluated. The continuous data were analyzed by least squares methods; considering the following fixed effects on the model for hair coat traits: sires and contemporary groups; month; genotype and age. The effect of sire was important for all hair coat traits, except for N; contemporary groups affected all hair coat traits; the effect of sampling month was important for L and R; genotype affected L, D and R; age was important only for R. The model of SR considered the following fixed effects: contemporary groups; sires; genotype; T, L, D, N, R; time of day, age, air temperature (Ta), partial vapour pressure (Pv) and radiant heat load (RHL). All the meteorological factors and contemporary groups were significant on SR. Age at calving, genotype, sire, R, T, L, N, D and SR were considered as fixed effects on analyses of CI. For the analyses of DC were considered: R, T, L, N, D, SR, genotype, age and sire. Age, genotype and SR were significant on CI and DC. Age at first calving of heifers born from January to March (AFC1) and from July to October (AFC2) were analyzed. Only sire was significant on AFC1; sire, E and D affected the variation of AFC2. The binary traits EDR; CR1AI and CBS were analyzed by logistic regression models. For EDR, significant associations were observed for age, physiological status and SR. CR1IA was negatively associated with Pv, RHL and SR. The Restricted Maximum Likelihood (REML) method was used in the single-trait and two-trait analyzes to estimate variance and covariance components under the sire model. Results included heritability estimates in narrow (h^2) and broad (H^2) sense for single-trait analyzes. Genetic correlations between adaptive traits and fertility traits were not significant due to high standard errors. Based on the results of this study, imply that hair coat characteristics and sweating ability are important for

the adaptability and reproductive performance of cows on range submitted to heat stress; thus, they must be better studied and further considered for selection for genetic progress of adaptation and reproduction in tropical environment.

Keywords: Beef cattle, genetic parameters, hair coat, heat stress, reproductive performance, sweating rate

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Condições térmicas adversas ocorrem no ambiente normal dos animais, causando respostas ao estresse¹, as quais levam à redução no desempenho produtivo, reprodutivo e nas condições de saúde e higidez. Dentro de certos limites, os animais podem se ajustar fisiológica, comportamental ou imunologicamente de modo a sustentar a homeostase orgânica e assim minimizar as conseqüências adversas. Entretanto, neste processo de ajuste podem ser atingidas funções menos vitais ao organismo, como o desempenho (produção, reprodução, eficiência) ou bem estar, quando a intensidade e a duração dos estressores ambientais excedem a capacidade compensatória do organismo, a qual é geneticamente determinada.

Em ambientes tropicais, a expressão do potencial da produção de leite (WEST, 2003), de carne (JOHNSON, 1986; HICKS et al., 1990; MADER, 2003; MADER & COLGAN, 2007) e reprodutivo (COLLIER et al., 1981; ZERON et al., 2001; DE RENSIS et al., 2002) de bovinos é restringida pelo efeito de fatores ambientais tais como altas temperaturas e intensa radiação solar e estes fatores são ainda mais importantes se o ambiente for úmido. A função reprodutiva é particularmente sensível aos fatores de estresse e de modo especial ao estresse térmico. Em conseqüência, temperatura e umidade elevadas causam períodos transientes de infertilidade nos animais (DUTT, 1963; GWAZDAUSKAS et al., 1973; THATCHER, 1974; TURNER, 1982; BADINGA et al., 1985; HANSEN, 1997; DE LA SOTA et al., 1998; WOLFENSON et al., 2000; RIVERA & HANSEN, 2001; ROTH et al., 2001a,b), havendo ainda considerável evidência de que a hipertermia subsequente a problemas adaptativos afeta adversamente o desenvolvimento dos embriões e cause maior incidência de mortes embrionárias (BIGGERS et al., 1987; PUTNEY et al., 1988 a; 1989). O mesmo tem sido observado em outras espécies de mamíferos (DUTT, 1963; HOPKINS et al., 1980). A depressão sazonal da eficiência reprodutiva é um dos mais sérios problemas nas áreas intertropicais do mundo (INGRAHM et al., 1975; GWAZDAUSKAS et al., 1975; BADINGA et al., 1985;

¹ Para SELYE (1946), que desenvolveu o conceito, estresse seria uma resposta não-específica do organismo a qualquer fator casual. Entretanto, há uma tendência atual para considerar-se como estresse a força agindo sobre o organismo, causando uma tensão no mesmo. Esta tensão, por sua vez resulta em uma resposta adaptativa.

HANSEN et al., 2001; RAVAGNOLO & MISZTAL, 2002a) e as taxas de concepção caem de 40 a 60% nos meses frios para 10 a 20%, ou menos no verão, dependendo da severidade do estresse térmico (CAVESTANY et al., 1985).

Além dos fatores ambientais que interferem no equilíbrio térmico dos animais, o pelame exerce uma importância fundamental para as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente. A estrutura física da capa de pêlos e a camada de ar nela armazenada promovem isolamento térmico e proteção contra a radiação solar direta (SILVA, 2000a). O pelame está diretamente relacionado à capacidade do animal em perder ou ganhar calor do ambiente; por isso, os diversos tipos de pelames envolvem isolamento térmico, eficiência da termólise, associação com produção, ganho de peso, reprodução e outras características não ligadas diretamente à termorregulação (TURNER, 1964). Entretanto, desde há muito o tipo de pelame tem sido considerado mais como uma característica de valor estético e seus efeitos na produção e reprodução tidos como de pouca importância.

O tipo de pelame assume grande importância para animais expostos ao sol, principalmente em ambiente tropical. Com respeito ao gado de corte de origem européia como o Hereford, originário de um ambiente no qual o estresse de calor é mínimo, os animais em geral apresentam características do pelame pouco adequadas à dissipação do excesso de calor corporal. Estes animais apresentam elevado metabolismo, pois são selecionados para altas taxas de ganho de peso, o que é agravado pelas altas temperaturas e pela forte carga térmica radiante do ambiente tropical. Essas dificuldades aumentam em razão de que, nos bovinos, o principal mecanismo de perda de calor é a evaporação (cutânea e respiratória), o qual é prejudicado por altos níveis de umidade atmosférica, freqüentes em muitas regiões tropicais. A quantidade de calor perdida por evaporação depende de diversos fatores, entre os quais as características morfológicas e estruturais do pelame.

TURNER & SCHLEGER (1960) observaram que as características do pelame em bezerros das raças Hereford ou cruzados foram altamente correlacionadas com a taxa de crescimento, por exemplo, entre a espessura foi igual a - 0,63; entre o comprimento igual a 0,47; e entre o diâmetro igual a - 0,56. Diversos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar correlações genéticas e fenotípicas de características adaptativas (temperatura corporal, escore de espessura da capa do pelame) e de características de importância econômica (SILVA, 1973; BURROW,

2001; RAVAGNOLO & MISZTAL, 2000, 2002b; PRAYAGA, 2003; PRAYAGA et al. 2003).

Porém, atualmente, pouco tem sido realizado no sentido de se estudar as influências do ambiente tropical — principalmente a elevada radiação solar —, da capacidade de sudação e das características adaptativas do pelame sobre o desempenho reprodutivo de vacas de corte de origem européia mantidas em sistemas extensivo de produção. Os baixos índices reprodutivos são geralmente atribuídos, sem evidências conclusivas, a problemas exclusivos da sazonalidade qualitativa das pastagens, que no Brasil são frequentemente pobres na época seca, quando o estresse térmico é mínimo. Os problemas decorrentes da falta de tolerância ao calor são esquecidos, embora as altas temperaturas predominem durante o período da estação de monta, de modo geral, utilizado em todo o Brasil (durante os meses de outubro a fevereiro).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi investigar as conseqüências do ambiente tropical e das características adaptativas do pelame e da taxa de sudação sobre o desempenho reprodutivo de vacas de corte da raça Braford mantidas em sistema extensivo de produção.

2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a variação fenotípica e a variação genética das características do pelame (espessura; comprimento dos pêlos; densidade numérica; diâmetro dos pêlos; refletância da capa de pelame) e da taxa de sudação, determinando os respectivos coeficientes de herdabilidade, visando proporcionar subsídios para o melhoramento genético da raça Braford em ambiente tropical.
- b) Avaliar os efeitos das características do pelame (espessura; comprimento dos pêlos; densidade numérica; diâmetro dos pêlos; refletância da capa de pelame) e da taxa de sudação sobre o desempenho reprodutivo (Idade ao primeiro parto, intervalo de

partos, dias para o parto, taxa de cio e concepção) de vacas Braford. Estimar os coeficientes de herdabilidade e correlações com as características adaptativas, visando proporcionar subsídios para o melhoramento genético da raça Braford em ambiente tropical.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Ambiente e termoregulação

Ambiente é o conjunto de tudo o que interfere e afeta a constituição, o comportamento e a evolução de um organismo e que não envolve diretamente fatores genéticos (SILVA, 2000a). Portanto, um animal e seu ambiente formam um sistema em que ambos agem um sobre o outro. As regiões tropicais se caracterizam por elevados níveis de radiação solar e temperatura ambiente, fatores que afetam adversamente a produção animal, quando comparada à de animais mantidos em zonas temperadas (JOHNSON, 1987). Sob condições naturais, o ambiente térmico é bastante complexo porque a radiação, a velocidade do vento, a temperatura e a umidade do ar modificam-se no tempo e no espaço. Estes fatores interagem entre si e com as diferentes características do organismo, em consequência de que a alteração de qualquer variável ambiental pode provocar variações comportamentais e fisiológicas dos organismos em resposta à necessidade de manutenção do equilíbrio térmico — homeotermia — nos animais, configurando a condição de estresse (FINCH, 1984). Sendo assim, a habilidade para regular a temperatura é uma adaptação evolucionária que permitiu aos animais homeotérmicos sustentarem as suas funções, apesar das variações térmicas do ambiente (BAKER, 1989).

A homeotermia pode ser expressa pela equação de balanço térmico: Produção de calor = perda de calor $\pm$ estoque de calor. Quando um mamífero ganha calor excessivo pelo metabolismo ou pelo seu ambiente, estabelece-se a hipertemia. Ao contrário, se ocorre perda excessiva de calor, torna-se hipotérmico (YOUSEF, 1987).

De acordo com SILVA (2000b) a equação do equilíbrio térmico tem como principal fonte de calor, o metabolismo (**M**) para manutenção, exercício, crescimento, lactação, gestação e incremento calórico. Outra porção significativa provém do ambiente por meio de radiação de ondas curtas (**R_c**) e longas (**R_l**), havendo ainda

uma certa quantidade de energia estocada (**S**) no organismo. Em geral, os ganhos por condução e convecção são pequenos e podem ser desprezados. No que se refere ao ambiente tropical, a equação do equilíbrio térmico em bovinos, é expressa como:

$$M + \alpha R_c - S = R_L + C_S + C_R + E_S + E_R,$$

em que α é o coeficiente de absorvância da superfície externa do corpo para radiação de ondas curtas; **C_S** e **C_R** as perdas por convecção cutânea e respiratória, respectivamente; e **E_S** e **E_R** as perdas de calor latente por evaporação cutânea e respiratória, respectivamente (SILVA, 2000b).

É importante destacar que um animal homeotérmico é capaz de manter relativamente estável a temperatura interna, dentro de limites estabelecidos de temperatura ambiente. Desta forma, à medida que a temperatura ambiente aumenta é atingido o limite superior da homeotermia, a partir do qual o organismo entra em hipertermia (SILVA, 2000a).

Durante o dia, a maior parte do ganho de calor advindo do ambiente é proveniente direta e indiretamente da radiação solar. Quando a temperatura ambiente excede a temperatura crítica superior, mecanismos evaporativos mantêm o balanço térmico e a evaporação cutânea e/ ou a respiração tornam-se importantes mecanismos de dissipação de calor (STEVENSON, 1981), sendo que 80% do calor corporal são perdidos desta maneira (SHEARER & BEEDE, 1990). Os mecanismos evaporativos dependem do gradiente de pressão de vapor entre o animal e o ambiente; sendo que o gradiente é grande em condições de baixa umidade e alta velocidade do vento (GEBREMEDHIN & WU, 2002).

A resposta ao estresse térmico compreende o reconhecimento da ameaça à homeostase ou ao bem-estar do organismo, a resposta de estresse e as consequências do estresse (MORBERG, 1976). São vários os fatores que controlam a natureza da resposta biológica de um animal a um estressor, esses podem ser a genética, a idade, experiência anterior, sexo ou condições fisiológicas. Os mecanismos de controle térmico podem ser de três tipos: comportamentais, autônomos e adaptativos, os quais são integrados em centros termorreguladores do hipotálamo (SILVA, 2000a). A resposta homeostática geral ao estresse térmico em mamíferos inclui vasodilatação periférica, aumento da frequência respiratória, ofegação, baixa frequência cardíaca, alta taxa de sudorese, maior ingestão de água e

menor de alimentos, redução do metabolismo, o que resulta em menor produção de leite, menor ganho de peso e queda na fertilidade do rebanho.

Os sistemas de termoregulação dos animais garantem sua sobrevivência e outras funções metabólicas (crescimento, lactação, reprodução, etc.). Na atualidade, não se tem mais dúvida de que a necessidade de manter a homeotermia, ou os processos usados pelo organismo para mantê-la, é que afetam negativamente o desempenho animal em condições adversas de temperatura (JORDAN, 2003; GARCIA-ISPIERTO, et al., 2005)

3.2 Adaptação

Adaptação pode ser conceituada de diversas maneiras, mas, como fenômeno complexo que é, não pode ser reduzida a um só tipo de medição ou definição básica, sem se incorrer em exagerada simplificação. BLIGH & JOHNSON (1973) definiram adaptação como sendo uma mudança que reduz a força fisiológica produzida pelo ambiente como um todo. Esta mudança pode ocorrer durante a vida do organismo (fenotípica) ou ser resultado da seleção em direção a uma espécie ou sub-espécie (genotípica).

De maneira semelhante à definição anterior, para GRESSLER et al. (2004), a adaptação é um processo cujos objetivos são ajustes para uma condição particular. Esse processo pode ser estabelecido em nível genético, no sentido de favorecer uma população; ou em nível fenotípico (fisiológico), no sentido de favorecer um indivíduo em particular.

Segundo SILVA (2000a), de acordo com o conceito biológico, adaptação é o resultado da ação conjunta de características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais, no sentido de promover o bem estar e favorecer a sobrevivência de um organismo em um ambiente específico. Do ponto de vista genético, adaptação é o conjunto de alterações herdáveis nas características que favorecem a sobrevivência de uma população de indivíduos em um determinado ambiente. De acordo com FINCH (1984), as condições de estresse em ambientes tropicais resultam no reajuste interno a fim de manter a homeostase sob mudanças da temperatura externa, que é chamado de adaptação ao ambiente térmico.

A respeito da seleção natural, Charles Darwin, em sua obra *A origem das espécies* escreveu: “A seleção natural diariamente, hora a hora faz um escrutínio no mundo todo das menores variações, rejeitando as más e preservando e

complementando as que são boas, trabalhando silenciosamente e insensivelmente, onde e quando se apresenta a oportunidade para o aperfeiçoamento de cada ser orgânico, em relação a suas condições de vida” (DARWIN, 1859).

Dependendo da sua composição genética, um animal pode alocar uma grande parte de seus recursos para alguma característica específica, mas fica impossibilitado de responder a outras demandas. Normalmente, esse tipo de situação se manifesta por uma correlação desfavorável entre características adaptativas e produtivas, ou apenas entre características produtivas (GRESSLER et al., 2004).

3.3 Características do pelame

Os bovinos alcançam o equilíbrio térmico em ambientes quentes primeiro por vasodilatação superficial, e então por evaporação da água na respiração ou na superfície cutânea.

O estresse térmico imposto pelo ambiente depende da carga térmica interna e de fatores que governam a troca de calor. Estes últimos são dependentes dos gradientes de temperatura e de pressão de vapor da atmosfera e da resistência ao fluxo de calor entre estes gradientes. A cor do pelame e suas características (espessura, número de fibras por área, diâmetro e comprimento do pêlo) podem afetar consideravelmente os mecanismos de troca térmica (HUTCHINSON & BROWN, 1969; KOVARIK, 1973; CENA & MONTEITH, 1975a,b; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 1988; McARTHUR, 1991; SILVA, 1999).

O pelame dos animais assume importância fundamental para as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente. Nas regiões tropicais, a capa tem a função de proteção mecânica da epiderme, de mimetismo e de proteção contra radiação solar. Dentre as características que mais interessam aos organismos nas regiões tropicais, destaca-se a capacidade de resistência à intensa radiação solar, qualidade muito importante para os animais em condições de pasto. Tal capacidade está diretamente relacionada com a presença de uma capa externa de pelame apropriado (SILVA, 2000a).

Quando nos referimos ao tipo de pelame mais vantajoso para bovinos em regiões tropicais, temos que definir o sistema de criação, ou seja, se existe proteção contra a radiação solar. De modo geral, o tipo mais vantajoso de bovino para regiões tropicais seria aquele que apresenta uma capa de pelame branco, com pêlos bem

assentados sobre uma epiderme altamente pigmentada. Entretanto, uma vez que na raça Holandesa e na maioria das raças européias a pigmentação da epiderme acompanha a do pelame, têm-se duas alternativas: sob regime de pasto, dar preferência a animais predominantemente pretos; sob regime de estabulação, animais predominantemente brancos serão mais vantajosos. Em qualquer caso, o pelame deverá ser o menos espesso possível, com pêlos curtos, grossos e bem assentados (SILVA, 1999).

A transferência térmica através do pelame depende do número de pêlos por unidade de área, do ângulo de inclinação dos pêlos em relação à epiderme, de seu diâmetro e do comprimento. O calor conduzido através das fibras é maior do que o conduzido pelo ar. Deste modo, quanto maior o número de pêlos por unidade de área e quanto mais grossos forem os mesmos, tanto maior será a quantidade de energia térmica conduzida através da capa. A resistência térmica da capa pode ser maior pela presença de fibras finas e compridas (SILVA, 2000b). Os efeitos da espessura do pelame sobre a troca de calor são marcantes e o aumento de 3 para 10 mm reduz a perda de calor sensível de bovinos de 17 para 10% (TURNPENNY et al., 2000).

Além da estrutura morfológica do pelame, uma alta refletância à radiação de ondas curtas — que confere capacidade de resistência à intensa radiação solar — é uma qualidade muito importante para os animais mantidos em condições de pasto. A refletância e outras propriedades radiativas dos pelames bovinos foram estudadas em laboratório por SILVA et al. (2003).

BORGES (1985) observou o comportamento de 28 vacas Holandesas ao longo de um ano, verificando que o tempo dedicado ao pastejo sob o sol nas horas mais quentes do dia estava positivamente correlacionado à maior proporção de área de malhas negras. Entretanto, FINCH et al. (1984), na Austrália, observaram que novilhos Shorthorn brancos pastavam mais tempo e ganhavam 0,13 kg/dia a mais de peso que os indivíduos vermelho-escuros. Entretanto, as observações de Finch e colaboradores foram efetuadas em uma região abaixo do Trópico de Capricórnio, na qual a radiação solar não é intensa como em uma região tropical; também não foi verificada a possível influência genética nas diferenças entre os animais, que eram em pequeno número.

SILVA et al. (1988) advertiram que pêlos escuros aumentavam a carga de calor absorvida, mas protegiam as camadas mais profundas da epiderme dos danos

promovidos pela radiação ultravioleta, uma importante causa de neoplasias cutâneas. Vários trabalhos têm mostrado a importância do sombreamento para diminuir a carga térmica radiante sobre os animais e, conseqüentemente, para otimizar a produção de leite (LEGATES et al., 1991) e a reprodução das vacas (GWAZDAUSKAS, et al., 1975; STEPHENSON et al., 1984).

HANSEN (1990) encontrou uma interação entre cor do pelame e ambiente (exposto e protegido contra radiação solar) para quatro variáveis fisiológicas em vacas Holandesas agrupadas por porcentagem de malha branca ou preta. Todas as variáveis fisiológicas foram afetadas pela interação cor e ambiente. O aumento na temperatura retal causado pela exposição à radiação foi menor para animais predominantemente brancos, que foram mais produtivos. Entretanto, esses animais permaneciam relativamente pouco tempo expostos ao sol, em uma região acima do trópico de Câncer, embora quente (Florida).

Com relação à reprodução, BECERRIL et al. (1993) relataram que a idade ao primeiro parto, o período de serviço e o intervalo de partos de vacas Holandesas mantidas à sombra com aspersores e ventiladores, não foram afetados pela cor do pelame. Porém, de acordo com o coeficiente de regressão, estas três variáveis foram afetadas negativamente em vacas com maior proporção de malhas negras.

RIVERA & HANSEN (2001) observaram que vacas com maior proporção de malhas brancas (maior que 75%) tiveram menores temperaturas retais que aquelas predominantemente pretas. KING et al. (1988) observaram que vacas com maior proporção de malhas brancas (mais que 60 %) obtiveram menor intervalo entre o parto e a concepção, menor número de inseminações por concepção quando associadas à estação quente do ano. Em contraste, GODFREY & HANSEN (1996) não observaram qualquer efeito da cor do pelame sobre a reprodução de vacas Holandesas, no Caribe.

Segundo PRAYAGA et al. (2003), o tipo de pelame é um importante fator determinante do controle da temperatura corporal. Neste estudo, as correlações fenotípicas evidenciaram associações lineares altas e significativas entre o tipo de pelame e temperatura corporal (0,39); pelame e ganho de peso (-0,35) e entre temperatura corporal e ganho de peso (-0,35), medidos em raças puras. OLSON et al. (2003) observaram temperatura corporal mais baixa (0,34°C menor) em bovinos classificados com tipo de pelame curto e bem assentado. A frequência respiratória para estes foi 12,4 movimentos por minuto a menos que os animais classificados

como de pelame normal em bovinos cruzados $\frac{3}{4}$ Holstein: $\frac{1}{4}$ Senepol, na Flórida. Nos bovinos de raças Britânicas, o tipo de pelame é altamente correlacionado à tolerância ao calor, podendo ser empregado como um índice de adaptação em ambientes tropicais (TURNER, 1962).

3.4 Sudação em bovinos

Além das perdas de calor por convecção e radiação (calor sensível), a habilidade dos animais em resistir a altas temperaturas é também proporcional à sua capacidade de eliminar calor latente através da evaporação de água. Este processo ocorre tanto na superfície cutânea como no interior do sistema respiratório.

Essa troca de calor por evaporação, respiratória ou cutânea, é pequena sob baixas temperaturas ambientes, quando predominam as trocas de calor sensível (GEBREMEDHIN & WU, 2001). Em recente estudo com vacas Holandesas no Brasil, MAIA et al. (2005c) observaram que a perda por evaporação cutânea correspondia a 20-30% do total de calor eliminado pelo organismo sob temperaturas entre 10 e 20°C. Entretanto, quando sob temperaturas superiores a 30°C, a evaporação cutânea tornava-se o principal mecanismo de perda de calor, chegando a 85% do total, enquanto que os outros 15% corresponderam às perdas por evaporação respiratória.

A capacidade máxima de sudação é atingida sob temperaturas elevadas, quando ocorre aumento do volume de sangue para a epiderme, o que proporciona às glândulas sudoríparas maior estímulo e quantidade de matéria prima. Com o avançar da idade, devido à redução do suprimento sanguíneo e à degeneração dos nervos dérmicos e tecidos, ocorre uma diminuição da produção (SCHLEGER & BEAN, 1971). A quantidade de suor produzido depende também do número de glândulas sudoríparas ativas por unidade de área da epiderme. Animais próprios de ambientes temperados tendem a apresentar menor densidade glandular, tendo as glândulas um diâmetro menor e aparência enovelada, ao passo que os zebuínos apresentam glândulas saculiformes de maior diâmetro e grande volume (PAN, 1964). As glândulas sudoríparas — e portanto a taxa de sudação — não são distribuídas de maneira homogênea na superfície da epiderme (SCHLEGER & TURNER, 1965).

Os bovinos criados em sistema extensivo ganham grande quantidade de calor por radiação direta ou indireta (SILVA 2000b), sendo assim de grande importância a

capacidade de seu organismo em manter a temperatura em equilíbrio pela habilidade de perder calor, principalmente pela sudação (FINCH et al., 1982). ALLEN et al. (1970) mostraram que vacas mestiças $\frac{1}{2}$ Jersey $\frac{1}{2}$ Zebu expostas à radiação solar direta apresentavam elevação marcante na frequência respiratória e na temperatura da superfície cutânea. No entanto, a temperatura retal manteve-se constante enquanto a evaporação cutânea passou de 70 para 250 W m². Este estudo ressalta a grande importância da evaporação cutânea para aliviar o estresse térmico causado pelo ganho de calor por radiação solar direta.

Apesar da importância dos mecanismos evaporativos para a adaptação ao calor, existem poucos trabalhos atuais enfocando os aspectos genéticos. Quanto à morfo-fisiologia das glândulas sudoríparas a literatura é vasta (DOWLING, 1955; FERGUSON & DOWLING, 1955; ALLEN, 1962; SHLEGER & TURNER, 1965; TANEJA, 1965). No Brasil, o primeiro trabalho sobre aspectos genéticos da sudação foi o de SILVA et al. (1988), com gado Jersey.

A evaporação cutânea e ou a taxa de sudação em bovinos sob altas temperaturas ambientes tem sido medidos por vários autores (FINCH et al., 1982; BORGES, 1985; SILVA et al., 1988, MAIA et al 2005b). No Brasil, SALIMOS (1980) foi o primeiro a estudar a variação da taxa de sudação em bovinos. Este observou diferenças entre vacas das raças Holandesa e Jersey medidas durante doze meses, as quais no verão foram superiores para vacas Jerseys (156gm⁻²) e menores para Holandesas (124mg⁻²). Nesse estudo, as fêmeas em estágio de lactação entre 100 e 200 dias apresentaram maior taxa de sudação ($P < 0,01$) em comparação com aquelas em fases inferiores ou superiores. A diferença foi justificada devido a maior exigência metabólica e, portanto, maior produção de calor, na fase de maior produção de leite.

McMANUS et al. (2005) avaliaram a tolerância ao calor em bovinos naturalizados (Curraleiro, Crioulo Lageano, Nelore, Pantaneira, Junqueira, Holandês e Mocho Nacional), considerando parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, cardíaca, temperatura retal) e características do pelame (comprimento médio dos pêlos e densidade numérica). A taxa de sudação foi tomada pela técnica de SCHLEGER & TURNER (1965), não tendo apresentado variação significativa quanto à raça, a hora do dia em que foi medida e o indivíduo dentro de raça. Os valores variaram entre 215,22 gm⁻²h⁻¹ (Nelore) a 323,22 gm⁻²h⁻¹ (Mocho Nacional), tendo a raça Holandesa apresentado uma média de 269,13 gm⁻²h⁻¹. Comparando-se os

resultados das raças Holandesa e Nelore, o da primeira foi maior, pois o estímulo ao estresse térmico foi maior devido à menor eficiência de outros mecanismos termorreguladores, como por exemplo, pelame inadequado ao ambiente, menor capacidade respiratória e menor área epidérmica em relação ao volume corporal e outros. Animais de raças zebuínas são capazes de regular melhor a temperatura corporal em resposta ao estresse térmico do que os taurinos, recorrendo assim ao aumento na sudação – que neles é bem maior que nas raças européias – apenas sob temperaturas extremas (McDOWELL et al., 1953; CARTWRIGHT, 1955; ALLEN et al., 1963; FINCH, 1986; CARVALHO et al., 1995; GAUGHAN et al., 1999).

3.5 Diferenças adaptativas entre zebuínos e taurinos

Em busca de maior produção de alimentos, o homem enfrenta o dilema adaptação versus produção. Em geral, a produção animal em regiões tropicais é menos eficiente que em regiões temperadas; apesar de disporem dos maiores rebanhos, estes produzem menos leite, lã ou carne. A questão é: tal diferença é inevitável e devida ao clima? Ou pode ser minimizada, mudando-se os animais ou alterando-se o sistema de produção? Não existe resposta simples para esta questão. A introdução de genótipos de clima temperado nos trópicos não tem sido usualmente bem sucedida – os animais, quando sobrevivem, ou não se reproduzem ou o seu desempenho é muito menor que no país de origem. Animais de variedades tropicais ganham mais peso e têm maior crescimento quando bem alimentados e, protegem-se de doenças, mas seus desempenhos não alcançam aqueles de genótipos de clima temperado (MASON & BUVANENDRAN, 1982). A origem do problema está possivelmente nas diferenças sociais e culturais, que afetam a forma em que durante séculos foi encarada a produção animal. O conceito de exploração econômica dos animais é europeu e os animais domésticos de raças européias têm sido selecionados para alta produção em seu ambiente específico há mais de quinhentos anos, o que não aconteceu com os tropicais até recentemente; o melhoramento é um processo lento (SILVA, 2000a).

As características do pelame e da epiderme, assim como outras, fazem parte da estrutura adaptativa dos animais ao seu ambiente. A superfície cutânea constituída pela epiderme e seus anexos (pêlos, glândulas sudoríparas e glândulas sebáceas) representa a fronteira entre o organismo e o ambiente. Assim sendo, os animais que vivem em ambientes tropicais devem possuir proteção contra a radiação

solar intensa, serem capazes de eliminar através da superfície cutânea o excesso de calor corporal, ao mesmo tempo devem se proteger da entrada de calor externo. O ambiente é bastante complexo e mutável em seus vários aspectos e as condições podem mudar várias vezes em um mesmo dia quanto à temperatura, à umidade, ao vento, à insolação. Assim, a proteção externa do organismo também deve ser mutável e capaz de ajustar-se às variações ambientais, sendo a epiderme, e seus anexos, estruturas reguláveis e dinâmicas (SILVA, 2000a).

A habilidade superior de termorregulação dos zebuínos em comparação com os bovinos de raças européias é resultado da baixa produção de calor metabólico e maior capacidade de perder calor para o ambiente, ou a combinação de ambos. As características morfológicas da epiderme dos zebuínos explicam a sua maior resistência às condições do ambiente tropical. FINCH (1985) observou que animais Brahman apresentavam menor resistência dos tecidos ao fluxo sanguíneo do interior do corpo para a epiderme, sob altas temperaturas, do que animais da raça Shorthorn. Uma possibilidade é que os zebuínos possuam maior número de anastomoses arteriovenosas. HALES et al. (1978) verificaram que um tecido com maior número de anastomoses arteriovenosas tinha menor resistência ao fluxo sanguíneo.

Outro aspecto importante é o tipo de pelame: animais adaptados a climas quentes apresentam pelame com menor resistência ao fluxo de calor. Como descrito anteriormente, o pelame adequado para bovinos em regiões tropicais é aquele que apresenta pêlos brancos, bem assentados, curtos e grossos, sobre uma epiderme pigmentada (SILVA, 1999). FINCH et al. (1984) relataram que pelames densos e espessos, típicos de muitas raças européias, têm reduzido fluxo de calor por condução e convecção, o que intensifica os efeitos do estresse térmico. O pelame liso, curto e de cor clara dos zebuínos facilita a eliminação do calor corporal e reduz a entrada de calor por radiação (HUTCHINSON & BROWN, 1969; SILVA et al., 2003).

A cor do pelame é um dos mais importantes aspectos envolvidos nos processos de tolerância ao calor, uma vez que esta determina, juntamente com as características estruturais do pelame, a proporção de radiação solar que é absorvida. Pelames escuros absorvem maior quantidade de radiação térmica (CENA & MONTEITH, 1975a; SILVA et al., 2003), pelames claros a refletem. A forte pigmentação da epiderme nos zebuínos constitui uma importante barreira contra a

radiação ultravioleta, que em grande parte atravessa o pelame pouco espesso desses animais. A exposição direta à radiação solar em animais despigmentados (raças européias de pelames brancos) causa frequentemente queimaduras de até terceiro grau, ou neoplasias. É um fato reconhecido que todas as variedades animais tropicais e inclusive as humanas, apresentam epiderme altamente pigmentada.

A maior capacidade de sudação dos animais de clima tropical está relacionada à sua maior tolerância ao calor. Geralmente, os zebuínos possuem maior quantidade de glândulas sudoríparas (NAY & HEYMAN, 1956) e, em comparação com os bovinos europeus são maiores (DOWLING, 1955; NAY e HEYMAN, 1956; PAN, 1963), mais superficiais (DOWLING, 1955) e têm maior número de células na camada epitelial (CARVALHO et al., 1995). A taxa de sudação é maior em bovinos Zebu que em europeus (GAUGHAN et al., 1999). Entretanto, a taxa de sudação sob estresse térmico pode ser maior para raças não adaptadas (FINCH, 1985), provavelmente, devido às diferenças dos mecanismos termoreguladores. Os taurinos requerem maior perda por evaporação cutânea para manter homeotermia.

O tipo de pelame também é um fator determinante para a taxa de perda de calor por evaporação. FINCH (1985) observou que a umidade do ar não afetava a taxa de sudação em bovinos Brahman expostos ao estresse térmico, enquanto que, nos Shorthorn a taxa era menor com a maior umidade do ar. Isso indicaria que o pelame mais denso dos Shorthorn absorve maior quantidade de umidade do ar, inibindo a sudação.

A respeito da perda de calor por evaporação respiratória durante o estresse térmico, esta é geralmente maior nas raças européias (GAUGHAN et al., 1999). Entretanto, a termólise através da respiração é um mecanismo limitado, já que um aumento maior na frequência respiratória causa sérios problemas fisiológicos, como alcalose. Assim, embora seja uma importante via de termólise em ambientes pouco estressantes, tem valor limitado em ambientes tropicais.

3.6 Reprodução de zebuínos e taurinos em ambientes quentes

Os aspectos adaptativos estão diretamente relacionados com o desempenho reprodutivo dos animais em ambientes específico. De acordo com FALCONER (1987), qualquer característica relacionada à fertilidade e à sobrevivência do animal e de sua progênie em um determinado ambiente, pode estar associada à adaptação.

Há evidências de que nas regiões tropicais a nutrição e o manejo inadequados, associados às condições climáticas estressantes, afetem a fertilidade dos zebuínos (ZAKARI et al., 1981a; PATHIRAJA et al., 1988). É comum observar-se taxas de prenhez menores que 30% ou baixas taxas de serviço em bovinos submetidos à inseminação artificial devido tanto a falhas na detecção de cio como a uma alta incidência de anestro (HARDIN et al., 1980; LAUDIVAR et al., 1985). Taxas de serviço reduzidas são mais evidentes em rebanhos zebuínos, que apresentam comportamento reprodutivo diferente de raças européias, com curta duração do estro e cios freqüentemente ocorridos à noite, quando é mais difícil a observação (GALINA et al., 1996; PINHEIRO et al., 1998; PAULA-LOPEZ et al., 2003).

De acordo com MIZUTA (2003), o período do estro no qual as fêmeas aceitam a monta é mais curto em vacas da raça Nelore (12,9 horas) que em vacas da raça Angus (16,3 horas), enquanto que as mestiças (12,4 horas) não diferem das vacas Nelore. Para estas, outros estudos demonstraram estro de duração ainda mais curta, cerca de 10 h, com maior atividade de monta (56,6%) durante a noite (BERTAM MEMBRIVE, 2000; ROCHA, 2000).

Com respeito à dinâmica das ondas foliculares, de um modo geral os zebuínos apresentam crescimento e dominância folicular semelhantes às dos taurinos; todavia, nos primeiros é menor o diâmetro do folículo dominante e do corpo lúteo, em comparação aos dos bovinos europeus (BÓ et al., 2003). Conseqüentemente, vacas de raças zebuínas ou seus cruzamentos tendem a apresentar menor concentração de progesterona no tecido luteal ou no plasma sangüíneo (SEGERSON et al. 1984; RANDEL, 1989).

Outro aspecto importante das diferenças reprodutivas de fêmeas zebuínas e taurinas é o anestro pós-parto, que é evidente em vacas Zebus. Ao final da gestação, o eixo hipotalâmico-hipofisário responde à retro-alimentação negativa dos esteróides da placenta e do ovário, os quais suprimem a liberação do hormônio folículo estimulante (FSH) e luteinizante (LH) (YAVAS & WALTON, 2000b). A primeira onda folicular surge dois a sete dias após o parto, em conseqüência da elevação dos níveis de FSH (WILTBANK et al., 2002). Em geral, o folículo dominante torna-se atrésico e novas ondas foliculares ocorrem. Assim, mesmo após o restabelecimento dos níveis plasmáticos de LH entre 15 a 30 dias pós-parto (YAVAS & WALTON, 2000a), o estado nutricional e a amamentação (CICCIOLI et al., 2003)

podem limitar a ovulação, associados a condições de estresse térmico e outros fatores.

Estudando os estágios iniciais do desenvolvimento embrionário (duas células), KRININGER et al. (2003) não observaram diferenças na capacidade de transcrição entre embriões cultivados *in vitro* das raças Holandesa e Brahman, em resposta à temperatura elevada. Também CHANDOLIA et al. (1999) não reportaram efeitos da temperatura sobre o espermatozóide, que foram similares para animais das raças Aberdeen Angus, Holandesa, Brahman e mestiços azebuados. Estes estudos mostraram que a resistência celular às altas temperaturas não está relacionada somente às diferenças genéticas, porque no estágio de duas células não há expressão dos genes, ao passo que nesta fase os embriões são muito sensíveis a altas temperaturas (EDWARDS & HANSEN, 1997; KRININGER et al., 2003).

Segundo BLOCK et al. (2002), a expressão da termo-tolerância em embriões resultantes de cruzamentos é dependente do genótipo do oócito e não do espermatozóide. Embriões produzidos por fertilização de oócitos da raça Brahman com espermatozóides da raça Aberdeen Angus mostraram maior termo-tolerância que os derivados de oócitos de vacas da raça Holandesa com espermatozóide da raça Angus. Foi concluído que os genes que conferem a resistência ao calor dependem de um fator geneticamente controlado produzido nos oócitos.

Em recente revisão, BARROS et al. (2006) sugerem que o espermatozóide, assim como o oócito, contribui para a capacidade do embrião em resistir aos efeitos do estresse térmico. PEGORE (2005) considerou como efeito da heterose as altas taxas de prenhez em vacas da raça Holandesa inseminadas com Gir, em comparação às inseminadas com a raça Holandesa. É sabido que existem diferenças individuais quanto à termo-tolerância dos espermatozóide por ocasião da fecundação e do desenvolvimento embrionário (HILLERY et al., 1990). Os espermatozóides de touros termotolerantes podem ser utilizados para aumentar as taxas de prenhez em raças mais susceptíveis à elevada temperatura (BARROS et al., 2006).

A qualidade do sêmen de touros zebuínos é menos afetada pelas altas temperaturas ambientes que o de raças européias (JOHNSTON et al., 1963), apesar de os zebuínos também serem afetados sob temperaturas superiores a 33°C (SILVA & CASAGRANDE, 1976). Em ambientes tropicais, a produção e a qualidade do sêmen diminuem na estação mais quente e este fenômeno reflete não apenas as

características adaptativas do organismo como um todo, mas também fatores anatômicos do sistema termorregulador testicular. BRITO et al. (2004) compararam a termorregulação em testículos de touros da raça Nelore, mestiços (5/8 ou 5/16 Charolês×Nelore) e da raça Aberdeen Angus. A conclusão foi que a relação entre comprimento e volume da artéria testicular é maior em touros da raça Nelore, intermediária em mestiços e menor nos europeus puros. A espessura da artéria e a distância entre artéria e veia eram menores nos touros da raça Nelore, intermediária nos mestiços e maior nos da raça Angus, o que explicaria a temperatura intra-testicular mais baixa na raça Nelore, intermediária nos mestiços e mais alta na raça Angus.

3.7 Efeitos gerais do estresse térmico sobre a reprodução

Vacas de corte sob sistema extensivo em ambientes tropicais estão constantemente sujeitas a um grande número de fatores de estresse fisiológico e ambiental, os quais afetam a eficiência reprodutiva do rebanho. Estes fatores incluem: a) inadequada ingestão de nutrientes (BÓ et al., 2003); b) amamentação, resultando em maiores níveis metabólicos (NEVES, 1999) devido à lactação, agravando o efeito da nutrição inadequada (De ROUEN et al., 1994; OLIVEIRA FILHO et al., 1997; MORAES, et al., 2000); c) infestação por ecto e endo-parasitos; d) temperatura e umidade do ar elevadas; e) radiação solar intensa, freqüentemente agravada pela insuficiência e/ou inadequação do sombreamento nas pastagens. O efeito conjunto desses fatores resulta em condição de estresse crônico, que reduz o desempenho produtivo e reprodutivo. Entretanto, é importante ressaltar que as respostas aos fatores ambientais estressantes dependem, principalmente, do genótipo e da intensidade do agente principal de estresse.

O aparelho reprodutor feminino é particularmente sensível ao estresse térmico, que reduz as taxas de concepção (GWAZDAUSKAS et al., 1973; INGRANHAM et al., 1975; GWAZDAUSKAS et al., 1975; BADINGA et al., 1985; BIGGERS et al., 1987; DE LA SOTA et al., 1998) e aumenta o intervalo do parto à concepção (EALY et al., 1994; De RENSIS, 2002). De acordo com CAVESTANY et al. (1985) e BERTIPAGLIA et al., (2005) o número de inseminações por concepção, baseado no diagnóstico de gestação após a inseminação, é maior nos meses de verão e menor no inverno; o período do parto até a concepção também é maior no verão. Na maioria dos estudos envolvendo estresse térmico o declínio da taxa de

concepção está relacionado à temperatura corporal elevada (TURNER, 1982).

De acordo com HANSEN & EALY (1991), os efeitos deletérios do estresse térmico sobre a reprodução ocorrem por dois processos gerais. Primeiro, o comprometimento do sistema reprodutivo durante a regulação da temperatura corporal subsequente ao estresse térmico inclui a redistribuição do fluxo sanguíneo e o bloqueio endócrino via hipotálamo, que afetam direta e indiretamente os processos reprodutivos. Segundo falhas na regulação da temperatura podem afetar diretamente a função reprodutiva, por lesões nos tecidos (MALAYER et al., 1988; 1990; MALAYER & HANSEN, 1990), especialmente os do embrião antes da implantação (PUTNEY et al., 1988a; EALY et al., 1993) e pela exposição à hipertermia materna.

Alterações na duração dos sintomas de cio, no comportamento sexual durante o estro, na ocorrência de óvulos anormais e na incidência de morte embrionária precoce, são as manifestações mais comumente observadas durante o verão, em decorrência do estresse térmico (WOLFENSON et al., 2000). Estas resultam em taxas de concepção bastante reduzidas nas épocas quentes do ano (THATCHER, 1974; BADINGA et al., 1985; CAVESTANY et al., 1985; HANSEN, 1997). O estresse térmico durante as fases de pós-implantação embrionária e de crescimento fetal pode não causar morte embrionária ou fetal imediata, porém leva a retardo no crescimento e desenvolvimento fetal (BIGGERS et al., 1987).

Além do efeito sobre a fecundação (THATCHER, 1974; BADINGA et al., 1985) e o desenvolvimento embrionário (PUTNEY et al., 1989; RYAN et al., 1993) e fetal (BIGGERS et al., 1987), ocorrem danos nos folículos ovarianos. Estes últimos podem levar a alterações na dinâmica folicular (WILSON et al., 1998), comprometendo a qualidade do oócito no folículo ovulatório e, conseqüentemente, o desenvolvimento do embrião (ROTH et al., 2001a, b). Uma análise de dados de rebanhos feita por RON et al. (1984) mostrou que eram necessários dois meses para recuperar os índices de fertilidade das vacas, entre o fim do verão e o inverno seguinte, sugerindo um significativo efeito do estresse térmico sobre os folículos primários ovarianos.

3.8 Efeitos específicos do estresse térmico sobre a reprodução

3.8.1 Alterações pelo estresse térmico nos hormônios reprodutivos

O hormônio luteinizante (LH) e o folículo estimulante (FSH) exercem funções

importantes no controle do crescimento folicular, na ovulação e na formação do corpo lúteo. As concentrações periféricas destes hormônios são normalmente limitadas, mas não existem dados a respeito das concentrações do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) do hipotálamo ou da proporção dos hormônios LH/FSH da hipófise, sob estresse térmico (WOLFENSON et al., 2000). Tem sido demonstrado que a secreção de LH anterior ao ciclo e no início do ciclo tem importante função na formação completa do corpo lúteo (PETERS et al., 1994). O efeito do estresse térmico sobre o LH tônico e sobre o pico de GnRH pré-ovulatório é diretamente relacionado com as concentrações circulantes de estradiol. As concentrações de LH e FSH são baixas nas vacas em lactação expostas por 16 horas ao estresse, quando os níveis de estradiol também se reduzem (GILAD et al., 1993). De acordo com ARMSTRONG et al. (1986), a concentração sérica de FSH e o conteúdo de GnRH no hipotálamo de porcas primíparas são maiores no verão do que no inverno.

Com respeito à capacidade esteroidogênica, estudos indicam que a concentração plasmática de estradiol é baixa durante o estresse térmico (BADINGA et al., 1993; WOLFENSON et al., 1995; WILSON et al., 1998; WOLFENSON et al., 2000). Vacas em lactação e novilhas sob estresse térmico na segunda metade do ciclo estral ou durante o ciclo inteiro apresentam menor concentração de estradiol no pico pré-ovulatório (WILSON et al., 1998).

O declínio da esteroidogênese dos folículos envolve uma baixa atividade da enzima aromatase nas células da granulosa e uma baixa concentração de estradiol no fluido do folículo dominante no oitavo dia do ciclo estral. A concentração de estradiol em animais estressados é reduzida durante os quatro a oito dias da primeira onda, quando o folículo maior é dominante (BADINGA et al., 1993). Além disso, a ocorrência de células viáveis da granulosa de folículos colhidos no verão é 60% menor que no inverno, assim contribuindo para a redução do estradiol e da inibina na circulação (WOLFENSON et al., 1995).

Outros componentes do sistema reprodutivo são alterados pelo estresse térmico na fase de desenvolvimento folicular, como por exemplo, a função do corpo lúteo subsequente. Os efeitos do estresse térmico na função do corpo lúteo têm sido investigados pelas concentrações plasmáticas de progesterona. Baixas concentrações de progesterona causam alterações na dinâmica folicular, na persistência do folículo dominante (SIROIS et al., 1990), na morfologia uterina e na

secreção de prostaglandina $F_{2\alpha}$.

Evidências da supressão da produção de progesterona subsequentemente à exposição a altas temperaturas têm sido documentadas por estudos *in vitro* (WOLFENSON et al., 2002, ARGOV et al. 2005). Uma baixa concentração plasmática de progesterona causa desenvolvimento folicular aberrante, o que conduz à maturação oocitária anormal no folículo ovulatório e no meio tubárico (AHMAD et al., 1995), além de mortalidade embrionária (THATCHER et al., 2001).

3.8.2 Comportamento de cio

As manifestações de cio ou estro (PIRES, 1998) constituem o aspecto comportamental mais fortemente afetado pelo calor. Fatores ambientais relacionados com a estação do ano e a variações meteorológicas, especialmente da temperatura, afetam a receptividade sexual e a eficiência reprodutiva das vacas (ZAKARI et al., 1981b; PENINGTON et al., 1986; RODTIAN, 1996). NEBEL et al. (1997) demonstraram que no verão as vacas tinham aproximadamente metade do número de montas por estro, em comparação com o que ocorria no inverno.

A atividade de monta (número de montas por hora) de fêmeas em estro é máxima até uma temperatura ambiente de 30°C, reduzindo após (GWAZDAUSKAS et al., 1986). Na prática, o efeito do estresse térmico nesse período é a não-observação dos cios. Isso é decorrência da pequena duração do cio (5-6 horas), da letargia dos animais devido ao calor e também do declínio na concentração de 17- β -estradiol (WILSON, et al., 1998), progesterona e LH (WOLFENSON et al., 1995), o que pode resultar em não manifestação do cio. THATCHER e COLLIER (1981) observaram uma diminuição dos sintomas de cio e redução em até 10 horas na duração da manifestação dos sintomas do cio, em vacas leiteiras submetidas a altas temperaturas.

Dados de desempenho reprodutivo de três anos obtidos por MACHADO (1998) em um rebanho na região de Araras, SP, mostraram somente 30-40% dos cios em vacas com mais de 60 dias de parição, no período de dezembro a março, contra 70-80% nos meses de julho a agosto, em que as temperaturas são mais amenas.

Vacas da raça Holandesa transportadas de regiões temperadas para uma região tropical apresentam ciclos ovarianos e ovulação normal, porém ovulações na ausência de cio comportamental ocorrem com maior freqüência durante períodos

quentes do ano (RODTIAN, 1996). As alterações comportamentais podem resultar na redução das taxas de concepção em programas de inseminação artificial, devido ao aumento do número de vacas inseminadas fora do período de estro.

3.8.3 Efeitos do estresse térmico na dinâmica folicular e na competência oocitária

As vacas têm a fertilidade reduzida durante a fase imediatamente anterior ao estro (WOLFENSON et al., 1995; ROTH, et al., 2001a,b) e no dia do cio (BADINGA et al., 1985), porque os folículos ovarianos são susceptíveis aos efeitos adversos do estresse térmico.

Uma análise ultra-sonográfica da dominância folicular durante os sete primeiros dias do ciclo mostrou alteração da dominância folicular, ocorrendo diminuição no número e no tamanho de folículos de dimensões médias e redução do tamanho do folículo subordinado. Nas vacas em lactação submetidas ao estresse térmico, os folículos dominantes da primeira onda apresentaram menor diâmetro e menor quantidade de fluido que o grupo controle (BADINGA et al., 1993).

WOLFENSON et al. (1995) estudaram o desenvolvimento folicular sob condições de estresse térmico, entre o sétimo dia da primeira onda e o momento da ovulação. Em relação ao padrão das ondas foliculares, foi observada uma queda de 50% no número de grandes folículos na segunda metade da primeira onda e a emergência antecipada da segunda onda de folículos dominantes (pré-ovulatório). Nesses casos ocorre uma atenuação da dominância, porque o estresse térmico reduz a dominância do folículo grande e permite o crescimento de outros folículos de mesmo tamanho (ROTH et al., 2000).

Depressão na dominância, induzida pelo estresse térmico, pode ser observada com uma antecedência de 2-3 dias na emergência da segunda onda (WOLFENSON et al., 1995) e relacionada à baixa fertilidade de vacas em atividade espontânea (BLEACH et al., 1998) ou à persistência de folículos ovulatórios em novilhas (AUSTIN, 1999).

ROTH et al. (2001a; b) mostraram os efeitos deletérios do estresse térmico no verão sobre a qualidade do oócito e o desenvolvimento embrionário de folículos aspirados no outono. O choque térmico no oócito interrompeu a subsequente clivagem e o desenvolvimento do embrião sob temperatura e estágio específicos. Tais efeitos são acompanhados pela inibição da síntese de proteínas (EDWARDS &

HANSEN, 1996) nas células do *cumulus oophorus* durante as primeiras doze horas da maturação *in vitro*. A exposição de oócitos bovinos durante a maturação sob altas temperaturas compromete a subsequente clivagem e desenvolvimento do embrião, de acordo com EDWARDS & HANSEN (1996).

Oócitos bovinos maturados *in vitro* sob temperatura de 43°C por 45 ou 60 minutos resultaram em menor número de blastocistos e blastocitos expandidos. A resistência ao calor diminui entre o oócito e a fase embrionária de duas células, sendo este fato explicado pelas células do *cumulus* (que exercem proteção) serem perdidas na fecundação em diversas espécies, como na bovina (EDWARDS & HANSEN, 1997).

3.8.4 Efeitos da hipertermia uterina sobre os espermatozóides

O uso da inseminação artificial elimina expressivamente o efeito do estresse térmico na fertilidade do touro sobre o desempenho reprodutivo do rebanho em épocas quentes do ano. Entretanto, é possível que o estresse térmico tenha um efeito potencial sobre o sêmen ejaculado nos órgãos reprodutivos de fêmeas hipertérmicas, podendo afetar a sua função (HANSEN et al., 2001).

A incubação de espermatozóides de coelho sob alta temperatura (38°C), conforme estudos *in vitro* por BURFENING & ULBERG (1968) e *in vivo* por HOWARTH et al. (1965), não reduziu a taxa de fecundação subsequente. Entretanto, a taxa de desenvolvimento dos embriões foi reduzida, em relação ao total do número de embriões nas fêmeas inseminadas com espermatozóides não estressados.

MONTERROSO et al. (1995), estudando as características funcionais e a produção de radicais livres nos espermatozóides bovinos, verificaram que a exposição por três horas a 41°C reduzia a motilidade, ao passo que temperaturas de 41 a 42°C reduziam a velocidade e a 43°C era reduzido o número de espermatozóides obtidos após o “swim-up”. Não houve efeito do choque térmico (41°C ou 42°C durante uma a três horas) na integridade do DNA, acrossoma ou fecundidade.

O choque térmico de magnitude similar ao que ocorre *in vivo* teve pouco efeito sobre a função espermática, que afetasse a capacidade fecundante.

Comparando diferentes raças em relação à termo-tolerância, CHANDOLIA et al. (1999) não observaram diferenças significativas entre zebuínos, taurinos e raças mistas quanto à magnitude do efeito do estresse térmico sobre a função

espermática. Entretanto, o choque térmico reduziu a motilidade e a velocidade dos espermatozoides. A alteração no ambiente do oviduto (estrógeno, antioxidantes e taurina) pelo calor levou à disfunção espermática.

3.8.5 Resposta uterina à hipertermia e reconhecimento materno fetal

A mortalidade embrionária em vacas hipertérmicas (acima de 39°C, para raças européias) tem como causa alterações na síntese de proteínas do embrião, envolvidas no desenvolvimento e reconhecimento materno fetal. Além disso, a atividade secretora do endométrio uterino é alterada em resposta ao estresse térmico e contribui para menor fertilidade. Entre o oitavo e o 16º. dia após inseminação – fase de implantação do embrião – ocorre um rápido crescimento do blastocisto e o embrião bloqueia a regressão do corpo lúteo pela secreção de proteínas anti-luteolíticas, chamadas proteínas 1-trofoblasticas bovinas (bTP-1, interferon- τ), que bloqueiam a secreção de prostaglandina (PGF_{2 α}) uterina (THATCHER et al., 1997).

Em resposta ao estresse térmico, aumenta a secreção endometrial de prostaglandinas F e a secreção pelo embrião da prostaglandina E₂, sugerindo que a infertilidade se deve a alterações nos sinais requeridos para a manutenção do corpo lúteo durante a gestação. A produção de proteínas sintetizadas e secretadas é reduzida em 71,7% no embrião sob estresse térmico (39 a 43°C), em relação àquele sob condições termoneutras, impedindo-o de produzir o sinal bioquímico em quantidade suficiente para prevenir a regressão do corpo lúteo (PUTNEY et al., 1988a). O estresse térmico causa a redução no peso do corpo lúteo e na produção de progesterona e aumenta a incidência de morte embrionária (BIGGERS et al., 1987; THATCHER et al., 2001).

3.8.6 Mortalidade embrionária precoce

A mortalidade embrionária causada pelo estresse térmico *in vivo* varia muito, devido às diferenças na resistência às altas temperaturas durante a fecundação ou desenvolvimento do embrião (EDWARDS & HANSEN, 1997). Os embriões bovinos são sensíveis ao estresse térmico materno durante os sete primeiros dias de gestação (GORDON et al., 1987; PUTNEY et al., 1988a; PUTNEY et al., 1989). O desenvolvimento embrionário de novilhas superovuladas mantidas sob condições hipertérmicas, nos dias 1, 2, 3, 5 e 7 do período de 7 dias que se inicia 30 horas

depois do cio, apresenta elevada incidência de embriões degenerados ou retardados, sendo que a resistência aumenta no terceiro dia (PUTNEY et al., 1988b).

A fase de zigoto ou quando o embrião se encontra com duas células, é a fase do desenvolvimento embrionário mais susceptível ao estresse térmico (EDWARDS et al., 2001). Nesta fase a atividade mitótica e a síntese protéica são elevadas e qualquer choque térmico pode interromper a subsequente clivagem e o desenvolvimento do embrião, considerando temperaturas e estágios específicos (EDWARDS & HANSEN, 1996). O aumento da termo-tolerância observado do terceiro para o quarto dia do desenvolvimento embrionário corresponde ao período da troca materno-zigótica da expressão genética em embriões bovinos (JU et al., 1999).

Com o avançar da gestação, a partir do terceiro dia (8 a 16 células) ocorre maior síntese protéica (BARNES & EYESTONE, 1990), destacando-se as proteínas antichoque térmico. Da fase de zigoto até antes da fase de mórula o embrião é sensível a alterações do ambiente uterino, especialmente a hipertermia (BETLS & KING, 2000; EDWARDS et al., 2001). Com o avançar da gestação, os embriões bovinos tornam-se mais resistentes aos efeitos adversos das altas temperaturas no corpo materno (EALY et al., 1993).

BIGGERS et al. (1987) observaram os efeitos das altas temperaturas ambientais entre 8 e 16 dias após a inseminação artificial de vacas de corte, sobre o desenvolvimento embrionário e hormonal. O estresse térmico nessas condições não afetou significativamente a taxa de concepção. Houve maior mortalidade embrionária nas vacas submetidas a temperaturas elevadas. O peso dos embriões diminuiu significativamente nestas vacas (0,0729 a 0,1106 g), em comparação às vacas testemunhas (0,1579 g). Entretanto, a sensibilidade dos embriões nessa fase do desenvolvimento (8-16 dias), ao estresse térmico é muito menor que nos sete primeiros dias.

3.8.7 Desenvolvimento fetal

As conseqüências mais comuns do estresse térmico sobre o desenvolvimento fetal são o comprometimento do crescimento, indução de disfunção placentária e menor peso ao nascer. Em estudos feitos na Flórida, o peso seco da placenta e o peso ao nascimento de bezerros foram menores (cerca de 6 kg) no verão, que no inverno (THATCHER & COLLIER, 1981; COLLIER et al., 1982).

Foi observado por COLLIER et al. (1982) que vacas leiteiras em gestação com acesso à sombra no verão, posteriormente pariam bezerros significativamente mais pesados (39,7 kg em média) que as vacas sem acesso à sombra (36,6 kg) e que essas vacas produziam também mais leite, após o parto. O estresse térmico durante a metade e no terço final da gestação aumenta a incidência do retardo no crescimento fetal e da mortalidade pré-natal.

ANDRIANAKIS & WALKER (1994) estudaram os efeitos da hipertermia no fluxo sangüíneo de ovelhas prenhes, sendo os animais expostos a $43\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 25-30% de umidade relativa durante oito horas. O fluxo sangüíneo uterino diminuiu significativamente durante a hipertermia e foi associado à alcalose sangüínea. A redução do fluxo sangüíneo uterino compromete o desenvolvimento fetal, pelo impedimento do fluxo de calor através da placenta para a circulação materna. Segundo estes mesmos autores, a redução do fluxo sangüíneo não é placentária, e ocorre devido às anastomoses arteriovenosas do útero.

A hipóxia e a hipoglicemia têm sido estudadas como fatores desencadeantes do retardamento do crescimento fetal. Sob estresse térmico, a vasodilatação periférica implica em transporte placentário reduzido e conseqüentemente em menor suprimento umbilical de substratos metabólicos, afetando o crescimento fetal. THUREEN et al. (1992) mantiveram ovelhas a 40°C durante 18 horas e depois a 35°C por 6 horas à noite, durante 39 a 125 dias de gestação; as mesmas apresentaram massa fetal e da placenta menores que as do grupo controle. Sob estresse térmico, o feto não é capaz de manter a taxa de crescimento, que é altamente desproporcional em relação ao suprimento de glicose da placenta.

Outro fator conseqüente da hipertermia uterina é a alteração na produção de hormônios da placenta, durante o máximo crescimento placentário. Mudanças no perfil hormonal e na capacidade funcional da placenta e o crescimento intrauterino retardado foram associados à redução do peso da placenta. A relação entre placenta e feto implica que o crescimento da placenta deve preceder o crescimento fetal, de modo que deficiências da placenta interferirão no subseqüente desenvolvimento fetal.

O estresse térmico durante o período de máximo crescimento placentário, em ovelhas com 30 dias de exposição ao calor, reduziu significativamente a concentração de progesterona e do lactogênio placentário (REGNAULT et al, 1999). Ocorre redução do lactogênio placentário e da progesterona, devido à alteração das

células binucleadas, as quais são fontes de proteínas e hormônios responsáveis pelo estabelecimento e manutenção da gestação

3.9 Eficiência reprodutiva e parâmetros genéticos

A eficiência reprodutiva dos rebanhos é um dos fatores determinantes na eficiência total de produção e deve, portanto, ser considerada como um critério de seleção em programas de melhoramento animal. Para que o melhoramento das características de importância econômica seja efetivo, faz-se necessário conhecer os fatores ambientais e as fontes de variações genéticas que atuam sobre estas características (RAVAGNOLO et al., 2000).

O primeiro aspecto importante na reprodução das fêmeas é a idade em que atingem a maturidade, além da extensão em que esta idade se relaciona à fertilidade na primeira estação de monta e ao subsequente desempenho reprodutivo nas futuras gestações. Na pecuária bovina de corte, a Idade ao Primeiro Parto (IPP) é uma característica reprodutiva utilizada como índice de precocidade reprodutiva. Esta é um reflexo da idade à primeira cobertura com gestação confirmada, uma vez que, subtraindo-se esta da data do parto obtém-se o momento em que a fêmea foi acasalada, o que é referido como idade à maturidade.

Critérios adequados de seleção genética visando à redução da idade à maturidade não são facilmente elaborados, sendo de estruturação trabalhosa, principalmente, em condições extensivas de criação, envolvendo intensa coleta de dados (BERGMAN, 1999). Por exemplo, a detecção do primeiro estro envolve mão de obra adicional e uso de rufiões marcadores. A detecção da primeira ovulação e dos ciclos estrais consecutivos envolvem palpações trans-retais constantes e avaliações ultra-sonográficas ou determinações de progesterona no sangue (MARSON et al, 2001).

A respeito do conceito da IPP, é importante ressaltar que, na pecuária de corte no Brasil e em diversos países, as novilhas são colocadas em reprodução em uma estação de monta restrita, o que implica numa menor idade ao parto para as fêmeas que nasceram no final da estação de nascimentos; e numa idade maior para aquelas que nasceram no início da estação, pois são desafiadas posteriormente em relação a suas companheiras. De acordo com PEREIRA et al. (2001), para se obter um progresso maior para precocidade sexual das fêmeas utilizando-se a IPP como critério de seleção, as mesmas teriam que entrar em reprodução por volta dos 14

meses; isso porque nesta idade podem ser detectadas diferenças que não ocorrem quando as fêmeas são expostas mais velhas.

Segundo LANNA & DELGADO (2000), o fator limitante para a utilização da IPP como referencial da idade à puberdade é o tempo demandado para sua expressão, em função da necessidade de manter os animais até a idade adulta (o parto).

Contudo, é a idade ao primeiro parto o critério mundialmente seguido em esquemas de avaliação do desempenho reprodutivo de novilhas. Esta característica apresenta herdabilidade de magnitude entre baixa e mediana, variando de 0,01 a 0,46 (GRESSLER, et al., 2000; MERCADANTE et al., 2000). MARTÍNEZ-VELAZQUEZ et al (2003) reportaram uma herdabilidade de $0,08 \pm 0,04$ para a idade ao primeiro parto de 4835 vacas de diferentes raças (Hereford, Angus, Limousin, Simmental, Charolêsa, Pinzgauer, Gelbvieh e Braunvieh) e de três populações compostas, em Nebraska, EUA, uma região temperada com invernos rigorosos.

O intervalo de partos (IEP) é outra importante característica para avaliação da eficiência reprodutiva de um rebanho. O IEP representa uma forma simples e eficaz de medir a eficiência reprodutiva em bovinos, ao combinar num único valor o intervalo entre o parto e o primeiro cio, o número e duração dos vários ciclos estrais até à concepção, e o tempo de gestação. Diversos fatores de natureza genética e ambiental afetam o IEP em bovinos e a sua correta utilização poderá contribuir para a melhoria da eficiência reprodutiva que, em princípio, conduzirá à obtenção de melhores resultados econômicos. O intervalo de partos tem sido estudado para avaliar o desempenho reprodutivo de vacas e utilizado nos processos de seleção (ALENCAR et al., 1984; ABCZ / EMBRAPA, 2001; CORBET et al., 2006).

Parições regulares em gado de corte, com intervalos de 365 dias, são essenciais à rápida multiplicação do material genético, ao mesmo tempo em que aumenta a vida produtiva dos animais. Médias de IEP próximas de 13 meses são comumente alcançadas em raças bovinas especializadas de clima temperado e podem ser encontradas no Brasil em rebanhos com bom manejo e nutrição adequada.

Com relação aos aspectos genéticos, SILVEIRA, et al. (2004) obtiveram estimativa de herdabilidade de 0,42 para o IEP em vacas da raça Nelore, um valor bastante alto se comparado com os reportados por MOREIRA & CARDELINO (1994) para vacas da raça Hereford em dois rebanhos distintos (0,01 e 0,12).

Segundo BERGMANN (1993), a utilização do IEP pode ser considerada tendenciosa, pois é feita apenas para animais com pelo menos dois partos durante sua vida reprodutiva. Além disso, as vacas que parem cedo na estação de nascimentos são forçadas a um longo período pós-parto antes da próxima estação de monta, de modo que o seu IEP é maior que 365 dias. Por outro lado, as matrizes que parirem tardiamente terão um período mais curto entre o parto e o início da estação de monta, apresentando menor IEP (BOURDON & BRINKS, 1983). Vacas tardias em estação fixa de parição eventualmente não conceberão na próxima estação de monta.

A variável dias para o parto (DPP), ou data do parto, vem sendo utilizada em substituição ao IEP (MACGREGOR & CASEY, 1999; PEREIRA et al 2000; MERCADANTE et al, 2002; GUTIERREZ, et al., 2002; FORNI et al., 2003; FORNI & ALBUQUERQUE, 2005). É definida como sendo o número de dias entre o início da estação de monta e o próximo parto. Fêmeas que não pariram são penalizadas, assumindo que apresentem o valor máximo de DPP, somado de 21 dias (um período do ciclo estral), como recomendam JOHNSTON & BUNTER (1996), considerando cada grupo de manejo na estação de monta. Estimativas de herdabilidade para DPP encontradas na literatura são inferiores a 0,11 para a raça Nelore (PEREIRA et al., 2000; GRESSLER et al., 2000; MERCADANTE et al., 2002, 2005; FORNI et al., 2003; FORNI & ALBUQUERQUE, 2005).

Outra característica de fertilidade das fêmeas que tem sido avaliada é a taxa de concepção (diagnóstico de gestação), uma importante variável reprodutiva das vacas de corte. Considerando-se os resultados de um único serviço por fêmea em um rebanho, ou após a estação de monta definida, dois tipos são identificados: (1) as gestantes e (2) as não gestantes (ou férteis e inférteis). A expressão desta característica é categórica e segue o modelo “tudo ou nada” ou de limiar (*threshold model*) considerado por FALCONER (1989). A determinação desta variável é possível, uma vez que se conheça a data da inseminação ou da cobertura do animal. A estimativa de herdabilidade da condição de prenhez de novilhas Hereford feita por EVANS et al. (1999), foi de 0,138, utilizando um modelo de limiar para prever os valores genéticos. BURROW (2001) determinou um valor de 0,03 para a herdabilidade da condição de prenhez em vacas de raças compostas (Bonsmara e Barzona), na Austrália.

DONOGHUE et al. (2004) estimaram a correlação genética entre sucesso ao parto e DPP (-0,73), apenas para dados de inseminação artificial. Esta correlação negativa alta indicou que as fêmeas com alta probabilidade de sucesso ao parto foram aquelas com menores valores de DPP. Neste estudo, as estimativas de herdabilidade para sucesso ao parto e DPP foram $0,03 \pm 0,01$ e $0,06 \pm 0,01$, respectivamente.

RUST & GROENEVELD (2001) consideraram que as características que podem ser incluídas nas avaliações genéticas de rebanhos em sistemas extensivos ou semi-extensivos são as menos compostas: taxa de parição, sucesso ao parto, sobrevivência do bezerro, dias ao parto, data do parto, entre outras. Entretanto, a escolha deve ser feita com base no sistema de manejo.

3.11 Parâmetros genéticos das características do pelame e da taxa de sudação

Com relação aos aspectos genéticos das características morfológicas do pelame, SILVA et al. (1988) observaram coeficientes de herdabilidade (h^2) de $0,23 \pm 0,11$ para a espessura da capa; $0,08 \pm 0,07$ para o comprimento dos pêlos e $0,30 \pm 0,03$ para a pigmentação do pelame, em vacas da raça Jersey. O coeficiente para comprimento dos pêlos foi bastante baixo e, supostamente, deveria ser esperado um valor próximo ao da espessura, pois o comprimento do pêlo determinaria esta característica. Todavia, o fator mais importante para a variação da espessura da capa é o ângulo de inserção dos pêlos, o qual pode variar conforme as circunstâncias.

PINHEIRO (1996) obteve estimativas de herdabilidade nulas para espessura da capa e número de pêlos, enquanto que para o comprimento dos pêlos obteve o valor igual a 0,20. Valores superiores aos mencionados foram observados por BERTIPAGLIA et al. (2007a): $0,36 \pm 0,09$ para o comprimento dos pêlos, 0,05 para o número de pêlos, $0,04 \pm 0,050$ para a espessura da capa e $0,63 \pm 0,08$ para o diâmetro dos pêlos, em vacas da raça Holandesa, valores próximos aos encontrados na literatura em geral.

Com respeito à refletância do pelame, ou da cor do pelame, SILVA et al. (1988) determinaram uma herdabilidade de $0,43 \pm 0,004$ para a pigmentação do pelame de vacas da raça Jersey. BECERRIL et al. (1993) e REINSCH et al. (1999) obtiveram valores mais altos para a proporção de malha negra na raça Holandesa ($0,71 \pm 0,03$;

0,88±0,08, respectivamente). MAIA et al. (2005a) encontraram uma herdabilidade para a proporção de malha negra (0,78±0,08) igualmente elevada, obtendo ainda coeficientes de herdabilidade para transmitância efetiva (0,05, para o pelame branco e preto) e para a absorvância efetiva (0,09, para o pelame preto e 0,13 para o branco).

MAIA et al. (2003), mostraram que, de acordo com os coeficientes de correlação genética entre as características do pelame, a seleção para a diminuição do comprimento dos pêlos resultaria numa seleção simultânea para menor espessura e menor número de pêlos, o que afirmaram ser desejável em ambiente tropical.

A respeito das estimativas das correlações genéticas entre IPP, IEP e características do pelame, BERTIPAGLIA et al. (2007a) estudaram a associação entre o diâmetro médio dos pêlos e o IPP (-0,37±0,17) e IEP (-0,49±0,27), valores medianos e significativos, considerados favoráveis aos objetivos da seleção. Estes resultados indicaram que a seleção praticada para maior diâmetro dos pêlos constituiria a melhor escolha de tipo de pelame para animais em ambiente tropical, e que resultaria em seleção simultânea para precocidade sexual e menor intervalo de partos. Entretanto, os valores de correlação genética entre IPP e IEP mostraram que a seleção para menor espessura da capa, menor comprimento e menor número de pêlos, bem como para maior porcentagem de malhas negras não resultaria em melhoramento genético do desempenho reprodutivo dos animais.

A respeito da taxa de sudação, SILVA et al. (1988) estudaram a variação fenotípica e os aspectos genéticos da taxa de sudação em vacas da raça Jersey. A temperatura e a umidade do ar foram os efeitos fixos ambientais de maior importância na variação da sudação, tendo sido 0,222±0,155 a estimativa de herdabilidade para a taxa de sudação.

Na literatura consultada não foram encontrados parâmetros genéticos das características do pelame estudadas e da taxa de sudação para os animais mestiços ou puros das raças Nelore e Hereford.

CAPÍTULO 2 –CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM FÊMEAS BOVINAS BRAFORD

RESUMO- O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das características do pelame sobre a taxa de sudação de vacas da raça Braford criadas sob sistema extensivo em região tropical úmida, Naviraí, Mato Grosso do Sul, e estimar as herdabilidades e correlações genéticas entre estas características. Dados (n=1607) da taxa de sudação (TS), e das seguintes características do pelame: espessura (E), refletância (R), comprimento dos pêlos (C), diâmetro dos pêlos (D) e número de pêlos (N) foram observados. As análises foram realizadas pelo método dos quadrados mínimos, considerando os seguintes efeitos para as variáveis do pelame: classes dos pais e de grupos contemporâneos; efeitos lineares do mês da observação e do genótipo do animal e efeitos lineares e quadráticos da idade. O pai da vaca foi importante ($P<0,05$) para todas as características do pelame, exceto para o número; grupos de contemporâneos afetaram ($P<0,05$) todas as variáveis do pelame; o mês da amostragem afetou ($P<0,05$) a variação do comprimento e da refletância do pelame; o genótipo foi importante ($P<0,05$) para o comprimento, diâmetro e refletância; a idade foi significativa ($P<0,05$) somente para a refletância. Dois modelos foram utilizados para analisar a taxa de sudação. O primeiro modelo considerou os seguintes efeitos fixos: classes de grupos de contemporâneos e classes de pais; efeito linear do genótipo, da espessura, do comprimento, do diâmetro, do número, da refletância; e efeitos lineares e quadráticos da hora da observação, da idade, da temperatura do ar, da pressão parcial de vapor e da carga térmica radiante no momento da observação. O segundo modelo para avaliar a taxa de sudação considerou os mesmos efeitos fixos utilizados no primeiro modelo, sendo que a diferença consistiu de que as características do pelame foram ajustadas para os efeitos considerados importantes nos modelos das variáveis do pelame. Todos os fatores meteorológicos e grupos de contemporâneos foram significativos ($P<0,05$) na variação da taxa de sudação para ambos modelos. Os resultados incluem estimativas de herdabilidade no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2) em análises univariadas: espessura ($h^2=0,16$; $H^2=0,26$); comprimento ($h^2=0,18$; $H^2=0,39$); número de pêlos ($h^2=0,08\pm0,07$; $H^2=0,08\pm0,07$); diâmetro ($h^2=0,12\pm0,07$; $H^2=0,12\pm0,07$); refletância ($h^2=0,30$; $H^2=0,42$); e taxa de sudação ($h^2=0,10\pm0,07$; $H^2=0,10\pm0,07$).

$=0,10\pm0,07$). Em geral, as correlações genéticas entre as características do pelame e sudação foram favoráveis na direção para seleção da adaptação em ambiente tropical. Entretanto, apresentaram elevado erro padrão. Baseado nos resultados deste estudo, conclui-se que as características do pelame e habilidade de suar são importantes para a adaptação ao estresse térmico e devem ser melhor estudada e, além disso, consideradas em programas de seleção para o progresso da adaptação de bovinos de origem européia ou cruzados em ambiente tropical.

Palavras-Chave: Adaptação, características do pelame, gado de corte, parâmetros genéticos, taxa de sudação.

1 INTRODUÇÃO

As características da superfície corporal dos bovinos são de grande importância para as relações entre os animais e seus ambientes. Em regiões tropicais os animais devem ser capazes de dissipar o excesso de calor pela pele e pela superfície do sistema respiratório, ao mesmo tempo, que devem evitar ganhar calor do ambiente. As propriedades de proteção ao ambiente externo dependem das características da epiderme (glândulas sudoríparas, cor, espessura) e da capa de pelame (espessura, cor, comprimento dos pêlos, diâmetro dos pêlos e número de pêlos por unidade de área) as quais permitem trocar calor com o ambiente (SILVA, 2000a).

Os bovinos regulam a temperatura corporal interna dissipando a quantidade de calor produzido pelo metabolismo através do fluxo de calor do animal para o ambiente que o envolve. O fluxo de calor ocorre através de processos dependentes da temperatura (perda de calor sensível: condução, convecção e radiação) e umidade (perda de calor latente: evaporação cutânea e respiratória) do ambiente. A magnitude da perda de calor sensível por condução e convecção é dependente da resistência da passagem de calor do organismo para a epiderme e da epiderme para o ar que a envolve. As características do pelame afetam a transferência de energia térmica da epiderme para o ambiente e, conseqüentemente, o controle da temperatura interna corporal (CENA & MONTEITH, 1975a;b; MCARTHUR, 1991;

SILVA, 1999).

Quando um animal é exposto ao sol, um gradiente de temperatura extremamente amplo é estabelecido entre a superfície do pelame e a epiderme. Pelames curtos, lisos e com pêlos grossos facilitam a condução do calor e do vapor de água através da camada do pelame em ambientes quentes e úmidos (GEBREMEDHIN et al., 1997; TURNPENNY et al., 2000).

Dentre as características do pelame, destaca-se a refletância da capa do pelame à radiação solar de ondas curtas e a habilidade de perder calor. Pelames de cores claras, lisos e brilhantes refletem maior proporção de radiação solar incidente que os pelames escuros, densos e lanosos (HUTCHINSON & BROWN, 1969; FINCH, 1986; HANSEN, 1990; SILVA et al., 2003). Muitas raças zebuínas têm pêlos claros que refletem uma grande quantidade de radiação solar incidente (HUTCHINSON & BROWN, 1969; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 2003).

Em regiões temperadas, os bovinos apresentam, em geral, pelames (mais que 10 mm), cujos pêlos mudam durante o ano: na primavera constitui-se de pêlos longos e finos do inverno, os quais caem no final do outono e são substituídos por pêlos grossos e curtos do verão. Entretanto, se os bovinos de tais raças de regiões temperadas são transferidos para uma região tropical seus pelames tendem a reduzir a espessura significativamente (SILVA et al., 1988; SILVA, 2000a) para promover a transferência do calor metabólico do corpo para a atmosfera, a qual é alcançada pela convecção, evaporação e radiação. Tal redução da espessura e comprimento do pelame é uma resposta adaptativa da população e em muitos casos é associada com o aumento da capacidade de sudação. A evaporação cutânea parece ser de grande importância em ambientes tropicais: em vacas da raça Holandesa sob temperaturas acima de 30°C a perda total de calor por evaporação cutânea foi de 85% (MAIA et al., 2005c).

Estudos anteriores avaliaram a variação genética e fenotípica das características do pelame em bovinos leiteiros. SILVA et al. (1988) determinou a herdabilidade da taxa de sudação (0,22), pigmentação da pele (0,11), pigmentação do pelame (0,30), espessura do pelame (0,23) e comprimento do pêlo (0,08) de bovinos da raça Jersey mantidos em ambiente tropical. MAIA et al. (2005b) avaliaram as características do pelame em vacas da raça Holandesa na mesma região tropical, obtendo estimativas de herdabilidade da espessura do pelame ($0,18 \pm 0,12$), do comprimento ($0,38 \pm 0,14$), do diâmetro ($0,06 \pm 0,05$), e do número de

pêlos ($0,39 \pm 0,14$).

Entretanto, informação é escassa a respeito da variação genética das características do pelame de bovinos de corte de raças européias ou cruzadas, manejados em ambientes tropicais em sistemas extensivos de criação. Pouca atenção tem sido dada aos aspectos genéticos da adaptação de bovinos de corte ao seu ambiente, talvez devido ser, geralmente, considerado mais rápido e fácil aumentar a produção pelo melhoramento dos aspectos nutricionais e ambientais, mesmo que sejam de alto custo.

O presente estudo objetivou a avaliação dos efeitos dos fatores ambientais sobre as características do pelame e taxa de sudação em vacas Braford manejadas em sistema extensivo em região tropical úmida. Em adição, estimativas de herdabilidade e correlações genéticas foram determinadas, para fornecer informações a programas de melhoramento genético de bovinos Braford em ambientes quentes e úmidos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Animais, manejo e origem dos dados

Foram analisados dados de 1607 fêmeas cruzadas Nelore-Hereford nascidas entre 1998 e 2002 e pertencentes ao rebanho comercial da Fazenda Dom Arlindo, Fazendas Paquetá Ltda, localizada em Naviraí, Estado de Mato Grosso do Sul ($23^{\circ}03'54''$ latitude Sul, $54^{\circ}11'26''$ longitude Oeste, 403 m de altitude). Esta região apresenta clima tropical úmido caracterizado por invernos secos e verões chuvosos e quentes. A média mensal da temperatura máxima do ar variou de 21 a 33°C; a estação chuvosa vai do final de Setembro até Abril e a estação seca ocorre no inverno (de Maio a Agosto). A umidade relativa do ar variou de 60 a 75% (Figura 1). Durante o verão as altas temperaturas combinadas às elevadas taxas de umidade e à intensa radiação solar geram condições bastante estressantes.

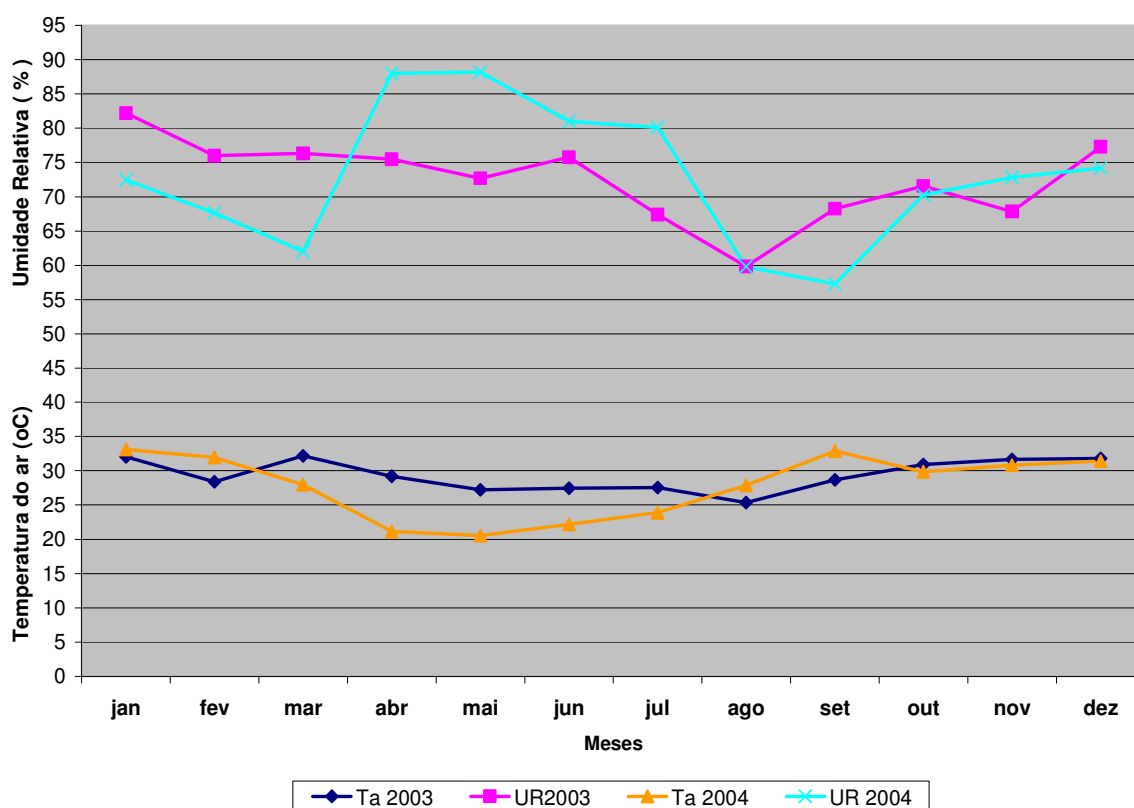


Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (Ta, °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS.

Os animais são manejados exclusivamente em pastagem (*Brachiaria brizantha*), sem áreas de sombras e sem qualquer suplementação, exceto minerais. Esta propriedade é associada à Conexão Delta G, um programa de melhoramento genético das raças Braford, Hereford e Nelore, cujo objetivo é a seleção de machos para precocidade sexual e de ganho de peso. As fêmeas são descartadas somente por falharem em produzir um bezerro. Todas novilhas não gestantes ao final da estação de monta de outubro a dezembro são inseminadas na estação seguinte (Abril a Maio); portanto, o rebanho apresenta duas estações de nascimentos por ano.

O rebanho é composto por animais com diferentes combinações do Hereford (He) e Nelore (Ne) que variou de acordo com sua porcentagem do Hereford de 25 a 75 %. Algumas das vacas nascidas em 1998 e 1999 com composições raciais 25 % He e 50 % He eram nascidas na Fazenda Cedro (Fazendas Paquetá Ltda, localizada em Ponta Porã, Estado de Mato Grosso do Sul), de onde foram trazidas

quando novilhas para a fazenda Don Arlindo, cujo rebanho foi estabelecido recentemente.

Os animais em estudo incluíam novilhas, vacas com bezerros (em lactação) e sem bezerros (vacas secas), com idades entre um a cinco anos, respectivamente, todas sendo filhas de 33 touros, incluindo o grupo de reprodutores múltiplos como uma única classe de pai. Os animais foram manejados em 16 diferentes grupos de acordo com a composição racial, ano de nascimento e categoria (novilhas, vacas com bezerra, vacas com bezerro, vacas sem bezerros) em três diferentes retiros da Fazenda.

2.2 Características do pelame

As seguintes variáveis do pelame foram analisadas: a espessura da capa (E, mm), refletância da capa (R, %) e as seguintes medidas nos pêlos: comprimento médio (C, mm), número por unidade de área (N, pêlos/cm²) e diâmetro médio (D, µm). As medições do pelame e a colheita de amostras de pêlos dos animais foram realizadas no período entre 27 de outubro e 21 de dezembro de 2003. As amostras de pêlos eram retiradas cerca de 20 cm abaixo da coluna vertebral (Figura 2), na região torácica mediana usando-se o método descrito por SILVA (2000a) por meio de um alicate de eletricista adaptado (Figura 3).

As características morfológicas do pelame (E, C, N e D) foram determinadas conforme os métodos descritos por SILVA (2000a). A espessura da capa de pelame era avaliada diretamente, no mesmo local de amostragem dos pêlos, usando-se uma régua metálica milimetrada e provida de um cursor (Figura 4). Para determinação de C foi tomada a média aritmética do comprimento dos dez maiores pêlos da amostra, eleitos por análise visual e medidos com paquímetro digital. A densidade numérica foi estimada pela contagem do número de fibras da amostra, correspondente à área de 18 mm² de pele do animal; em seguida, era feita a conversão para número de pêlos por centímetro quadrado. O diâmetro médio era determinado com um micrômetro digital, considerando-se a média aritmética dos diâmetros dos dez maiores pêlos da amostra.

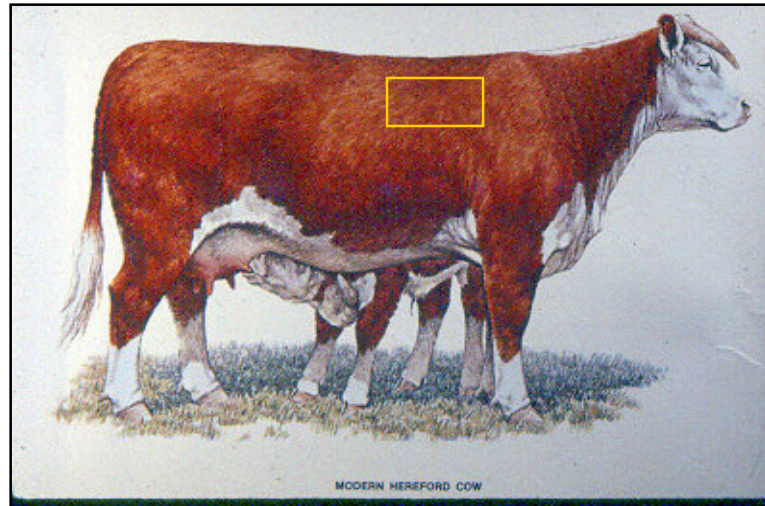


Figura 2. Localização da área (região torácica aos 20 cm abaixo da linha dorsal) para retirada da amostra do pelame e medida da espessura da capa de pelame e da taxa de sudorese.

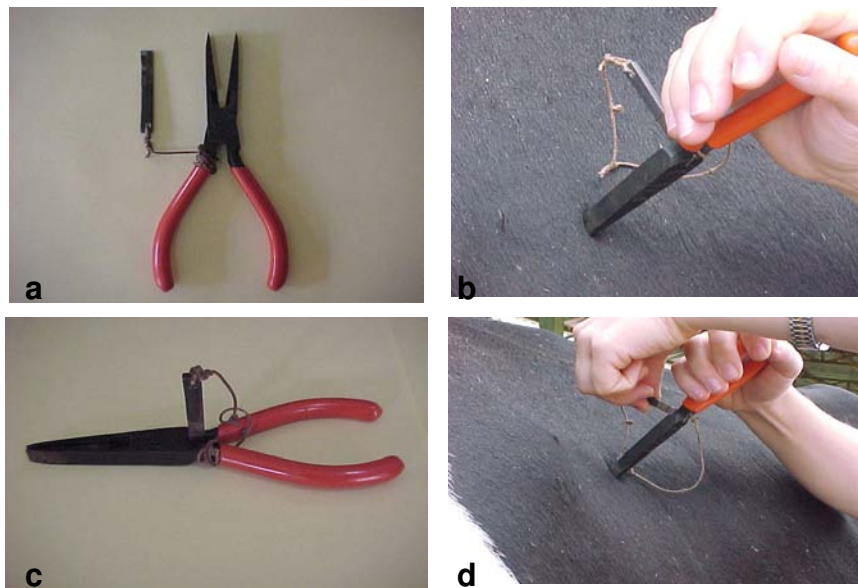


Figura 3. Método utilizado para retirada das amostras de pêlos (SILVA, 2000a) que utiliza um alicate comum de eletricitista com o bico limado e afastador determinando área total a ser amostrada (a, c). Posicionamento do alicate e retirada dos pêlos (b, d).

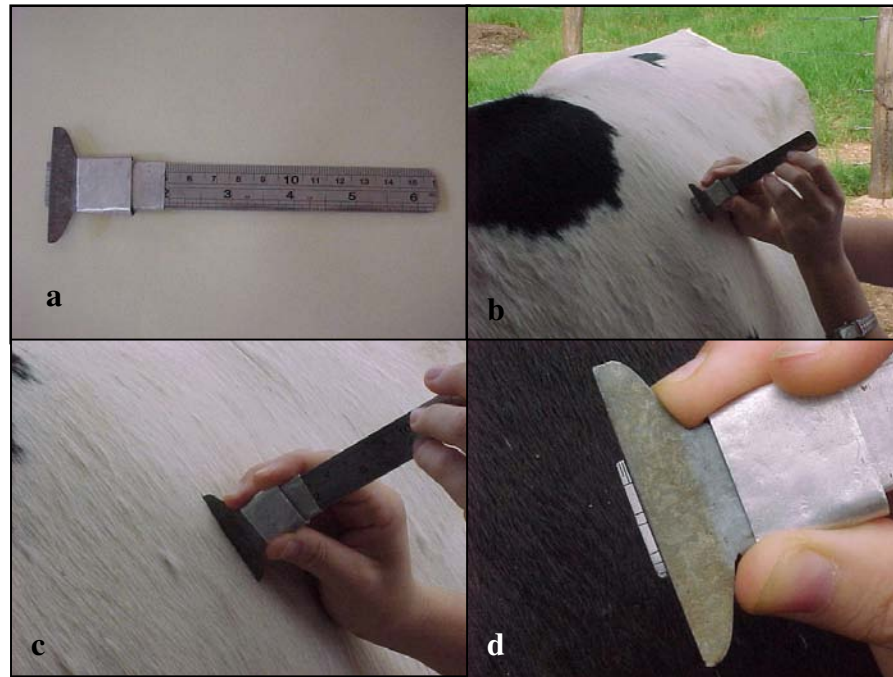


Figura 4. Avaliação da espessura da capa de pelame, usando-se uma régua metálica milimetrada e provida de um cursor (a), introduzida perpendicularmente na superfície do pelame até tocar suavemente a pele (b), e então o cursor será movido até tocar a superfície externa do pelame (c), fazendo-se a leitura em milímetros(d).

A refletância da capa do pelame (R) foi definida de acordo com a seguinte fórmula:

$$R = r_{\text{vermelho}} (Pg) (Cp) + r_{\text{preto}} (Cp) + r_{\text{branco}} (Cp) + r_{\text{cinzento}} (Cp) (Pg) + r_{\text{cinza}} (Cp)$$

em que, cada valor r refere-se à refletância (%) do pelame para cada cor (vermelho=0,513; preto=0,121; branco=0,621; cinza=0,512; cinzento=0,340, determinada para comprimentos de onda de 350 a 850nm conforme dados de SILVA et al.,2003). A combinação de cores do pelame (Cp) foi definida como a proporção de manchas do vermelho, do preto, do branco, do cinza ou do cinzento sobre a superfície total do animal. Cinzento é a cor do pelame constituída de pelos brancos misturados com pretos. A pigmentação do pelame (Pg , %) era o tom ou a intensidade da cor (vermelho ou cinzento, em porcentagem) determinada por avaliação visual direta do animal, comparando-se com uma escala padrão colorida impressa (SILVA, 2000a), apresentada na Figura 5. O padrão era colocado sobre a superfície a ser avaliada, atribuindo-se um valor entre zero e 100 conforme a

coincidência das tonalidades (do branco puro aos tons de cinza ao preto ou do baio ao vermelho intenso) do pelame e do padrão. Não foram considerados os membros, cauda, cabeça e região inferior abdominal e torácica.

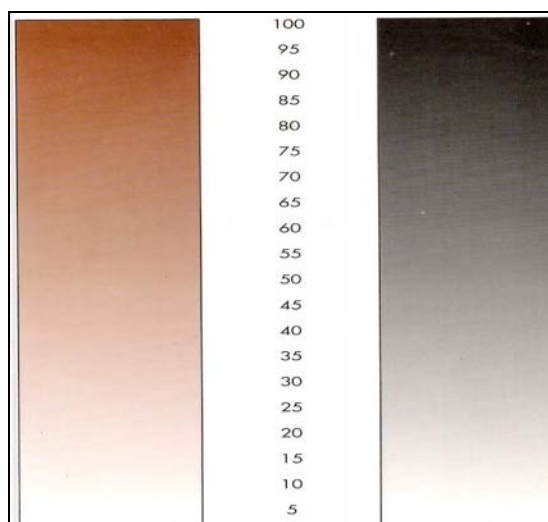


Figura 5. Escala padrão para determinação visual da pigmentação da epiderme e do pelame de bovinos (SILVA, 2000a).

2.3 Taxa de sudação

A taxa de sudação foi determinada pelo método de SCHLEGER & TURNER (1965), baseado na contagem de tempo para que discos de papel impregnados com solução de cloreto de cobalto a 10% mudem sua cor de azul violeta para o róseo claro (Figura 6). Papel filtro Walttman número 1 foi banhado em solução de cloreto de cobalto a 10%, e então secado em temperatura ambiente. Finalmente re-desidratado (50°C), e discos de 0,50 cm de diâmetro foram cortados e re-desidratados.

Três discos eram rapidamente montados no centro de uma fita adesiva de celulose “Durex”, a qual era então fixada em lâmina de microscopia e estocada em um frasco hermeticamente fechado contendo sílica gel. As lâminas eram preparadas 24 horas antes do uso. A região torácica mediana, aproximadamente 20 cm abaixo da linha dorsal, foi escolhida como região conveniente para a medida, sendo depilada e limpa com pano seco para retirada da poeira e umidade da pele. A fita adesiva com os discos de papel fixados era removida da lâmina e imediatamente fixada firmemente sobre a pele (Figura 7).

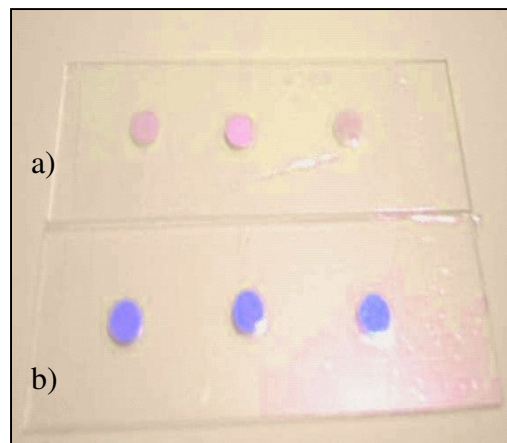


Figura 6. Método colorimétrico para determinação da taxa de sudação de acordo com Schleger & Turner (1965). Discos de 0,5 cm de diâmetro tratados com solução de cloreto de cobalto a 10%, montados sobre lâmina de microscopia e fixados com fita adesiva transparente: a) róseo=saturado de água; b) azul=seco;

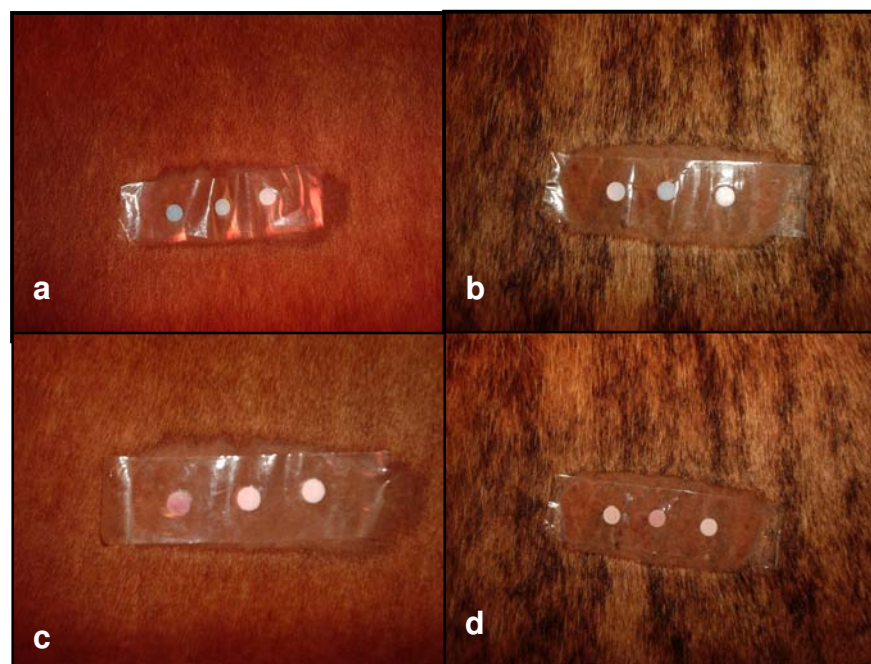


Figura 7. Medida do tempo necessário para que pequenos discos de papel filtro impregnados com cloreto de cobalto mudem sua coloração de azul-violeta (a, b) para róseo-claro (c, d).

A duração do tempo para cada disco de papel mudar de cor foi determinada com um cronômetro e a média do tempo calculada. A taxa de sudação (TS) foi

estimada pela seguinte equação de acordo com SCHLEGER & TURNER (1965):

$$TS = (22 \times 3600) / (2,06 \, t) = 38446,6 / t$$

(g.m⁻².h⁻¹), em que t é o tempo médio em segundos. Foi feita uma observação para cada animal.

As medidas foram realizadas no mês de Fevereiro de 2004; em cada dia de observação iniciavam-se às 08:00 h e terminavam às 18:00 h, sendo que eram colhidos os dados de um mesmo grupo de manejo em um mesmo dia. Os animais eram trazidos para o curral, presos por volta das 7-8 horas ou 13- 14 horas, e mantidos lá sem acesso a sombra. As medidas eram feitas 30 min após os animais chegarem no curral para permitir que descansassem. A contenção dos animais era feita somente no momento da observação.

Para cada observação da taxa de sudação foram obtidas medidas da temperatura do ar, da pressão parcial de vapor e da carga térmica radiante, sendo descrito no item seguinte como foram calculadas a pressão parcial de vapor e a carga térmica radiante. A taxa de sudação foi ajustada por regressão sobre as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), de pressão parcial de vapor (2,00 kPa), da carga térmica radiante (651 Wm⁻²) e da hora da observação (13:00 h).

2.4 Dados meteorológicos

Foram avaliados os efeitos da temperatura máxima diária (T_a , °C), da pressão parcial de vapor (P_v , kPa) e da carga térmica radiante (CTR, w.m⁻²). Todos os dados meteorológicos foram tomados em períodos sucessivos de 30 minutos enquanto eram feitas as observações da taxa de sudação.

A temperatura e umidade relativa (UR, %) do ar foram mensuradas com termopsideômetro digital. A pressão parcial de vapor (P_v , kPa) foi calculada a partir da umidade relativa e temperatura do ar como,

$$P_v = \left(\frac{UR}{100} \right) \left[0,61078 \times 10^{\frac{7,5T_a}{(T_a+237,5)}} \right] \text{ (kPa)}$$

Para o cálculo da carga térmica radiante foi obtida a temperatura radiante média (T_{rm}) que circunda o ambiente do animal. Esta foi estimada pelo globo negro de Vernon colocado à altura do centro do tronco do animal (Figura 8). Um

termómetro comum de coluna de mercúrio líquido (10-50°C) foi colocado, em área adjacente ao tronco de contenção e exposto ao sol, para obter a temperatura do globo (T_g , °C); no mesmo momento e local a velocidade do vento, temperatura e umidade do ar foram determinadas para o cálculo da carga térmica radiante (CTR, Wm^{-2}), calculada de acordo com SILVA (2000a) como:

$$T_{rm} = \left[(\epsilon\sigma)^{-1} h_c (T_g - T_a) + T_g^4 \right]^{1/4} \quad (^\circ K)$$

em que:

T_g = temperatura do globo (°K);

T_a = temperatura do ar (°K);

ϵ = emissividade do globo negro, igual a 0,95;

σ = constante de Stefan-Boltzmann, igual a $5,6697 \times 10^{-8} (W.m^{-2}K^{-4})$;

h_c = coeficiente de convecção do globo negro, que depende da ocorrência de convecção forçada ou natural. Silva (1989) propôs que fossem levados em consideração os dois tipos de convecção, sendo o coeficiente de convecção do globo determinado pela equação:

$$h_c = \frac{kNu}{d} \quad (W.m^{-2})$$

em que:

k = condutividade térmica do ar à temperatura T_a ($W.m^{-1}.^\circ C^{-1}$);

d = diâmetro do globo negro (m);

Nu = número de Nusselt, para convecção forçada é:

$$Nu = 0,26 Re^{0,6} Pr^{0,37}, \text{ se } Re \leq 2 \times 10^5 \text{ ou,}$$

$$Nu = 0,076 Re^{0,7} Pr^{0,37}, \text{ se } Re > 2 \times 10^5$$

Para convecção natural,

$$Nu = 0,52 Gr^{0,25} Pr^{0,25}, \text{ se } Gr \leq 10^9 \text{ ou,}$$

$$Nu = 0,098 Gr^{0,33} Pr^{0,25}, \text{ se } Gr > 10^9.$$

O tipo de convecção foi definido comparando-se os valores de Gr e Re. Se $Gr/Re^2 > 3$ a convecção era natural; se $Gr/Re^2 \leq 0,08$ a convecção era forçada; quando o valor era intermediário, foi calculado o h_c para os dois casos e o maior valor foi escolhido, conforme MONTEITH & UNSWORTH, (1991).

Re = número de Reynolds ($Vd.v^{-1}$);

Pr = número de Prandtl ($\rho c_p v k^{-1}$);

Gr = número de Grashof ($gd^3 v^{-2} T_a^{-1} (T_g - T_a)$);

g = aceleração gravitacional do local ($m.s^{-2}$);

V = velocidade do vento ($m.s^{-1}$);

c_p = calor específico do ar à temperatura T_a ($J.kg^{-1}.s^{-1}$);

v = viscosidade cinemática do ar à temperatura T_a ($m^2.s^{-1}$);

ρ = densidade do ar à temperatura T_a ($kg.m^{-3}$);

A seguir, era calculada a carga térmica radiante (CTR) de acordo com SILVA (2000 a) como:

$$CTR = \sigma T_{rm}^4 \text{ (w.m}^{-2}\text{)},$$

em que, σ é a constante de Stefan-Boltzmann, igual a $5,6697 \times 10^{-8}$ ($W.m^{-2}K^{-4}$).



Figura 8. Medida da temperatura do globo negro (T_g , °C), à uma altura referente ao centro do corpo dos animais e a medida da velocidade do vento com um anemômetro.

2.5 Modelos matemáticos e análise estatística

Os dados foram inicialmente analisados pelo método dos quadrados mínimos

(LITTELL et al., 1991), após confirmação de distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Análises preliminares para todas variáveis foram feitas para verificar os efeitos fixos apropriados para o modelo final. Diferentes efeitos (e possíveis interações) foram considerados, conforme a variável analisada. Os modelos foram testados usando-se o procedimento PROC GLM (SAS, 2004), considerando o coeficiente de determinação (R^2) e o quadrado médio do resíduo. Interações de interesse foram testadas, mas foram não significativas e então removidas dos modelos. A multicolinearidade entre as variáveis independentes nos modelos foi investigada em modelo de regressão pelos fatores de inflação de variância (FIV) (PROC REG; *vif*, do programa SAS).

O modelo utilizado para descrever todas as características do pelame considerou os seguintes efeitos fixos: classes de pais das vacas (33 níveis); classes de grupos de contemporâneos (29 níveis, consistindo da concatenação dos efeitos: ano de nascimento=1998 a 2002; estação de nascimento=primeiro e segundo semestre do ano; fazenda de nascimento= Cedro e Don Arlindo; grupos de manejo= 16 grupos; estado fisiológico= novilha, vaca seca, vaca em lactação) efeito linear do mês da amostragem (outubro a Dezembro); efeito linear do genótipo ou porcentagem do Hereford na composição (de 25% a 75%) e efeitos linear e quadrático da idade (de 364 a 1959 dias).

Dois modelos foram usados para avaliar a taxa de sudação. O primeiro modelo considerou as características do pelame como variáveis independentes não ajustadas; os seguintes efeitos fixos foram usados: classes de pais da vaca (33 níveis); classes de grupos de contemporâneos (29 níveis, formado como descrito acima para o modelo das características do pelame); efeito linear do genótipo ou porcentagem do Hereford na composição (de 25% a 75%), da espessura do pelame, comprimento dos pêlos, diâmetro, número de pêlos e refletância da capa de pelame; e efeitos linear e quadrático da idade (de 494 a 2076 dias), hora da observação (7:00 às 18:00), temperatura máxima do ar, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante no momento da observação.

O segundo modelo usado para descrever a taxa de sudação considerou os mesmos efeitos fixos do primeiro modelo, exceto que as características do pelame foram ajustadas para os efeitos considerados importantes ($P < 0,05$) usados no modelo para analisar as variáveis do pelame. Fatores multiplicativos de correção foram usados para ajustar as características do pelame; estes fatores foram

estimados por coeficientes de regressão parcial (PROC GLM; SAS Institute, 2004). A espessura do pelame, comprimento médio dos pêlos, diâmetro médio, número de pêlos e refletância foram ajustados para o mês de amostragem (Novembro), idade (1197 dias) e genótipo (50%He).

2.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e componentes de variância

As estimativas dos parâmetros genéticos, componentes de variância e covariância, herdabilidades e correlações genéticas foram feitas pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), sob o modelo touro, usando o programa “Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood” (MTDFREML). Vacas filhas de pais desconhecidos ou reprodutores múltiplos foram eliminadas para a análise, permanecendo, então, 888 vacas filhas de 32 touros conhecidos, e 28 grupos de contemporâneos.

A equação de modelo misto de touro para as características do pelame e taxa de sudação para análises univariadas em notação matricial foi:

$$\mathbf{y} = \mathbf{I}\mu + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{s} + \mathbf{e}$$

em que, $\mathbf{y}$ é um $n \times 1$ vetor de observações para cada uma das variáveis (espessura do pelame, refletância, comprimento do pêlo, diâmetro do pêlo, número de pêlos e taxa de sudação); μ é a média geral, $\mathbf{I}$ é um vetor $n \times 1$ para todas entradas de cada característica, $\mathbf{X}$ é a matriz de incidência $n \times p$ associada aos p efeitos fixos; $\boldsymbol{\beta}$ é um vetor $p \times 1$ de efeitos fixos como descritos na Tabela 1; $\mathbf{Z}$ é a matriz de incidência $n \times t$ associada aos t efeitos aleatórios de touro; $\mathbf{s}$ é o vetor $t \times 1$ do efeito aleatório genético do touro e $\mathbf{e}$ é o vetor $n \times 1$ de efeitos aleatórios do resíduo. Outras definições: n é o número total de vacas com medidas ($n = 888$); t é o número de touros ($t = 32$); e p é o número de níveis dos efeitos fixos.

As pressuposições dos modelos foram: $E(\mathbf{y}) = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$; $E(\mathbf{s}) = 0$; $E(\mathbf{e}) = 0$; $\text{Var}(\mathbf{s}) = \mathbf{I}_t$ $\sigma_s^2 = 1/4 \mathbf{I}_n \sigma_a^2$; $\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I}_n \sigma_e^2$, em que, $\mathbf{I}_n$ é a matriz identidade, σ_s^2 é a variância genética aditiva do touro, σ_a^2 é a variância genética aditiva e σ_e^2 é a variância residual.

Um modelo misto sem o efeito fixo do genótipo e somente o efeito aleatório de touro foi usado para estimar a herdabilidade no sentido amplo (H^2). A herdabilidade no sentido estrito (h^2) foi estimada pelo modelo touro contendo todos os efeitos fixos em adição do genótipo (contribuição dos genes do Hereford para a composição

genética de cada animal).

Para as análises bivariadas o modelo touro foi:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{XB} + \mathbf{ZS} + \mathbf{E}$$

em que, $\mathbf{Y} = [\mathbf{y}_1 \mathbf{y}_2]$ = matriz nx2 de observações das variáveis 1 e 2 em análise; $\mathbf{B} = [\mathbf{B}_1 \mathbf{B}_2]$ = matriz px2 de efeitos fixos das variáveis 1 e 2, descritas na Tabela 1; $\mathbf{S} = [\mathbf{s}_1 \mathbf{s}_2]$ = matriz tx2 de efeitos aleatórios aditivos do touro das variáveis 1 e 2; $\mathbf{E} = [\mathbf{e}_1 \mathbf{e}_2]$ = matriz nx2 dos efeitos aleatórios residuais das variáveis 1 e 2.

As pressuposições são:

$$E[\mathbf{y}] = \mathbf{XB};$$

$$\text{Var}(\mathbf{S}) = \mathbf{I}_n \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{s_{11}} & \sigma_{s_{12}} \\ \sigma_{s_{21}} & \sigma_{s_{22}} \end{bmatrix} = \mathbf{I}_n \otimes (1/4) \begin{bmatrix} \sigma_{a_{11}} & \sigma_{a_{12}} \\ \sigma_{a_{21}} & \sigma_{a_{22}} \end{bmatrix} \quad e$$

$$\text{Var}(\mathbf{E}) = \mathbf{I}_n \otimes \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 \end{bmatrix},$$

em que, $\otimes$ denota o produto direto entre duas matrizes (produto de Kronecker); $\mathbf{I}_n$ são matrizes identidade (ARNOLD, 1981).

Tabela 1. Descrição dos efeitos fixos usados no modelo touro univariado e bivariado para a análise dos componentes de variância e estimativa da herdabilidade das características do pelame e taxa de sudação.

Efeitos fixos	Variáveis					
	TS	E	N	C	D	R
Mês (covariável; linear)	-	X	X	X	-	-
Grupo contemporâneo (classes, 28 níveis)	X	X	X	X	X	X
Genotipo (covariável; linear) ^a	X	X	X	X	X	X
Idade (covariável; linear e quadrática)	X	X	X	X	-	X
Ta (covariável; linear e quadrática)	X	-	-	-	-	-
Pv (covariável; linear e quadrática)	X	-	-	-	-	-
CTR (covariável; linear quadrática)	X	-	-	-	-	-

Taxa de sudação (TS); Espessura do pelame (E); número de pêlos (N); comprimento (C); diâmetro (D); refletância (R); temperatura do ar (Ta); pressão parcial de vapor (Pv); carga térmica radiante (CTR). ^a Para a análise univariada foi incluído e tirado do modelo o genótipo, respectivamente, para a estimativa da herdabilidade no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2) das características do pelame e taxa de sudação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estatística Descritiva

Os valores médios das características do pelame, taxa de sudção e fatores meteorológicos, desvios-padrão, valores máximos e mínimos estão apresentados na Tabela 2. Em geral as vacas Braford apresentaram valor baixo para a espessura (3,73mm); baixa densidade numérica do pelame (993,18 pêlos/cm²); pêlos curtos (10,54mm) e pequeno diâmetro dos pêlos (30,98 µm). PETERS & SLEN (1964) observaram pelames com média de 1785 pêlos/cm²; 29,1mm de comprimento e 45µm de diâmetro. BERTIPAGLIA et al. (2005) reportaram em vacas da raça Holandesa pelames com espessura média baixa (2,64 mm), baixa densidade de pêlos (1050 pêlos/cm²), com pêlos curtos (12,81 mm) e grossos (62,98 µm); estes resultados foram interpretados como indicativo de adaptação ao ambiente quente do estado de São Paulo. De acordo com SILVA (1999), o pelame para ambientes tropicais é vantajoso quando constituído de pêlos de cor clara, pequena espessura, alta densidade (muitos pêlos por unidade de área da epiderme) pêlos grossos, e bem assentados sobre epiderme altamente pigmentada.

A taxa de sudção média foi de 319,97 g.m⁻².h⁻¹, a qual pode ser considerada como um valor favorável para animais criados em ambiente tropical. SILVA et al. (1988) observaram baixos valores em vacas da raça Jersey em Ribeirão Preto (123,3gm⁻².h⁻¹) e São Carlos (113,3 g m⁻².h⁻¹), SP, Brasil. Adversamente, SCHLEGER & TURNER (1965) obtiveram altos valores em bovinos cruzados Hereford x Shorthorn (488 gm⁻².h⁻¹) e Braham x Shorthorn (500 gm⁻².h⁻¹) durante o verão na Austrália.

Tabela 2. Médias gerais observadas e respectivos desvios-padrão (d.p.), valores mínimos e máximos da taxa de sudção e das características do pelame em 1607 vacas Braford.

Características	Médias	d.p.	Min.	Max.
TS	319,97	83,02	89,20	591,48
E	3,73	1,72	1,00	13,00
N	993,18	503,76	319,09	4851,51
C	10,41	3,91	4,13	26,50
D	30,98	8,13	11,00	69,00
R	0,18	0,13	0,01	0,63

TS=taxa de sudção (gm⁻².h⁻¹); E=espessura da capa de pelame (mm), N=Número de pêlos por unidade de área (pêlos/cm²); C=comprimento do pêlo (mm); D=diâmetro do pêlo (µm); R= refletância do pelame (%).

3.2 Análise de variância

As análises de variância por quadrados mínimos das variáveis do pelame estão resumidas na Tabela 3. O pai da vaca afetou ($P<0,05$) todas as variáveis, exceto o número de pêlos por unidade de área. O mês da amostragem foi importante ($P<0,05$) para a variação do comprimento e refletância. Resultados semelhantes foram obtidos por SILVA et al. (1988) e MAIA et al. (2003), em vacas das raças Jersey e Holandesa, respectivamente.

Tabela 3. Quadrados médios das características morfológicas e refletância do pelame de 1607 vacas da raça Braford

Efeitos	gl	E(mm)	N (pêlos/cm ²)	C (mm)	D (µm)	R (%)
Pai	32	3,86*	27,95	145587,05*	92,98*	0,02*
Mês	1	4,01	11,49	192481,30*	13,17	0,10*
GC	28	3,58 *	47,13*	368496,94*	320,71*	0,07*
Genótipo	1	6,33	5,24	565320,06*	210,08*	0,29*
Idade linear	1	5,09	10,25	14245,75	11,92	0,02
Idade quadrática	1	3,86	6,95	525,46	42,12	0,05*
Erro	1542	1,80	19,69	49509,20	57,76	0,01
R²		0,41	0,25	0,69	0,16	64,30
CV (%)		35,97	44,68	21,37	24,53	0,23

E=espessura da capa de pelame; N=Número de pêlos por unidade de área; C=comprimento do pêlo; D=diâmetro do pêlo; R= refletância do pelame; GC=grupo de contemporâneos; * $P<0,05$

Diferenças na variação do comprimento do pêlo devido ao efeito do mês da amostragem podem ser explicadas devido ao progressivo processo de muda ou troca de pelame do inverno para o pelame de verão, que geralmente, ocorre no final da primavera. Provavelmente, as vacas estavam em progressiva perda dos pêlos de inverno durante a amostragem do pelame, no final de outubro e novembro. A muda de pêlos é o único fator do processo dinâmico que determina o tipo de pelagem. (TURNER & SCHLEGER, 1960). DOWLING & NAY (1960) também reportaram que o comprimento do pêlo diminui do inverno para o verão, aumentando, novamente, e alcançando um pico no final do outono e início do inverno.

O importante ($P<0,05$) efeito do mês da amostragem sobre a refletância da capa de pelame, provavelmente, foi devido às mudanças progressivas no conteúdo de melanina dos folículos pilosos e epiderme. O aumento proporcional do estímulo da radiação ultravioleta durante o final de outubro a dezembro aumenta a síntese de melanina. Este efeito foi mostrado por SILVA et al. (1988) em que, a pigmentação,

de vacas da raça Jersey, era mais escura no verão (0,759 %) que no inverno (0,715%).

Do mesmo modo, TURNER & SCHLEGER (1960) observaram que o mês da amostragem foi altamente importante sobre a cor dos pelames, os quais eram mais escuros no verão que no inverno; entretanto, estes autores não quantificaram a coloração do pelame.

O grupo contemporâneo afetou ($P < 0,05$) todas as características do pelame. Grupos de contemporâneos consistiram de fatores em bloco [ano de nascimento; estação de nascimento; fazenda de nascimento; grupos de manejo e estado fisiológico (vacas secas, em lactação e novilhas)]. O efeito de grupos de contemporâneos incluiu o efeito de interação destes fatores. O objetivo da inclusão dos grupos era juntar animais que foram expostos a mesmas condições ambientais. Entretanto, foi possível avaliar diferenças entre grupos de animais que foram apenas manejados juntos.

TURNER & SCHLEGER (1960) mostraram que a estação, a idade, o sexo, a higidez, condição corporal e a raça do animal foram fatores que afetaram a classificação do pelame. Além destes fatores, SCHLEGER (1967) observaram que a regressão da produção de leite sobre a classificação dos tipos de pelames em bovinos Shorthorn australianos era negativa e altamente significativa. Em consequência, o efeito da lactação, ou do estado fisiológico, foi incluído no grupo de contemporâneo do presente estudo.

A composição genotípica afetou ($P < 0,05$) o comprimento do pêlo, diâmetro e refletância da capa de pelame, mas não as demais variáveis. A maior proporção do Hereford na composição genética foi, provavelmente, a causa do aumento do comprimento médio dos pêlos, diminuição do diâmetro e da refletância. OLSON et al. (2006) reportaram que em ambientes tropicais os produtos F1 de cruzamento de touros de raças de *Bos taurus* em vacas zebuínas são geralmente de pelames quase curtos e adaptados ao ambiente tropical. Problemas a respeito da inadequação do pelame ocorrem na segunda geração, em que os touros *Bos taurus* são usados, ou quando utilizado cruzamento *inter si* de animais F1 cruzados.

Muitas raças de *Bos indicus* têm pêlos de cor clara que reflete uma grande proporção de radiação solar incidente (HUTCHINSON & BROWN, 1969; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 2003). A troca de calor por radiação depende das características da superfície tão bem como das propriedades de refletância do

pelame. Pelames claros, com pelos curtos e bem assentados refletem uma maior proporção de radiação solar incidente que pelames densos, lanosos e escuros (HUTCHINSON & BROWN, 1969; FINCH, 1986; HANSEN, 1990; SILVA et al., 2003).

Na tabela 4 estão apresentados os resumos das análises de variâncias da taxa de sudação. Número de pêlos, diâmetro, comprimento e espessura afetaram ($P < 0,05$) a taxa de sudação, para a soma de quadrados do tipo I. No modelo em que as características do pelame foram ajustadas para os efeitos importantes ($P < 0,05$), a soma de quadrados tipo I mostrou resultados significativos ($P < 0,05$) semelhantes. Entretanto, a espessura não afetou ($P \geq 0,05$) a taxa de sudação para este modelo.

Tabela 4. Resumo das análises de variâncias obtidas para a soma de quadrados (S.Q.) do tipo I e III da taxa de sudação ($\text{g.h}^{-1}.\text{m}^2$) com as características do pelame ajustadas^C e não ajustadas para os efeitos importantes sobre seus modelos.

Efeitos	gl	S.Q. I	S.Q. III	S.Q. I ^C	S.Q. III ^C
Número de pêlos (linear)	1	59573,41*	916,70	131631,36	49,85
Diâmetro pêlo (linear)	1	25980,74*	5969,83	42317,15*	7059,94
Comprimento pêlo(linear)	1	148769,49*	16324,97	42723,49*	10285,91
Espessura pelame(linear)	1	673,93*	309,31	2483,62	158,06
Refletância (linear)	1	1,07	352,62	13867,47	10966,83
Hora (linear)	1	726039,95*	11961,22	762207,79	12230,06
Hora (quadrática)	1	333062,38*	9196,82	350348,00	9386,64
Ta (linear)	1	154859,73*	22631,38*	184952,98	21987,19*
Ta (quadrática)	1	49672,77*	12626,45	54803,77*	12131,80
Pv (linear)	1	190434,18*	47136,46*	142215,15	45313,38*
Pv (quadrática)	1	36711,99*	56511,15*	56873,42*	54702,87*
CTR (linear)	1	31795,95*	36567,26*	30926,15*	35329,69*
CTR(quadrática)	1	5253,72	33075,09*	9037,54	31812,20*
Idade (linear)	1	125035,31*	11742,85	34842,61*	11999,57
Idade (quadrática)	1	83957,96*	3955,15	73490,50*	4354,69
Genótipo (linear)	1	50673,65*	33,99	82846,39*	8738,65
Pai	32	7967,22*	7694,88*	8045,07*	7635,53
Grupo de contemporâneo	28	8368,56*	8368,56*	8738,65*	8738,65*
Erro	1530		5593,24		5589,37
R ²			0,23		0,23
C. V. (%)			23,37		23,36

* $P < 0,05$; Ta= temperatura do ar; Pv= pressão parcial de vapor; CTR= carga térmica radiante.

^C= modelo com as características do pelame ajustadas para idade no dia da observação (1197 dias), genótipo (50% Hereford 50% Nelore) e mês da observação (Novembro).

É importante destacar que pelames com pêlos lisos, curtos, grossos apresentam melhor condução do vapor de água em ambientes quentes

(GEBREMEDHIN et al., 1997; TURNPENNY et al., 2000). SCHLEGER & TURNER (1965) reportaram que novilhos *Bos taurus* de raças britânicas com baixa classificação do tipo de pelame (pêlos lisos, assentados) apresentaram maior taxa de sudação. OLSON et al. (2006) investigaram a taxa de sudação de vacas primíparas em lactação 7/8 da raça Holandesa com (n=25) e sem o gene *slick hair* (n=26), e um grupo de contemporâneas da raça Holandesa (n=17), em uma fazenda comercial no sul da Flórida. A taxa de sudação média dos três grupos foram mais baixas ($P < 0,01$) para os dois grupos de vacas com pelames normais que para o grupo de vacas com pêlos curtos (15,0; 10,1 e 7,9 gm/m^2 para pêlo curto, pêlo normal e contemporâneas Holandesas, respectivamente). Neste mesmo estudo, a taxa de sudação aumentou em todos os grupos com o progresso do dia e o aumento da temperatura, mas em vacas com pêlos curtos, esta alcançou níveis elevados sob altas temperaturas do ar.

Adversamente, no presente estudo, não foram observados efeitos importantes das características do pelame sobre a taxa de sudação. Nenhum efeito significativo ($P \geq 0,05$) foi observado para as características do pelame sobre a variação da taxa de sudação quando todos os efeitos foram considerados juntos, na análise da soma de quadrados tipo III. Isto significa que, provavelmente existe um efeito importante deste grupo de características do pelame sobre a taxa de sudação. Entretanto, as variáveis determinantes, ou aquelas que mais afetaram ($P < 0,05$) a variação da taxa de sudação, foram os efeitos meteorológicos (temperatura do ar, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante) durante a medida da taxa de sudação; que continuaram a mostrar efeito estatístico significativo ($P < 0,05$). O efeito do pai da vaca afetou ($P < 0,05$) a variação da taxa de sudação, efeito observado somente para o modelo com as características do pelame não ajustadas.

Elevada temperatura do ar e umidade foram também associadas à alta produção de suor por SILVA et al., (1988) e OLSON et al. (2006). A temperatura do ar variou de 21,6 a 37,9°C quando a taxa de sudação foi medida (30,8°C em média). O valor da pressão parcial de vapor durante a observação da sudação foi em média de $2,06 \pm 0,033$ kPa, variando de 1,38 para 2,66 kPa.

Contudo, desde que a evaporação é determinada pelo gradiente de pressão parcial de vapor entre a superfície da pele e a atmosfera, sob alta temperatura e umidade, a evaporação cutânea é reduzida e, então, a sudação pode ser insatisfatória como uma resposta ao estresse térmico. Sob tais circunstâncias, a

evaporação respiratória (ofegação) pode ser mais eficiente para dissipar o excesso de calor corporal, mas sob limites, a ofegação excessiva pode aumentar a temperatura do corpo. Por outro lado, sob temperaturas medianas observadas (20-25°C) a produção de suor das vacas foi limitada, independente da umidade ser mínima ou máxima; o que sugere a dependência da temperatura ambiente para a produção de suor; ou seja, a sudação é estimulada pelo aumento da temperatura ambiente e não pela umidade em si.

A idade do animal não afetou ($P>0,05$) a variação da taxa de sudação, como também foi observado por SALIMOS (1980) e SILVA et al. (1988).

3.3 Estimativas de herdabilidade

As estimativas dos parâmetros genéticos das análises univariadas para as características do pelame e taxa de sudação estão apresentadas na Tabela 5. As estimativas de herdabilidade no sentido estrito (h^2) foram baixas: 0,08 para número de pêlos por unidade de área; 0,10 para taxa de sudação; 0,12 para o diâmetro. As respectivas herdabilidades no sentido amplo (H^2) não diferiram daquelas do sentido estrito. Isto sugere que não houve diferenças a respeito dos efeitos não aditivos dos genes devido as diferenças entre os grupos de composições raciais.

Tabela 5. Estimativas dos componentes de variância, herdabilidades no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2) de análises univariadas

Variáveis	σ_a^2	σ_e^2	$h^2 \pm \text{s. e.}$	σ_a^2	σ_e^2	$H^2 \pm \text{s. e.}$
Espessura (mm)	0,31	1,71	0,16 $\pm$ 0,09	0,54	1,54	0,26 $\pm$ 0,12
Comprimento (mm)	0,99	4,65	0,18 $\pm$ 0,09	2,39	3,69	0,39 $\pm$ 0,15
Número (pêlos/cm ²)	185,69	2182,21	0,08 $\pm$ 0,07	178,45	2179,66	0,08 $\pm$ 0,06
Diâmetro (μm)	6,71	47,89	0,12 $\pm$ 0,07	6,76	47,82	0,12 $\pm$ 0,07
Refletância (%)	0,003	0,007	0,30 $\pm$ 0,12	0,004	0,005	0,42 $\pm$ 0,15
Sudação (g.h ⁻¹ .m ⁻²)	537,85	5096,88	0,10 $\pm$ 0,07	552,43	5083,12	0,10 $\pm$ 0,07

σ_a^2 = variância genética aditiva; σ_e^2 = variância ambiental;

As estimativas de h^2 e H^2 foram calculadas em análises univariadas, sendo incluídas e retiradas, respectivamente, as composições raciais dos modelos.

Com respeito à taxa de sudação, o valor estimado para a taxa de sudação no presente estudo ($h^2=0,10\pm0,07$) foi menor que $h^2=0,22$, obtida em vacas da raça Jersey por SILVA et al. (1988).

Estimativas de herdabilidade foram moderadas a altas para a espessura do pelame ($h^2=0,16$; $H^2=0,26$), comprimento ($h^2=0,18$; $H^2=0,39$), e refletância ($h^2=0,30$; $H^2=0,42$). SILVA et al. (1988) mostraram valores similares para a espessura do

pelame ($h^2=0,23\pm0,12$) e valor muito menor para o comprimento médio dos pêlos ($h^2=0,08\pm0,08$) em vacas da raça Jersey. MAIA et al. (2005a) reportaram estimativas de herdabilidade baixa para espessura do pelame ($0,18\pm0,12$) e diâmetro do pêlo ($0,06\pm0,05$); muito próxima para o comprimento ($0,38\pm0,14$); e mais alta para o número de pêlos ($0,39\pm0,14$), em vacas da raça Holandesa no Brasil.

Deve ser destacado que, para estas variáveis, as estimativas de herdabilidade no sentido estrito foram menores que no sentido amplo. Os valores menores para as estimativas no sentido estrito para a espessura do pelame, comprimento médio dos pêlos e refletância do pelame são devido às diferenças entre os genótipos (proporção das raças Hereford: Nelore) da população em estudo, ou seja o efeito não aditivo dos genes.

As diferenças entre as raças são evidentes, os bovinos da raça Nelore apresentam pêlos curtos, lisos, grossos e claros, enquanto que, a raça Hereford apresenta pelame denso, lanoso, com pêlos longos e finos. No entanto, é esperado que a proporção do Hereford no genótipo afete o comprimento e a refletância como mostraram os resultados (Tabela 3).

3.4 Correlações genéticas

Estimativas de herdabilidade em análises bivariadas e correlações genéticas entre as características do pelame e entre a taxa de sudação estão relacionadas na Tabela 6.

As correlações genéticas da espessura do pelame com o comprimento médio dos pêlos e número de pêlos por unidade de área (1,00 e 0,89; respectivamente) e entre o comprimento médio dos pêlos e número de pêlos (0,69) foram altas e positivas, significando que se os produtores de bovinos da raça Braford selecionarem animais para menor espessura do pelame, resultará em futuras gerações de animais com pelames menos densos e mais curtos.

Tabela 6. Estimativas de correlações genéticas (r_g), herdabilidade (h^2) e erros padrões (s.e.) das análises bivariadas das características do pelame e taxa de sudação em vacas da raça Braford.

Variável 1	Variável 2	$r_g \pm \text{s. e.}$	h^2 da Variável 1	h^2 da Variável 2
Espessura	Comprimento	$1,00 \pm 0,15$	$0,15 \pm 0,09$	$0,20 \pm 0,09$
Espessura	Número	$0,89 \pm 0,23$	$0,17 \pm 0,09$	$0,11 \pm 0,07$
Espessura	Diâmetro	$-0,12 \pm 0,43$	$0,15 \pm 0,09$	$0,12 \pm 0,07$
Espessura	Refletância	$0,44 \pm 0,34$	$0,14 \pm 0,08$	$0,27 \pm 0,11$
Comprimento	Número	$0,69 \pm 0,37$	$0,18 \pm 0,09$	$0,07 \pm 0,06$
Comprimento	Diâmetro	$0,13 \pm 0,40$	$0,18 \pm 0,09$	$0,12 \pm 0,07$
Comprimento	Refletância	$-0,03 \pm 0,35$	$0,18 \pm 0,09$	$0,30 \pm 0,12$
Número	Diâmetro	$-0,49 \pm 0,41$	$0,09 \pm 0,07$	$0,13 \pm 0,07$
Número	Refletância	$0,01 \pm 0,44$	$0,08 \pm 0,07$	$0,29 \pm 0,12$
Diâmetro	Refletância	$-0,03 \pm 0,37$	$0,12 \pm 0,07$	$0,30 \pm 0,12$
Sudação	Espessura	$-0,29 \pm 0,45$	$0,10 \pm 0,07$	$0,16 \pm 0,09$
Sudação	Comprimento	$-0,07 \pm 0,44$	$0,10 \pm 0,07$	$0,17 \pm 0,09$
Sudação	Número	$0,45 \pm 0,62$	$0,09 \pm 0,06$	$0,06 \pm 0,06$
Sudação	Diâmetro	$-0,08 \pm 0,46$	$0,10 \pm 0,07$	$0,12 \pm 0,07$
Sudação	Refletância	$-0,48 \pm 0,37$	$0,10 \pm 0,07$	$0,29 \pm 0,12$

As correlações genéticas entre as características do pelame e taxa de sudação e aquelas entre as características do pelame são imprecisas devido ao elevado valor dos erros-padrão. Resultados deste estudo estão de acordo com estudos anteriores de SILVA, et al. (1988) e MAIA et al. (2005b) com respeito ao fato que análises bivariadas obtiveram elevado erro-padrão.

Em geral, as correlações genéticas entre as características adaptativas foram favoráveis, assim como a direção delas. O alto erro padrão das correlações genéticas neste estudo, entretanto, não permite comparações detalhadas de todas as alternativas, mas alguma idéia pode ser obtida por investigações de cenários extremos. Por exemplo, se a seleção for realizada para pêlos mais curtos resultaria em pelames mais adaptados: menos espessos; menos densos; mais reflectivos e com maior taxa de sudação. Vacas da raça Braford com pêlos curtos, grossos e capa de pelame pouco espessa, juntamente com perda de calor por evaporação cutânea mais efetiva constitui a melhor escolha para aliviar os efeitos deletérios do ambiente tropical.

As características do pelame avaliadas no presente estudo são parte de uma estrutura única do pelame; sendo assim, suas características morfológicas (cor, diâmetro, comprimento e número de pêlos) proporcionam ao pelame suas características de controle térmico, como consequência, da adaptação evolutiva a um ambiente específico. Entretanto, esta forte associação entre as características

morfológicas do pelame podem ter sido a causa dos elevados valores observados para o erro-padrão. Por exemplo, a associação entre o comprimento e a espessura pode ser devido à complexidade do pelame como suas características morfológicas como o diâmetro, número de pêlos, cor, comprimento; que também deve ser adicionada à capacidade de perda de calor por evaporação cutânea (sudação), contribuindo, assim, para a determinação do comprimento do pêlo, por exemplo, e para a adaptação do organismo em ambiente tropical, quente e úmido.

A complexidade das características do pelame foi observada por MAIA et al. (2005a), que examinaram diferenças entre o pelame preto e branco de vacas da raça Holandesa sob condições de clima tropical, observando diferenças significativas entre o pelame preto e branco para todas as características morfológicas. Pelames brancos eram mais espessos e densos com pêlos mais longos que o pelame de áreas negras no mesmo animal. A transmitância efetiva e absorvidade do pelame preto foram maiores ($P < 0,05$) que aquelas do pelame branco. Como consequência da seleção (natural ou artificial), o rebanho de vacas Holandesas do Brasil apresentam menor densidade de pêlos, pêlos mais curtos e pelame pouco espesso.

As estimativas de herdabilidade das análises bivariadas (Tabela 6) foram muito próximas daquelas obtidas nas análises univariadas (Tabela 5), entretanto, estes valores poderiam ser os mesmos. Provavelmente, as diferenças foram devido às altas correlações entre as variáveis. Usualmente, quando as variáveis são altamente correlacionadas as análises bivariadas no programa MTDFREML não alcança o critério de convergência. Entretanto, desde que a presente análise atingiu o critério de convergência, as estimativas de herdabilidade poderiam não ser diferentes das esperadas. Como exemplo, é esperado que em análises uni ou bi-variadas, com medidas para todos animais e para ambas variáveis, as estimativas de herdabilidade sejam quase iguais. Entretanto, desde que as análises do presente estudo atingiram o critério de convergência e, as estimativas de herdabilidades de análises uni e bi-variadas muito pouco diferiram, mesmo assim, as análises bivariadas mostraram estimativas não precisas das correlações genéticas, apresentando elevado erro padrão.

4 CONCLUSÕES

Nenhum efeito importante das características do pelame foi observado sobre a variação da taxa de sudação. As condições de temperatura e umidade do ar,

assim como a carga térmica radiante no momento da observação da taxa de sudção foram os principais fatores que afetaram a capacidade de sudção dos animais.

O efeito do pai da vaca foi importante sobre a variação de todas as características do pelame, exceto para o número. O mês da amostragem foi importante na variação do comprimento e da refletância do pelame; o genótipo foi importante para o comprimento, diâmetro e refletância; e a idade afetou somente a variação da refletância.

Houve variação genética de todas as características do pelame e da taxa de sudção no rebanho em estudo, sugerindo que bovinos mais tolerantes ao calor podem ser geneticamente selecionados, e que a utilização do cruzamento Nelore x Hereford pode também oferece oportunidades para direcionar o melhoramento.

Apesar dos valores obtidos para o erro-padrão, as estimativas das correlações genéticas entre as características do pelame e entre taxa de sudção, de um modo geral, sugerem que se os bovinos forem selecionados para menor espessura do pelame, conjuntamente, haverá seleção para diminuição do comprimento do pêlo, da refletância da capa de pelame, do número de pêlos e aumento do diâmetro da fibra do pêlo e aumento da capacidade de sudção, resultados estes vantajosos para a produção de bovinos em ambiente tropical. I

5 IMPLICAÇÕES

Devido à grande importância das características morfológicas da pele (glândulas sudoríparas, espessura, vascularização, cor) e do pelame (espessura da capa de pelame, diâmetro dos pêlos, comprimento dos pêlos, número de pêlos) para a eficiência do controle da temperatura corporal, as quais permitem a troca de calor com o ambiente; e também devido à existência de variação genética para estas características, deve ser considerado o potencial para selecionar touros que possam transmitir pelames e sudção adequados para o progresso genético dos bovinos em ambientes tropicais.

Contudo, a necessidade de estimar as correlações genéticas entre as variáveis do pelame e taxa de sudção mantém um campo aberto para novos estudos, com o objetivo de promover o melhoramento genético dos bovinos da raça Braford em ambiente tropical.

CAPÍTULO 3 - DESEMPENHO REPRODUTIVO, CARACTERÍSTICAS DO PELAME E TAXA DE SUDAÇÃO EM VACAS DA RAÇA BRAFORD

RESUMO - Foram investigados os efeitos das características do pelame e da taxa de sudação (TS) sobre o intervalo de partos (IEP, $n=423$) e dias para o parto (DPP, $n=1202$) de vacas da raça Braford criadas sob sistema extensivo em região tropical úmida, Mato Grosso do Sul. Foram consideradas as seguintes características do pelame: espessura da capa (E), refletância da superfície da capa (R), comprimento dos pêlos (C), diâmetro dos pêlos (D) e número de pêlos por unidade de área (N). As análises foram realizadas pelo método dos quadrados mínimos, considerando para IEP os seguintes efeitos: classes de idade da vaca ao parto, grupo genético, pai e regressão sobre R, E, C, N, D e TS. Para DPP foram considerados os efeitos: R, E, C, N, D, TS, divididos em classes; grupo genético, idade no início da estação de monta e pai. Os componentes de variância e covariância foram estimados pelo método de Máxima Verossimilhança Restrita, sob o modelo touro. Os resultados incluem estimativas de herdabilidade para: IEP ($0,05 \pm 0,04$); DPP ($0,00 \pm 0,01$); E ($0,16 \pm 0,09$); C ($0,18 \pm 0,09$); N ($0,08 \pm 0,06$); D ($0,12 \pm 0,07$); R ($0,30 \pm 0,12$) e TS ($0,10 \pm 0,06$). Foram estimadas as correlações genéticas de IEP e DPP com TS e entre as características do pelame. Os resultados indicaram que a seleção simultânea para menores valores de C poderá ser favorável à redução do IEP. Em geral, as correlações genéticas entre as características do pelame, TS, IEP e DPP apresentaram elevado erro padrão. Baseado nos resultados deste estudo e dada a importância das características do pelame e sudação permanece a necessidade de estudar as correlações genéticas entre as características adaptativas e desempenho reprodutivo para o progresso da adaptação de bovinos da raça Braford.

Palavras-Chave: Braford, gado de corte, herdabilidade, pelame, sudação, parâmetros reprodutivos

1 INTRODUÇÃO

A eficiência reprodutiva de bovinos em ambientes tropicais é baixa, comparada ao desempenho em ambientes temperados. O melhoramento desta característica em rebanhos sob condições extensivas em áreas tropicais é difícil, devido aos efeitos do estresse térmico e da subnutrição periódica sobre o desempenho de animais de alto potencial de produção (FINCH, 1984; FRISCH, 1981). As interações dos mecanismos reprodutivos com fatores genéticos e ambientais têm recebido a atenção de diversos pesquisadores (ORTOVANT et al., 1988; BECERRIL et al., 1993, BURROW, 2001), mas há muito pouca informação sobre a influência de fatores associados à adaptação ao ambiente tropical. Programas de seleção envolvendo variáveis associadas à adaptação têm sido sugeridos para o melhoramento produtivo de bovinos em áreas tropicais (SILVA, 1973; TURNER 1982; SILVA et al.1988; PRAYAGA, 2003, BUENO et al., 2006).

O estresse térmico é um dos fatores associados à falha na gestação e seus efeitos sobre a reprodução de vacas comprometem a esteroidogênese (ZERON et al., 2001), sendo observadas: alterações na duração e no comportamento sexual durante o estro (NEBEL et al., 1997); aumento da ocorrência de oócitos anormais (ZERON et al., 2001, AL-KATANANI et al., 2002; HANSEN, 2002); e de morte embrionária precoce (PUTNEY et al., 1989; SARTORI et al., 2002); em consequência, há redução significativa nas taxas de concepção (BADINGA et al., 1985; HANSEN, 1997; CARTMILL et al. 2001).

A mortalidade embrionária causada pelo estresse térmico *in vivo* varia muito, devido às diferenças na resistência às altas temperaturas durante a fecundação ou desenvolvimento do embrião (EDWARDS & HANSEN, 1997). Os embriões bovinos são sensíveis ao estresse térmico materno durante os sete primeiros dias de gestação (GORDON et al., 1987; PUTNEY et al.,1988a; PUTNEY et al., 1989).

Da fase embrionária de zigoto até antes do desenvolvimento da mórula o embrião é sensível a alterações do ambiente uterino, especialmente, à hipertermia (EDWARDS et al., 2001). Com o avançar da gestação, a partir do terceiro dia (8 a 16 células) ocorre maior síntese protéica (BARNES & EYESTONE, 1990), destacando-se as proteínas anti-choque térmico. O aumento da termo-tolerância observado do terceiro para o quarto dia do desenvolvimento embrionário corresponde também ao período inicial de expressão genética da troca materno-zigótica nos embriões bovinos

da (JU et al., 1999), sendo que falhas na síntese protéica resulta em morte embrionária.

Características da superfície corporal externa (espessura da capa de pelame, número de pêlos por unidade de área, diâmetro e comprimento dos pêlos e cor do pelame) afetam as trocas de calor nos animais (HUTCHINSON & BROWN, 1969; KOVARIK, 1973; CENA & MONTEITH, 1975 a;b; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 1988; MCARTHUR, 1991; SILVA, 1999). Além dessas características, as propriedades radiativas do pelame (refletância, transmitância, absorvância) são muito importantes para animais em ambientes abertos, como na pastagem, condicionando a resistência à radiação solar (SILVA, 2000a). Em geral, conforme SILVA (1999) o tipo mais vantajoso de bovino para regiões tropicais seria aquele com uma capa de pelame branco, o menos espesso possível, com pêlos curtos, grossos, numerosos e bem assentados sobre uma epiderme altamente pigmentada.

O resfriamento por evaporação cutânea é um dos mais importantes meios de controle térmico nos bovinos, sendo proporcionado pela sudorese e favorecido pela movimentação do ar e morfologia do pelame (SILVA, 1999; GEBREMEDHIN & WU, 2002).

Apesar do interesse econômico da raça Braford para o Brasil, sob o ponto de vista da qualidade de carcaça, precocidade sexual e ganho de peso, pouco tem sido feito no sentido de se estudar os efeitos das características adaptativas sobre o desempenho reprodutivo. O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos das características do pelame e da taxa de sudorese sobre o desempenho reprodutivo de vacas da raça Braford, juntamente com a estimação dos parâmetros genéticos dessas características, visando proporcionar subsídios para programas de melhoramento genético.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem dos dados e manejo do rebanho

Os dados de intervalo de partos e dias para o parto de 423 e 1202 animais, respectivamente, foram obtidos no rebanho de vacas Braford da Fazenda Dom Arlindo, em Naviraí, Mato Grosso do Sul (23°03'54" latitude Sul, 54°11'26" longitude Oeste, 403 m de altitude). Esta região apresenta clima tropical úmido caracterizado

por invernos secos e verões chuvosos e quentes. A média mensal da temperatura máxima do ar variou de 21 a 33°C. A estação chuvosa vai do final de Setembro até Abril e a estação seca ocorre no inverno (de Maio a Agosto). A umidade relativa do ar variou de 60 a 75% (Figura 1). Durante o verão as altas temperaturas combinadas às elevadas taxas de umidade e à intensa radiação solar geram condições bastante estressantes.

Ao nascimento, os animais foram identificados e submetidos a procedimentos sanitários preventivos, considerando as características epidemiológicas da região, com destaque para o controle de endo e ecto parasitos. Os animais foram manejados exclusivamente em pastagem (*Brachiaria brizantha*), sem áreas de sombras e sem qualquer suplementação, exceto minerais. Esta propriedade é associada à Conexão Delta G, um programa de melhoramento genético das raças Braford, Hereford e Nelore, cujo objetivo é a seleção de machos para precocidade sexual e de ganho de peso. As fêmeas são descartadas somente por falharem em produzir um bezerro. Todas novilhas não gestantes ao final da estação de monta de outubro a dezembro são inseminadas na estação seguinte (Abril a Maio). Entretanto, o rebanho apresenta duas estações de nascimentos por ano.

O rebanho é composto por animais com diferentes combinações do Hereford (He) e Nelore (Ne) que variou de acordo com sua porcentagem do Hereford de 25 a 75 %. Algumas das vacas nascidas em 1998 e 1999 com composições raciais 25 % He e 50 % He eram nascidas na Fazenda Cedro (Fazendas Paquetá Ltda, localizada em Ponta Porã, Estado de Mato Grosso do Sul), de onde foram trazidas quando novilhas para a fazenda Don Arlindo, cujo rebanho foi estabelecido recentemente.

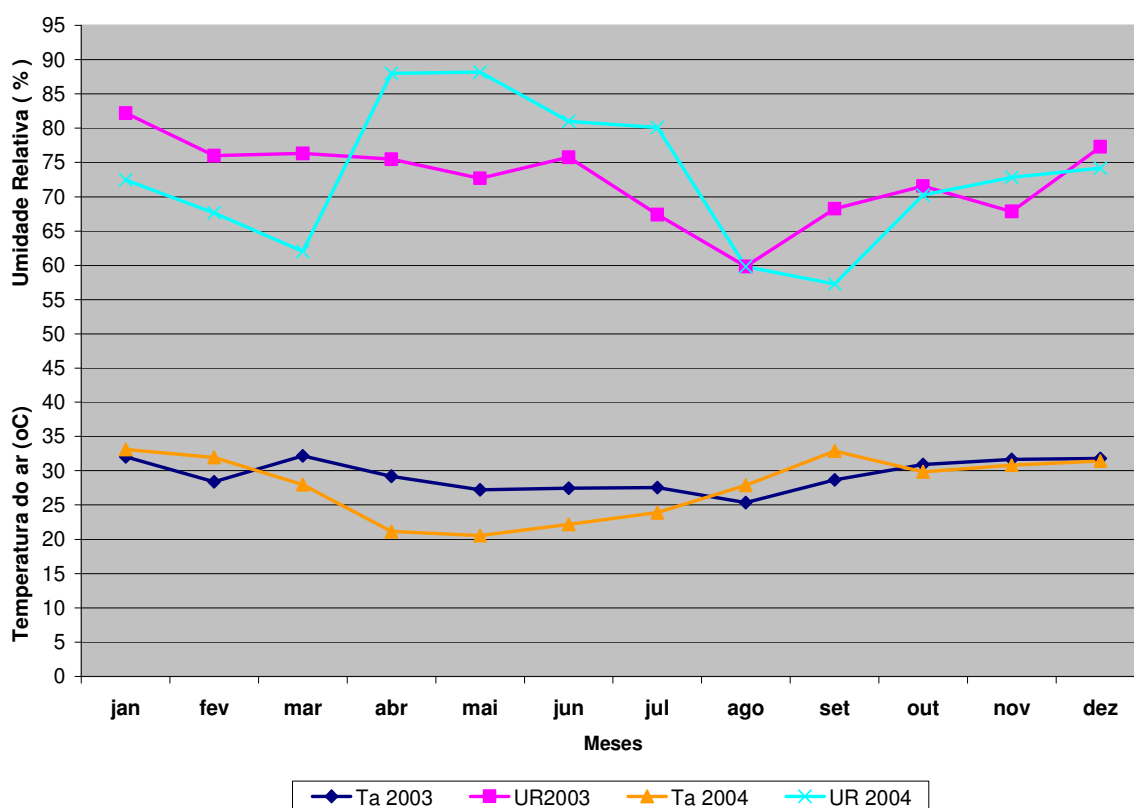


Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (Ta, °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS.

Os animais em estudo incluíam novilhas, vacas com bezerros (em lactação) e sem bezerros (vacas secas), com idades entre um a cinco anos, respectivamente, todas sendo filhas de 25 touros, inclusive de reprodutores múltiplos (sendo 24 com identificação). Os animais foram manejados em 16 diferentes grupos de acordo com a composição racial, ano de nascimento e categoria (novilhas, vacas com bezerra, vacas com bezerro, vacas sem bezerros) em três diferentes retiros da Fazenda.

Ao atingir 260 kg (por volta de 306-527 dias de idade) as novilhas eram consideradas aptas para a reprodução; a estação de monta das mesmas era de 60 dias, dos quais 30 dias com inseminação artificial e o resto com diversos touros. Para as vacas com ou sem bezerros, a estação de monta foi de 90 dias ou menos, conforme o número de animais já inseminados no lote e a porcentagem de manifestação de cio.

A detecção de cio era realizada por observação visual no início da manhã e no final da tarde, com auxílio de rufiões. Doze horas após, era feita a inseminação e, aos 60 dias após o término da estação de monta era feito diagnóstico de gestação

por palpação retal. Vacas não gestantes eram descartadas após o diagnóstico de gestação. Era dada uma segunda oportunidade somente para as novilhas, as quais foram expostas à reprodução na estação de monta seguinte (Abril a Maio), de modo que há duas estações de monta anuais.

2.2 Variáveis reprodutivas

A variável dias para o parto foi considerada conforme sugerido por diversos autores (BOURDON & BRINKS, 1983; MACGREGOR, 1995), em vista do uso de estação de monta restrita. O intervalo de partos foi considerado por se tratar de uma variável amplamente utilizada, principalmente em rebanhos em que existem apenas dados dos partos.

O IEP foi calculado como o número de dias entre os partos dos anos de 2003 e 2004, ocorridos entre final de julho ao início de novembro, no caso de animais com dois ou mais partos consecutivos. O DPP foi definido de acordo com JOHNSTON & BUNTER (1996), como o número de dias entre a primeira observação de cio e o parto. Para o DPP foram analisadas vacas e novilhas, tendo sido avaliado somente o período envolvendo a estação de monta e os nascimentos nos anos de 2003 e 2004. Foram atribuídas penalidades para as vacas que falharam em parir, atribuindo-lhes o valor máximo de DPP, somado de 21 dias (um período do ciclo estral), conforme JOHNSTON & BUNTER (1996), para cada grupo de manejo na estação de monta. Foi feita correção para o sexo do bezerro, somando-se um dia ao DPP para fêmeas, de acordo com o tempo de gestação para cada sexo em mestiços Nelore-Hereford (ROCHA et al., 2005). Foram considerados valores de DPP superiores a 277, este último correspondendo ao período gestacional médio ($289,66 \pm 13,3$) menos o erro padrão.

2.3 Características do pelame

As seguintes variáveis do pelame foram analisadas: a espessura da capa (E, mm), refletância da capa (R, %) e as seguintes medidas nos pêlos: comprimento médio (C, mm), número por unidade de área (N, pêlos/cm²) e diâmetro médio (D, μ m). As medições do pelame e a colheita de amostras de pêlos dos animais foram realizadas no período entre 27 de outubro e 21 de dezembro de 2003. As amostras de pêlos foram retiradas cerca de 20 cm abaixo da coluna vertebral, na região torácica mediana usando-se o método descrito por SILVA (2000a).

As características morfológicas do pelame (E, C, N e D) foram determinadas conforme os métodos descritos por SILVA (2000a). A espessura da capa de pelame era avaliada diretamente, no mesmo local de amostragem dos pêlos, usando-se uma régua metálica milimetrada e provida de um cursor. Para determinação de C foi tomada a média aritmética do comprimento dos dez maiores pêlos da amostra, eleitos por análise visual e medidos com paquímetro digital. A densidade numérica N foi estimada pela contagem do número de fibras da amostra, correspondente à área de 18 mm² de pele do animal. Em seguida, era feita a conversão para número de pêlos por centímetro quadrado. O diâmetro médio D era determinado com um micrômetro digital, considerando-se a média aritmética dos diâmetros dos dez maiores pêlos da amostra.

A refletância da capa do pelame (R) foi definida de acordo com a seguinte fórmula:

$$R = r_{\text{vermelho}} (Pg) (Cp) + r_{\text{preto}} (Cp) + r_{\text{branco}} (Cp) + r_{\text{cinzento}} (Cp) (Pg) + r_{\text{cinza}} (Cp)$$

Em que, cada valor *r* refere-se à refletância (%) do pelame para cada cor (vermelho=0,513; preto=0,121; branco=0,621; cinza=0,512; cinzento=0,340, determinada para comprimentos de onda de 350 a 850nm conforme dados de SILVA et al.,2003). A combinação de cores do pelame (Cp) foi definida como a proporção de manchas do vermelho, do preto, do branco, do cinza ou do cinzento sobre a superfície total do animal. Cinzento é a cor do pelame constituída de pelos brancos misturados com pretos. A pigmentação do pelame (Pg, %) era o tom ou a intensidade da cor (vermelho ou cinzento, em porcentagem) determinada por avaliação visual direta do animal, comparando-se com uma escala padrão colorida impressa (SILVA, 2000a), apresentado na Figura 5. O padrão era colocado sobre a superfície a ser avaliada, atribuindo-se um valor entre zero e 100 conforme a coincidência das tonalidades (do branco puro aos tons de cinza ao preto ou do baio ao vermelho intenso) do pelame e do padrão. Não foram considerados os membros, cauda, cabeça e região inferior abdominal e torácica.

2.4 Taxa de sudação

A taxa de sudação foi determinada pelo método de SCHLEGER & TURNER (1965). As medidas foram realizadas no mês de Fevereiro de 2004; em cada dia de

observação iniciavam-se às 08:00 h e terminavam às 18:00 h, sendo que eram colhidos os dados de um mesmo grupo de manejo em um mesmo dia, evitando dias de chuva. Os animais eram trazidos para o curral, presos por volta das 7-8 horas ou 13- 14 horas, e mantidos lá sem acesso a sombra. As medidas eram feitas 30 min após os animais chegarem no curral para permitir que descansassem. A contenção dos animais era feita somente no momento da observação.

Para cada observação da taxa de sudação de todas fêmeas (IEP=423 e DPP=1202) foram obtidas medidas da temperatura do ar, da pressão parcial de vapor e da carga térmica radiante calculadas como descrito por SILVA (2000). A taxa de sudação foi ajustada por regressão sobre as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm⁻²) e hora da observação (13:00 h).

2.5 Modelos matemáticos e análise estatística

Os dados foram inicialmente analisados pelo método dos quadrados mínimos (LITTELL et al., 1991), após confirmação de distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Análises preliminares para todas variáveis foram feitas para verificar os efeitos fixos apropriados para o modelo final. Diferentes efeitos (e possíveis interações) foram considerados, conforme a variável analisada. Os modelos foram testados usando-se o procedimento PROC GLM (SAS, 2002), considerando o coeficiente de determinação (R^2) e o quadrado médio do resíduo. A multicolinearidade entre as variáveis independentes nos modelos foi investigada em modelo de regressão pelos fatores de inflação de variância (FIV), sendo retiradas as variáveis que apresentassem alto valor da variância de inflação para o modelo de regressão (PROC REG; *vif*, do programa SAS).

Para obtenção do modelo proposto para o IEP e DPP foram testados os efeitos fixos de dois grupos de contemporâneos (GC). O GC1 foi formado pelos efeitos concatenados de fazenda de nascimento; ano de nascimento; semestre do nascimento; grupo de manejo durante a estação de monta. Entretanto, este apresentou desajuste dos modelos para classes da idade da vaca. A partir deste resultado, o GC 2 foi constituído de: fazenda de nascimento e grupo de manejo durante a estação de monta. É importante destacar que os grupos de manejos eram formados de acordo com o ano de nascimento das vacas, a presença ou não do

bezerro e seu sexo, e a composição genética. Quando incluído no modelo, o GC 2 continuou com o mesmo problema do grupo contemporâneo anterior, então foi retirado do modelo. O mesmo ocorreu para o efeito do grupo de manejo durante a estação de monta, sendo também retirados do modelo. O efeito do estado fisiológico (novilha, vaca sem bezerro, com bezerro e com bezerra) foi testado e excluído do modelo para análise do IEP e do DPP, pois não foi significativo para ambas as estimativas.

A respeito do efeito do mês do parto anterior (estação de partos de 2003), este respondeu com variação significativa ($P < 0,001$) e soma de quadrados muito alta em comparação com demais efeitos e, conseqüentemente, aumentou muito o valor de R^2 , por ser responsável por grande parte da variação da variável dependente.

O modelo proposto para descrever a variável intervalo de partos (1) considerou os seguintes efeitos fixos: efeitos lineares e quadráticos da refletância do pelame; efeitos lineares da espessura do pelame, do comprimento dos pêlos, do número de pêlos por unidade de área, do diâmetro dos pêlos e da taxa de sudação; efeito de classes da idade da vaca ao parto no ano de 2003 (6 classes, 1=1017-1091 dias; 2=1092-1166 dias; 3=1401-1484 dias 4=1485-1567 dias; 5=1750-1832 dias; 6=1833-1915 dias); efeito de classe dos grupos genéticos (3 classes, 1=25%He; 2= 50% He; 3= 62,5% He); efeito de classes do pai da vaca (25 touros).

O modelo (2) utilizado para descrever a variável dias para o parto considerou os seguintes efeitos fixos: efeito de classes da refletância (3 classes, 1=0,063-0,194%; 2=0,195-0,446%; 3=0,446-0,626%); efeito de classe do número de pêlos (3 classes, 1=450-1660 pêlos/cm²; 2=1661-3010 pêlos/cm²; 3=3011-4851 pêlos/cm²); classes do diâmetro dos pêlos (3 classes, 1= 10-31µm; 2= 32-41µm; 3=42-71µm); classes do comprimento dos pêlos (3 classes, 1= 280-800 mm; 2= 801-1533 mm; 3=1534-2093 mm); classes de espessura do pelame (3 classes; 1= 1-3 mm; 2= 4-6 mm; 3=7-9 mm); classes da taxa de sudação (3 classes, 1= 135- 320 g.m⁻² h⁻¹; 2= 321-590 g.m⁻² h⁻¹; 3=592-860 g.m⁻² h⁻¹); classes de grupo genético (4 classes; 1= 25% He; 2=37,5% He; 3=50% He; 4= 62,5% He); efeito de classes da idade no início da estação de monta (6 classes, 1=345-525 dias, 2= 526-705 dias, 3=706-885 dias, 4=886-1245 dias, 5=1246-1605 dias e 6=1606-1965 dias); efeito de classe do pai (31 touros).

2.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e componentes de variância

As estimativas dos parâmetros genéticos, componentes de variância e covariância, herdabilidades e correlações genéticas foram realizadas pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), sob o modelo touro, usando o programa “Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood” (MTDFREML). Vacas filhas de pais desconhecidos ou reprodutores múltiplos foram eliminadas destas análises.

Os modelos para estimação dos parâmetros genéticos foram os mesmos utilizados para obtenção dos valores iniciais dos componentes da variância (modelos 1 e 2, descritos no item anterior), considerando apenas os efeitos que foram significativos para o IEP e DPP. Para as características do pelame e taxa de sudação foram considerados os mesmos modelos analisados e efeitos fixos significativos, descritos por BERTIPAGLIA et al. (2007b), para os mesmos animais e base de dados do presente estudo.

Os valores iniciais de cada componente de variância pedido pelo programa MTDFREML (BOLDMAN et al., 2002) para as análises uni-variadas foram obtidos de estudos anteriores.

A equação de modelo misto de touro para as características do pelame, taxa de sudação, dias para o parto e intervalo de partos para análises uni-variadas em notação matricial foi:

$$\mathbf{y} = \mathbf{I}\mu + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{s} + \mathbf{e}$$

Em que, $\mathbf{y}$ é um $n \times 1$ vetor de observações para cada uma das variáveis (espessura do pelame, refletância, comprimento, diâmetro e número de pêlos, taxa de sudação, dias para o parto e intervalo de partos); μ é a média geral, $\mathbf{I}$ é um vetor $n \times 1$ para todas entradas para cada característica, $\mathbf{X}$ é a matriz de incidência $n \times p$ associada aos p efeitos fixos; $\boldsymbol{\beta}$ é um vetor $p \times 1$ de efeitos fixos; $\mathbf{Z}$ é a matriz de incidência $n \times t$ associada aos t efeitos aleatórios de touro; $\mathbf{s}$ é o vetor $t \times 1$ do efeito aleatório genético do touro e $\mathbf{e}$ é o vetor $n \times 1$ de efeitos aleatórios do resíduo. Outras definições: n é o número total de vacas com medidas (IEP, $n = 274$; DPP, $n = 616$); t é o número de touros (IEP, $t = 24$; DPP, $t = 30$); e p é o número de níveis dos efeitos fixos.

As pressuposições dos modelos foram: $E(\mathbf{y}) = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$; $E(\mathbf{s}) = 0$; $E(\mathbf{e}) = 0$; $\text{Var}(\mathbf{s}) = \mathbf{I}_n$ $\sigma_s^2 = \frac{1}{4} \mathbf{I}_n \sigma_a^2$; $\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I}_n \sigma_e^2$, em que, $\mathbf{I}_n$ é a matriz identidade, σ_s^2 é a variância

genética aditiva do touro, σ_a^2 é a variância genética aditiva e σ_e^2 é a variância residual.

Um modelo misto sem o efeito fixo do genótipo e somente o efeito aleatório de touro foi usado para estimar a herdabilidade no sentido amplo (H^2). A herdabilidade no sentido estrito (h^2) foi estimada pelo modelo touro contendo todos os efeitos fixos em adição do genótipo (contribuição dos genes do Hereford para a composição genética de cada animal).

Para as análises bi-variadas o modelo touro foi:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{XB} + \mathbf{ZS} + \mathbf{E}$$

em que, $\mathbf{Y} = [\mathbf{y}_1 \mathbf{y}_2]$ = matriz nx2 de observações das variáveis 1 e 2 em análise; $\mathbf{B} = [\mathbf{b}_1 \mathbf{b}_2]$ = matriz px2 de efeitos fixos das variáveis 1 e 2; $\mathbf{S} = [\mathbf{s}_1 \mathbf{s}_2]$ = matriz tx2 de efeitos aleatórios aditivos do touro das variáveis 1 e 2; $\mathbf{E} = [\mathbf{e}_1 \mathbf{e}_2]$ = matriz nx2 dos efeitos aleatórios residuais das variáveis 1 e 2.

As pressuposições são:

$$E[\mathbf{y}] = \mathbf{XB};$$

$$\text{Var}(\mathbf{S}) = \mathbf{I}_n \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{s_{11}} & \sigma_{s_{12}} \\ \sigma_{s_{21}} & \sigma_{s_{22}} \end{bmatrix} = \mathbf{I}_n \otimes (1/4) \begin{bmatrix} \sigma_{a_{11}} & \sigma_{a_{12}} \\ \sigma_{a_{21}} & \sigma_{a_{22}} \end{bmatrix} \quad e$$

$$\text{Var}(\mathbf{E}) = \mathbf{I}_n \otimes \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 \end{bmatrix},$$

em que, $\otimes$ denota o produto direto entre duas matrizes (produto de Kronecker); $\mathbf{I}_n$ são matrizes identidade (ARNOLD, 1981). O processo iterativo era considerado convergente quando a variância dos valores da função $(-2\log L)$ do simplex era menor que o critério de convergência (1×10^{-9}).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estatística descritiva

A análise estatística descritiva do IEP e do DPP e das características do pelame e da taxa de sudação está resumida na Tabela 1.

Tabela 1. Médias gerais das observações e respectivos desvio padrão, valor máximo (Max) e mínimo (Min) do intervalo de partos (IEP, n=423), de dias para o parto (DPP, n=1202) da taxa de sudação (TS) e características do pelame de vacas Braford.

Variáveis	IEP			DPP		
	Média	Min	Max	Média	Min	Max
IEP	381,61±26,34	295,00	453,00	-	-	-
DPP	-	-	-	336,69±41,60	277,00	440,00
TS	493,59±120,52	175,33	845,62	484,32±126,75	135,68	938,01
E	3,14±1,25	1,00	8,00	3,60±1,65	1,00	13,00
N	916,00±409,00	324,00	3456,00	965,00±496,00	319,00	4851,00
C	8,66±2,22	4,13	17,80	10,04±3,36	4,130	26,50
D	28,74±7,21	12,00	60,00	31,17±8,31	11,00	69,00
R	0,17±0,13	0,01	0,63	0,17±0,13	0,01	0,63

Taxa de sudação (TS, $\text{gm}^{-2}\text{h}^{-1}$); espessura da capa de pelame (E,mm), comprimento (C, mm); número de pêlos por unidade de área (N, pêlos/ cm^2); diâmetro (D, μm); refletância (R).

O intervalo de partos médio ($381,61 \pm 26,34$ dias) foi inferior aos $404,6 \pm 5,44$ dias observados por OLIVEIRA et al. (2002) em vacas Brangus Ibagé (3/8 Nelore 5/8 Angus) classificadas como de alta fertilidade e $523,5 \pm 4,77$ dias para aquelas de mediana fertilidade, ambos estes grupos manejados em estação de monta de 90 dias; também foi menor que os $437,3 \pm 6,3$ dias para vacas Hereford no Rio Grande do Sul (MOREIRA & CARDELINO 1994) e 446 dias para Nelore em Mato Grosso do Sul (SILVEIRA et al. 2004). Um IEP mais curto (360 dias) foi observado por CHASE et al. (2000) em Angus com estação de monta definida na Flórida.

Valores de IEP menores indicam fêmeas mais férteis e mais eficientes. Entretanto, em gado de corte é comum o uso de estação de monta definida, o que leva a uma interpretação equivocada dos resultados, tendo MACGREGOR (1995) sugerido uma associação negativa com a data do parto anterior. BOURDON & BRINKS (1983) consideraram desvantajoso o uso do IEP como critério de seleção porque selecionaria intervalos mais curtos, levando à seleção indireta de animais tardios, pois vacas que parem no final da estação de monta podem parir em intervalo mais curto, em comparação com suas contemporâneas que pariram no início da estação.

O valor médio de DPP no presente estudo foi de $336,69 \pm 41,16$ dias, incluindo fêmeas não paridas (Tabela 1). Deste valor, $289,66 \pm 13,3$ dias corresponderam à duração da gestação média e os demais 47 dias ao período de serviço.

Com respeito às características de adaptação ao ambiente térmico, a taxa

média de sudação foi $493,59 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ para os 423 animais sob análise do IEP e $484,32 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ para os 1202 analisados para DPP. Esses valores são altos e vantajosos para regiões tropicais, estando próximos dos observados por SCHLEGER & TURNER (1965) para novilhos Hereford x Shorthorn ($488 \text{ g.m}^{-2}\text{h}^{-1}$) e BRAHMAN X SHORTHORN ($500 \text{ g.m}^{-2}\text{h}^{-1}$) no verão australiano. Os presentes resultados foram superiores aos observados por Silva et al (1988) em gado Jersey e por FINCH et al. (1982) em mestiços Hereford x Shorthorn x Brahman, na Austrália. Recente estudo no Brasil Central por MCMANUS et al. (2005) evidenciou taxas de sudação mais baixas para vacas Nelore ($215,22 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$) e Holandesas ($215,22$ e $269,13 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$); Os animais da raça Nelore, como todos os zebuínos, tendem a elevar a TS apenas sob temperaturas ambientes muito altas, resultando no baixo valor obtido por estes autores.

As médias das características do pelame são apresentadas na Tabela 1. As 1202 vacas analisadas para DPP apresentaram pelame com refletância média semelhante à da cor cinzenta do Nelore (0,34, segundo SILVA et al., 2003). Na raça Braford ocorrem pelames de cor vermelha com grande proporção de pêlos negros (brasina), os quais apresentam maior absorvância para a radiação solar e menor refletância, resultando em maior aquecimento da superfície corporal. Entretanto, este maior aquecimento pode ser compensado pela ocorrência de TS mais elevada e pêlos mais curtos, grossos e bem assentados. De acordo com SILVA (1999) e SILVA et al. (2001), a seleção de bovinos para maior tolerância ao calor em ambiente tropical deve ser direcionada para pelames predominantemente pretos, no caso de raças nas quais a pigmentação da epiderme acompanha a do pelame, o que ocorre na raça Holandesa, por exemplo. Em ambiente tropical é imperativa a proteção contra os altos níveis de radiação ultravioleta, proporcionada pela melanina da epiderme e/ou do pelame.

A espessura média do pelame foi pequena (3,6 mm), com alta densidade de pêlos (965 pêlos/cm^2). Estes pêlos apresentaram comprimento moderadamente longo (10,04 mm), fato compensado pelo assentamento sobre a epiderme. O diâmetro médio $31,17\mu\text{m}$ também é um tanto fino, característico de raças européias. No conjunto, há indícios de ter havido um processo de adequação do pelame do Braford às condições do ambiente tropical, em comparação com as características da raça Hereford, que no Canadá apresentam pêlos de 29,1mm de comprimento e diâmetro de $45 \mu\text{m}$ (PETERS & SLEN, 1964). Uma evolução similar parece ter

ocorrido na raça Holandesa; vacas manejadas em confinamento no Brasil apresentaram capa fina (2,64 mm), densa (1050 pêlos/cm²) e com pêlos relativamente curtos (12,81 mm) e grossos (62,98µm), conforme BERTIPAGLIA et al. (2005).

3.2 Análise de variância do Intervalo de Partos

O resumo da análise de variância do intervalo de partos encontra-se na Tabela 2. Todos os efeitos foram significativos, exceto para a taxa de sudação e a refletância linear para a soma de quadrados (S.Q. I), a qual ignora demais efeitos. O efeito de maior importância foi refletância (quadrática). Entretanto, a soma de quadrados em análise tipo III (S.Q. III), a qual considera a importância do efeito após todos os outros efeitos (parcial), para o IEP apresentou nenhum efeito significativo para as características do pelame. Estes resultados indicam que quando considerados em conjunto os efeitos das características do pelame são minimizados, predominando o efeito da composição genética. É possível que pelo menos parte da variação das características do pelame seja devida a diferenças entre as composições raciais (genótipo).

Na ausência de outros estudos semelhantes a este, os presentes resultados podem servir de orientação para futuros estudos com rebanhos de raça pura.

Tabela 2. Resumo da análise de variância do intervalo de partos de vacas Braford (n=423)

Fonte de variação	gl	SQ I	SQ III	QM III
Refletância (linear)	1	0,08 ^{NS}	37,78	37,78 ^{NS}
Refletância (quadrático)	1	9691,52 ^{**}	37,81	37,81 ^{NS}
Espessura (linear)	1	3563,85 ^{**}	42,30	42,29 ^{NS}
Comprimento (linear)	1	4251,88 ^{**}	135,148	135,14 ^{NS}
Número (linear)	1	6219,78 ^{**}	627,41	627,41 ^{NS}
Diâmetro (linear)	1	2592,33 [*]	57,40	57,40 ^{NS}
Taxa de Sudação (linear)	1	85,10 ^{NS}	258,75	258,75 ^{NS}
Idade	5	11056,71 ^{**}	10818,58	2163,71 ^{**}
Genótipo	2	8971,95 ^{**}	8971,95	4485,97 ^{**}
Pai	24	27263,58 ^{**}	14627,60	609,48 ^{NS}
Resíduo	384		219147,41	570,69
R² (%)	25,17			
CV	6,26			

^{NS} P> 0,05; 0,01 ≤P≤ 0,05; ** P<0,01

Com respeito ao efeito significativo da composição genética (Tabela 3), as vacas com maior proporção de Nelore (0,25He 0,75Ne) tiveram um menor IEP

(362,34 dias), em relação aos demais genótipos. Os animais 0,25He apresentaram menor intervalo de partos (362,34 dias; $P < 0,05$) que os animais 50% He e 62,5 % He (388,20 e 397, 84, respectivamente); não foi observada diferença significativa entre os animais 50% He e 62,5 % He.

O melhor desempenho reprodutivo de animais com maior proporção de Nelore indica a melhor adaptação às condições do ambiente tropical.

Tendo evoluído em ambientes quentes, os zebuínos são capazes de regular a temperatura corporal sob estresse térmico melhor que as raças de origem Européia (FINCH, 1986; CARVALHO et al., 1995; HAMMOND et al., 1996; GAUGHAN et al., 1999; SILVA, 2000a); neles, os efeitos do clima tropical sobre a reprodução são menos severos que nos taurinos (JOHNSTON et al., 1963; SKINNER & LOUW, 1966; ROCHA et al., 1998). Em ambientes quentes os zebuínos têm melhor desempenho que os taurinos, sob condições nutricionais restritivas (FERRELL & JENKINS, 1998); mas quando comparados estes e seus cruzamentos, sob melhores condições ambientais, os zebuínos tendem a mostrarem-se inferiores (FRISCH & VERCOE, 1977; FRANKE, 1980; FRISCH, 1989; HETZEL et al., 1989).

Tabela 3. Médias estimadas por quadrados mínimos do intervalo de partos de vacas Braford (n=423)

Efeito	N	Média
Genótipo		
0,25He 0,75Ne	110	362,34 a
0,50He 0,50Ne	299	388,20 b
0,625He 0,375Ne	14	397,84 bc
Idade ao parto (dias)		
1017-1091	71	383,18 ab
1092-1166	62	374,02 bc
1401-1484	61	383,33 ab
1485-1567	86	380,90 ab
1750-1832	49	390,50 a
1833-1915	94	384,84 ab

Médias seguidas de mesma letra para cada efeito não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

As fêmeas mais velhas apresentaram IEP menor que suas contemporâneas para o mesmo ano de nascimento, o que se explica pelo fato de as vacas de maior idade serem aquelas nascidas no início da estação e, portanto, sob melhores condições de pastagem (Tabela 3). A classe de idade entre 1092 e 1166 dias apresentou menor IEP, ao passo que animais com idades entre 1750 e 1832 dias

tiveram o maior intervalo. A diferença entre as classes de idade deve-se à maior susceptibilidade das vacas mais velhas aos problemas do aparelho reprodutor. Entretanto, RENQUIST et al. (2006), em estudo de cinco anos com 454 vacas cruzadas com raça britânica, observaram IEP mais longo em animais com três anos de idade que de quatro a nove anos. Porém, as vacas de três anos eram primíparas as quais, geralmente, apresentam maior IEP.

3.3 Análise de variância de dias para o parto

Na Tabela 4 está apresentado o resumo da análise de variância do número de dias para o parto. Os efeitos significativos para a soma de quadrados tipo I (S.Q.I) mantiveram a mesma significância para a análise tipo III. A diferença entre estas duas análises foi o efeito significativo para o genótipo (SQIII), evidenciando a importância do genótipo, em análise após considerar todos os efeitos considerados no modelo do número de dias para o parto. Outros efeitos significativos ($P < 0,05$) foram a taxa de sudação e idade da vaca.

O principal efeito sobre DPP foi a idade da vaca ao parto, considerando o maior valor do quadrado médio ($QM=8618,26$, Tabela 4). Vacas com idade entre 706-885 dias apresentaram o maior DPP, diferindo ($P < 0,05$) daquelas entre 886-1245 dias, que tiveram a menor média (Tabela 5), mas não houve diferenças significativas entre as demais classes de idade. Estas duas classes de idade que diferiram são de fêmeas jovens e separam-se entre si por apenas 180 dias; a diferença provavelmente reflete diferenças no manejo ou na duração da estação de monta. MERCADANTE et al. (2005) também observaram diferença significativa para a idade, sendo que o menor DPP correspondeu à maior idade da vaca (em seu estudo os animais variaram de 2 a 9 anos).

Tabela 4. Resumo da análise de variância de dias para o parto em vacas Braford (n=1202)

Fonte	gl	SQ I	SQ III	QM III
Refletância	2	6767,94 ^{NS}	3016,98	1508,49 ^{NS}
Número	2	3956,44 ^{NS}	2694,60	1347,30 ^{NS}
Diâmetro	2	3708,40 ^{NS}	3884,39	1942,20 ^{NS}
Comprimento	2	7606,54 ^{NS}	3691,45	1845,72 ^{NS}
Espessura	2	3363,31 ^{NS}	5939,28	2969,64 ^{NS}
Taxa de sudação	2	13447,51 ^{**}	13267,85	6633,92 ^{**}
Genótipo	3	4914,72 ^{NS}	13356,63	4452,21 [*]
Idade	5	69287,53 ^{**}	43091,32	8618,26 ^{**}
Pai	30	65982,90 ^{NS}	65982,90	2199,43 ^{NS}
Resíduo	1151	1855262,86	1855262,86	1611,87
R ² (%)	8,80			
CV	11,92			

^{NS} P> 0,05; ^{*} 0,01 ≤P≤ 0,05; ^{**} P<0,01

Tabela 5. Médias estimadas por quadrados mínimos de dias para o parto em vacas Braford.

Efeito	N	Médias (dias)
Taxa de sudação		
135- 320 g m ⁻² h ⁻¹	224	340,84 a
321-590 g m ⁻² h ⁻¹	865	339,1 a
592-860 g m ⁻² h ⁻¹	113	328,07 b
Idade ao parto		
345-525 dias	117	343,03 a
526-705 dias	129	326,82 ab
706-885 dias	165	345,62 a
886-1245 dias	151	320,58 b
1246-1605 dias	387	342,52 a
1606-1965 dias	199	338,03 a
Genótipo		
0,25He 0,75 Ne	383	324,42 b
0,375He 0,625 Ne	375	341,88 a
0,5He 0,5 Ne	500	338,61 ab
0,625 He 0,375 Ne	625	339,49 a

Médias seguidas de mesma letra para cada efeito não diferem significativamente (P> 0,05) pelo teste de Tukey

Quanto ao genótipo, animais com menor proporção de Hereford (0,25He 0,75 Ne) tiveram menor DPP (324,42 dias), diferindo (P<0,05) dos animais meio-sangue, estes com duas semanas a mais no DPP (Tabela 5). Os animais 25% He diferiram dos animais 37,5 %He e daqueles com 62,5 % He, apresentado na Tabela 5. Diferença significativa entre os genótipos também ocorreu para o IEP, e a maior

eficiência reprodutiva foi para a maior proporção de Nelore, sendo, portanto, vantajoso para o ambiente em questão, comparado com os animais com maior proporção do Hereford, para o mesmo ambiente.

Os zebuínos apresentam características adaptativas adequadas ao ambiente tropical em comparação com os animais de origem européia. As características do pelame e da epiderme, assim como outras, fazem parte da estrutura adaptativa dos animais ao seu ambiente. A superfície cutânea, constituída de epiderme e seus anexos (pêlos, glândulas sudoríparas e glândulas sebáceas), representa a fronteira entre o organismo e o ambiente. Assim sendo, os animais que vivem em ambientes tropicais devem possuir proteção contra a radiação solar intensa, serem capazes de eliminar através da superfície cutânea o excesso de calor corporal, ao mesmo tempo, devem se proteger da entrada de calor externo (SILVA, 2000a). A habilidade superior de termorregulação dos zebuínos em comparação com os bovinos de raças européias é resultado da baixa produção de calor metabólico e maior capacidade de perder calor para o ambiente, ou a combinação de ambos. Entretanto, as características morfológicas da epiderme dos zebuínos explicam a sua maior resistência às condições do ambiente tropical. Os aspectos adaptativos estão diretamente relacionados com o desempenho reprodutivo dos animais em ambientes específicos. De acordo com FALCONER (1987), qualquer característica relacionada à fertilidade e à viabilidade do animal e de sua progênie em um determinado ambiente, pode estar associada à adaptação.

A taxa de sudação foi significativa ($P < 0,05$) para a variação do número de dias para o parto (Tabela 4). Os animais com maior taxa de sudação apresentaram menor DPP, o que indica adaptação ao ambiente quente. A termólise por evaporação cutânea corresponde a 82-85% da perda total de calor nos bovinos (GEBREMEDHIN & WU, 2002; MAIA et al., 2005c), evidenciando a importância da sudação para bovinos em ambientes quentes.

3.4 Parâmetros genéticos

Estimativas da variância ambiental e genética e estimativas de herdabilidade no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2) e das características do pelame e das variáveis reprodutivas acham-se na Tabela 6. As variâncias genéticas aditivas das variáveis reprodutivas foram baixas, especialmente para DPP. Os coeficientes de herdabilidade para IEP foram muito baixos de $0,05 \pm 0,04$ (no senso estrito, h^2) e de

0,06±0,04 (senso amplo, H^2); a pequena diferença entre as duas estimativas indica ter sido pequeno o efeito não aditivo da composição racial, além da variância genética aditiva para o IEP; e, nula para o DPP. Os valores estimados foram próximos aos observados em vacas da raça Hereford, no Rio Grande do Sul, 0,01 ± 0,06 e 0,12 ± 0,16, referentes a dois diferentes rebanhos. Valor mais alto foi observado por SILVEIRA et al. (2004) em um rebanho de vacas Nelore no Mato Grosso do Sul.

Deve ser destacado que, para a espessura do pelame, comprimento médio dos pêlos e refletância do pelame, as estimativas de herdabilidade no sentido estrito foram menores que no sentido amplo. Os valores menores para as estimativas no sentido estrito são devido às diferenças não aditivas entre os genótipos (proporção das raças Hereford: Nelore) da população em estudo, para a espessura do pelame, comprimento médio dos pêlos e refletância do pelame.

Tabela 6. Estimativas dos componentes de variância, herdabilidades no sentido estrito (h^2) e amplo (H^2) de análises univariadas, das características do pelame, taxa de sudação, intervalo de partos e número de dias para o parto (DPP) de vacas cruzadas Nelore x Hereford.

Variável	σ_a^2	σ_e^2	h^2	σ_a^2	σ_e^2	H^2
IEP	29,85	530,88	0,05±0,04	32,13	532,21	0,06±0,04
DPP	0,014	1420,60	0,00±0,01	0,016	1422,51	0,00±0,01
E	0,54	1,54	0,16±0,09	0,54	1,54	0,26±0,12
C	0,99	4,64	0,18±0,09	2,39	3,69	0,39±0,15
N	1,86	21,82	0,08±0,06	1,78	21,79	0,08±0,06
D	6,71	47,89	0,12±0,07	6,76	47,82	0,12±0,07
R	0,00	0,01	0,30±0,12	0,004	0,005	0,42±0,15
TS	537,85	5096,88	0,10±0,06	552,43	5083,12	0,10±0,07

σ_a^2 = variância genética aditiva ; σ_e^2 = variância ambiental; IEP=Intervalo de partos; DPP=Dias para o parto; E=Espessura da capa de pelame; C=Comprimento dos pêlos; N=Número de pêlos por área; D=Diâmetro médio dos pêlos; R=Refletância da capa de pelame; TS=Taxa de sudação; As estimativas de h^2 e H^2 foram calculadas em análises univariadas, sendo incluídas e retiradas, respectivamente, as composições raciais dos modelos.

A estimativa de herdabilidade do DPP foi nula. Estimativas de h^2 muito baixas também têm sido relatadas para a raça Nelore no Brasil: 0,11 (GRESSLER et al., 2000); 0,07 (PEREIRA et al., 2000); 0,12 (REYES et al., 2001); 0,09 (FORNI & ALBULQUERQUE et al., 2002) e 0,15 (MERCADANTE et al., 2005). Portanto, sendo IEP e DPP características de baixa herdabilidade, apenas pequenas reduções poderão ser alcançadas por seleção massal, dependendo da intensidade da seleção aplicada.

A estimativa de herdabilidade de TS ($0,10 \pm 0,06$) foi inferior à estimativa observada por SILVA et al. (1988) em gado da raça Jersey ($0,22$). Quanto às características do pelame, as estimativas de h^2 foram igualmente baixas. No entanto, as estimativas de H^2 foram maiores para E ($0,26 \pm 0,12$), C ($0,39 \pm 0,15$) e R ($0,42 \pm 0,15$), o menor valor das estimativas de herdabilidade no sentido estrito foram devido às diferenças entre os genótipos da população (proporção do Hereford), os quais foram incluídos nos modelos para a estimativa da herdabilidade no sentido estrito e retirado dos modelos para a estimativa da herdabilidade no sentido amplo.

Merecem destaques as estimativas de herdabilidade para R ($h^2=0,30 \pm 0,12$ e $H^2=0,42 \pm 0,15$), C ($h^2=0,18 \pm 0,09$ e $H^2=0,39 \pm 0,15$) e E ($h^2=0,16 \pm 0,09$ e $H^2=0,26 \pm 0,12$). MAIA et al. (2003) determinaram estimativas de h^2 , em vacas da raça Holandesa, maiores para C ($0,38 \pm 0,14$) e para D ($0,39 \pm 0,14$), mas, valores próximos para N e para E. A estimativa de h^2 para E foi maior que a estimada por SILVA et al. (1988) em vacas da raça Jersey. Na raça Holandesa, as estimativas de h^2 mais altas ($0,36 \pm 0,09$ e $0,37 \pm 0,07$) que as do presente estudo foram encontradas para o comprimento dos pêlos negros por BERTIPAGLIA et al. (2007a) e por MAIA et al. (2003), respectivamente; valor muito inferior à obtida ($0,63 \pm 0,08$) por BERTIPAGLIA et al. (2007a).

A refletância da capa do pelame em animais da raça Braford, manejados em sistema extensivo em ambiente tropical poderia ser melhorada por meio da seleção, considerando a estimativa de h^2 ($0,30 \pm 0,12$); o respectivo valor da estimativa de H^2 foi mais alto ($0,42 \pm 0,15$), o que destaca a importância das diferenças entre a raça Nelore e Hereford quanto ao efeito da variância genética aditiva e não aditiva referente a composição racial incluída no modelo para a estimativa no sentido estrito e retirado para a estimativa no sentido amplo. Estas diferenças entre raças foram mostradas por SILVA et al. (2003), que determinaram a refletância de vários tipos de pelame e de epiderme em todos os comprimentos de onda entre 300 e 850 nm (radiação solar de ondas curtas, incluindo ultravioleta) de acordo com a cor do pelame para as raças. Contudo, é importante que a seleção das características do pelame seja realizada em conjunto e direcionada para obtenção de animais com pelame mais refletivo, mais denso, com pêlos curtos e grossos para favorecer as perdas de calor latente e sensível (TURNPENNY et al. 2000).

3.5 Correlações genéticas

As correlações genéticas e estimativas de h^2 em análises bi-variadas, das características do pelame, taxa de sudação, intervalo de partos e número de dias para o parto (DPP) são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Estimativas de correlações genéticas (r_g), herdabilidade (h^2) e erros padrões das análises bivariadas das características do pelame, taxa de sudação, intervalo de partos (IEP) e dias para o parto (DPP) em vacas da raça Braford.

Variável 1	Variável 2	r_g	h^2 da Variável 1	h^2 da Variável 2
IEP	Espessura	0,06±	0,05 ± 0,04	0,00 ± 0,04
IEP	Comprimento	0,71±0,25	0,07 ± 0,05	0,11 ± 0,06
IEP	Número	1,00±0,97	0,04 ± 0,04	0,03 ± 0,03
IEP	Diâmetro	0,24±0,52	0,05± 0,04	0,08 ± 0,04
IEP	Refletância	0,02±0,49	0,22 ± 0,10	1,00 ± 0,00
IEP	Taxa de Sudação	0,00±	0,05 ± 0,04	0,00 ± 0,02
DPP	Espessura	-1,00 ±	0,00 ± 0,01	0,10 ± 0,04
DPP	Comprimento	-0,96 ±	0,00 ± 0,01	0,04± 0,02
DPP	Número	1,00 ±	0,00 ± 0,01	0,02± 0,02
DPP	Diâmetro	0,06 ±	0,00 ± 0,01	0,04± 0,02
DPP	Refletância	-0,51±	0,00 ± 0,01	0,06 ± 0,03
DPP	Taxa de Sudação	0,09 ±	0,00 ± 0,01	0,00 ± 0,01

Dentre os resultados obtidos para as correlações genéticas entre as variáveis da reprodução e adaptativas vale destacar a estimativa de correlação genética entre comprimento dos pêlos e o intervalo de partos que foi alta e positiva (0,71). Este resultado sugere que se a seleção para pêlos mais curtos for aplicada resultará em menores intervalos de partos, em animais da raça Braford. Este resultado favorável não foi observado na raça Holandesa por BERTIPAGLIA et al. (2007a), que obtiveram correlação nula entre essas duas variáveis.

É importante ressaltar que, de um modo geral, as correlações genéticas das variáveis IEP e DPP entre as características do pelame, e entre taxa de sudação foram estatisticamente não significativas ($P \geq 0,05$). Entretanto, estas estimativas são pouco confiáveis, em vista de seus erros-padrão terem sido muito elevados, não podendo ser expressos pelo programa MTDf; este problema pode ter sido originado pela herdabilidade nula de DPP ou devido a falha do programa durante a estimação, devido à estrutura dos dados utilizados. É importante ressaltar que todos os animais tinham as medidas das características do pelame e taxa de sudação.

Resultados deste estudo estão de acordo com estudos anteriores de SILVA,

et al. (1988) e MAIA et al. (2005b) com respeito ao fato do valor elevado para a estimativa do erro-padrão.

O alto erro padrão das correlações genéticas neste estudo, entretanto, não permite comparações detalhadas de todas as alternativas. Entretanto, vale destacar que bovinos com pêlos curtos, grossos e capa de pelame pouco espessa, juntamente, com perda de calor por evaporação cutânea (sudação) mais efetiva constitui a melhor escolha para aliviar os efeitos deletérios do ambiente tropical, que provavelmente resultará em melhores índices reprodutivos e produtivos.

As estimativas de herdabilidade das análises bivariadas (Tabela 7) foram semelhantes às obtidas nas análises univariadas para a variável DPP e IEP, a estimativa de herdabilidade maior ($h^2=0,22$) obtida para IEP em análise conjunta com a refletância (Tabela 6). As estimativas de herdabilidade para a segunda variável, em análise bivariada foi muito diferente da análise uni-variada. Entretanto, desde que a presente análise atingiu o critério de convergência, as estimativas de herdabilidade poderiam não ser diferentes das esperadas. É esperado que em análises uni ou bi-variadas, com medidas para todos animais e para ambas variáveis, as estimativas de herdabilidade sejam quase iguais.

4 CONCLUSÕES

As características do pelame não causaram efeitos sobre a variação do intervalo de partos e de dias para o parto das vacas Braford em estudo. A menor capacidade de sudação foi associada ao maior número de dias para o parto, indicando inadequação destes animais ao ambiente tropical resultando em menor desempenho reprodutivo.

O intervalo de partos e o número de dias ao parto de vacas com menor proporção do Hereford foram menores, o que mostra a melhor eficiência reprodutiva e adaptação de animais com maior proporção do Nelore em ambiente tropical.

Apesar dos valores de correlações genéticas apresentarem elevado erro-padrão, as estimativas das correlações genéticas entre as características adaptativas do pelame e da taxa de sudação, de um modo geral, foram favoráveis à seleção conjunta para melhor eficiência reprodutiva e tolerância ao calor. A seleção para pêlos mais curtos resultará em menores intervalos de partos resultado este vantajoso para os animais Braford em ambiente tropical.

5 IMPLICAÇÕES

Novos estudos nesta área são necessários para se determinar o potencial genético da tolerância ao calor enquanto se seleciona para a eficiência reprodutiva.

CAPITULO 4 - PRECOCIDADE SEXUAL E CARACTERÍSTICAS ADAPTATIVAS EM NOVILHAS BRAFORD

RESUMO- O objetivo foi investigar os efeitos das características adaptativas do pelame (espessura da capa, E; comprimento médio dos pêlos, C; número de pêlos, N; diâmetro, D e refletância do pelame, R) e da taxa de sudção (TS) sobre a idade ao primeiro parto (IPP) de novilhas de corte da raça Braford mantidas em sistema extensivo de produção. Em adição, estimar os parâmetros genéticos da idade ao primeiro parto e as correlações genéticas com a TS e características do pelame. Foram consideradas as datas de parto referentes à estação de monta de 2003 (outubro a dezembro), sendo analisadas separadamente as fêmeas nascidas entre janeiro e março (IPP1, n=98) e entre julho e outubro (IPP2, n=132). Os dados foram analisados pelo método dos quadrados mínimos. O método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) foi usado para estimar os componentes de variância e covariância sob o modelo touro. Os resultados para IPP1 mostraram significância somente para o efeito de pai. Quanto a IPP2, foram significativos os efeitos de pai, espessura da capa de pelame e o diâmetro do pêlo. Foram estimadas as herdabilidades para IPP2 ($0,27 \pm 0,15$), R ($0,11 \pm 0,11$), N ($0,09 \pm 0,08$), E ($0,29 \pm 0,18$), C ($0,12 \pm 0,10$), D ($0,06 \pm 0,08$) e TS ($0,00 \pm 0,05$). As correlações genéticas entre IPP2 e características do pelame e taxa de sudção foram baixas com altos valores de erro-padrão. Concluiu-se que permanece a necessidade de se estimar as correlações genéticas entre as variáveis do pelame e da taxa de sudção e idade ao primeiro parto, com o objetivo de serem consideradas em programas de seleção para o progresso da adaptação de bovinos da raça Braford em ambiente tropical.

Palavras-Chave: bovinos Braford, características do pelame, idade ao primeiro parto, parâmetros genéticos, taxa de sudção

1 INTRODUÇÃO

A precocidade sexual é uma das características mais importantes na determinação da eficiência biológica e econômica dos sistemas de produção pecuária. Diversos estudos têm demonstrado o efeito positivo da redução da idade ao primeiro parto, juntamente com elevados índices de prenhez (PÖTTER et al., 1998; 2000; BERETTA et al., 2001, 2002). Em adição, é necessário atentar-se aos aspectos relacionados à adaptação dos animais de corte ao seu ambiente de produção. Os diferentes fatores ambientais, os ganhos de peso pré e pós-desmama, a condição corporal são pontos-chave no esforço de redução da idade ao primeiro parto (PATTERSON et al., 1992; LOBATO, 1998).

O ambiente térmico afeta significativamente a reprodução nas fêmeas bovinas (THATCHER, 1974; WOLFENSON et al., 2000; RIVERA & HANSEN, 2001), sendo as manifestações mais comumente observadas em decorrência do mesmo: aumento da ocorrência de oócitos anormais (ROTH et al., 2001a); mortalidade embrionária precoce (PUTNEY et al., 1989; EALY et al., 1993; RYAN et al., 1993; EDWARDS et al., 2001), alterações na duração e no comportamento sexual durante o estro (RODTIAN, 1996; MACHADO, 1998). A depressão sazonal da eficiência reprodutiva é um dos mais sérios problemas nas regiões intertropicais (INGRAHM et al., 1975; GWAZDAUSKAS et al., 1975; BADINGA et al., 1985) e as taxas de concepção caem de 40 a 60% nos meses frios para 10 a 20% ou menos no verão, dependendo da severidade do estresse térmico (CAVESTANY et al., 1985).

Em um ambiente tropical, o estresse térmico imposto depende da carga térmica interna e de fatores que governam a troca de calor. Estes últimos dependem dos gradientes de temperatura e de pressão de vapor da atmosfera e da resistência ao fluxo de calor entre estes gradientes. A cor do pelame e suas características (espessura, número de fibras por área, diâmetro e comprimento do pêlo) podem afetar consideravelmente os mecanismos de troca térmica (HUTCHINSON & BROWN, 1969; KOVARIK, 1973; CENA & MONTEITH, 1975a,b; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 1988; MCARTHUR, 1991; SILVA, 1999). Uma capa de pelame branco, o menos espesso possível, com pêlos curtos, grossos, numerosos e bem assentados sobre uma epiderme altamente pigmentada, associado à eficiente evaporação cutânea são características desejáveis para o controle térmico eficiente

nos bovinos, sendo proporcionado pela sudção e favorecido pela movimentação do ar e morfologia do pelame (SILVA, 1999, GEBREMEDHIN & WU, 2002).

BERTIPAGLIA et al. (2005) evidenciaram a importância dos efeitos deletérios da capa de pelame sobre o desempenho reprodutivo de vacas da raça Holandesas sob sistema intensivo de estabulação livre com resfriamento por ventiladores e aspersores. Os animais com capa de pelame de espessura superior a 3 mm apresentaram maior número de inseminações (2,78) por concepção que aquelas com capas de pelames menores que 2 mm (2,4 inseminações).

O objetivo do presente estudo foi determinar os efeitos das características do pelame e da taxa de sudção em novilhas Braford sobre a idade ao primeiro parto, estimando ainda a herdabilidade e as correlações genéticas das características relacionadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Animais, manejo e origem dos dados

Os dados foram obtidos no rebanho de novilhas da raça Braford da Fazenda Dom Arlindo, Fazendas Paquetá Ltda, localizada em Naviraí, Estado de Mato Grosso do Sul (23°03'54" latitude Sul, 54°11'26" longitude Oeste, 403 m de altitude). Esta região apresenta clima tropical úmido caracterizado por invernos secos e verões chuvosos e quentes. A média mensal da temperatura máxima do ar variou de 21 a 33°C; a estação chuvosa vai do final de Setembro até Abril e a estação seca ocorre no inverno (de Maio a Agosto). A umidade relativa do ar variou de 60 a 75%, como é apresentado na (Figura 1). Durante o verão as altas temperaturas combinadas às elevadas taxas de umidade e à intensa radiação solar geram condições bastante estressantes.

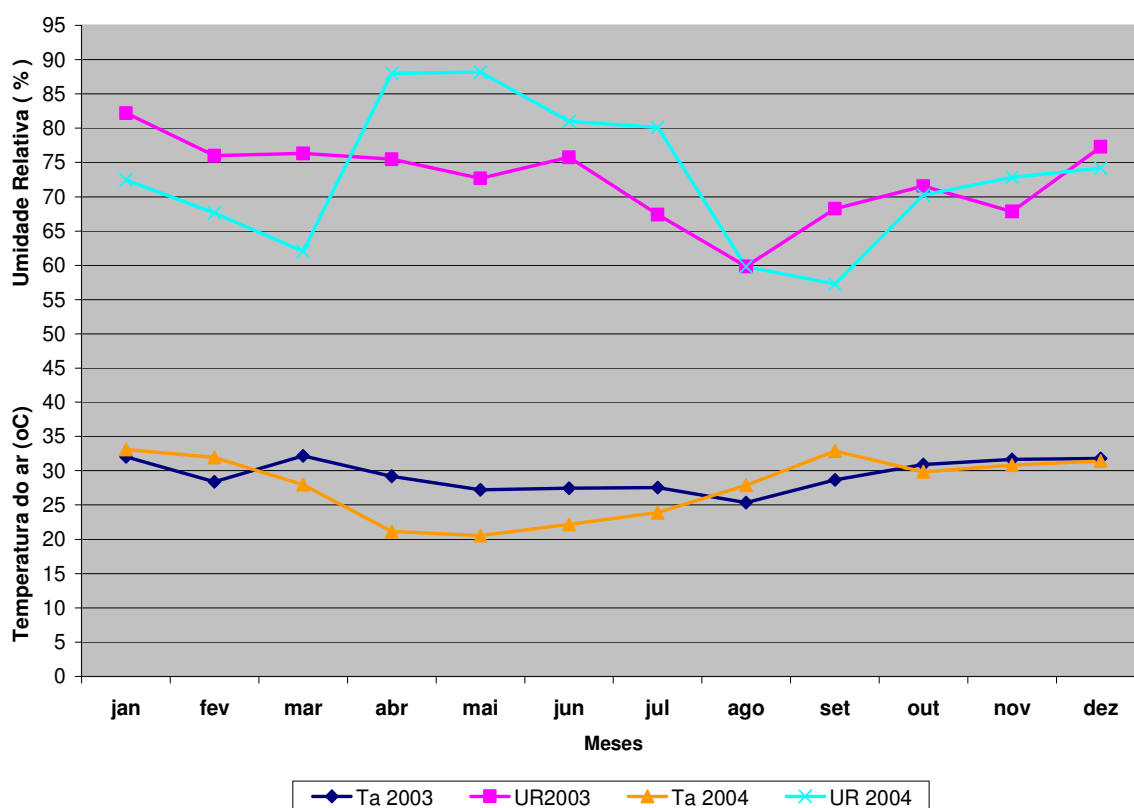


Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (Ta, °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS.

Os animais são manejados exclusivamente em pastagem (*Brachiaria brizantha*), sem áreas de sombras e sem qualquer suplementação, exceto minerais. Esta propriedade é associada à Conexão Delta G, um programa de melhoramento genético das raças Braford, Hereford e Nelore, cujo objetivo é a seleção de machos para precocidade sexual e de ganho de peso.

Ao nascimento, os animais foram identificados e submetidos a procedimentos sanitários preventivos, considerando as características epidemiológicas da região, com destaque para o controle de parasitos internos e externos. O sistema de suplementação de bezerros é utilizado após 60 dias do nascimento até a desmama, sendo fornecido no início 300 mg de ração/animal, aumentando conforme o consumo. Os animais são desmamados com 225 kg, entre seis e oito meses de idade; após a desmama estes animais são mantidos o ano inteiro em pastagens de *Brachiaria brizantha*, sem qualquer suplementação exceto minerais.

Ao atingir 260 kg (por volta de 306-527 dias de idade) as novilhas eram

consideradas aptas para a reprodução; a estação de monta das mesmas era de 60 dias, dos quais 30 dias com inseminação artificial e o resto com diversos touros. A detecção de cio era realizada por observação visual no início da manhã e no final da tarde, com auxílio de rufiões. Doze horas após, era feita a inseminação e, aos 60 dias após o término da estação de monta era feito o diagnóstico de gestação por palpação retal. Novilhas não gestantes eram descartadas após o diagnóstico de gestação. Era dada uma segunda oportunidade somente para as novilhas, as quais foram expostas à reprodução na estação de monta seguinte (Abril a Maio), de modo que há duas estações de monta anuais.

2.2 Idade ao primeiro parto

Para avaliação da idade ao primeiro parto foram utilizados os partos de novilhas referentes à estação de monta de outubro a dezembro de 2003. A idade ao primeiro parto foi considerada como a idade em dias do primeiro parto da fêmea. Fêmeas que não pariram não foram consideradas nas análises.

Somente novilhas com peso acima de 260 Kg foram consideradas aptas à reprodução, as quais tinham idades entre 12-16 meses (nascidas no segundo semestre) e 15-18 meses (nascidas no primeiro semestre). A análise da idade ao primeiro parto foi realizada em separado para as duas estações de nascimento devido a grande diferença entre as idades e os grupos contemporâneos formados, os quais apresentavam diferenças, tanto para a idade como para composição racial, não apresentando variabilidade em sua totalidade. Para evitar problemas na análise estatística e nas estimativas dos componentes de (co)variâncias os grupos foram avaliados em separado, sendo IPP1 (n=98) a idade ao primeiro parto de novilhas que nasceram no primeiro semestre e IPP2 (n=132) idade ao primeiro parto de novilhas que nasceram no segundo semestre.

2.3 Características do pelame

As seguintes variáveis do pelame foram analisadas: a espessura da capa (E, mm), refletância da capa (R, %) e as seguintes medidas nos pêlos: comprimento médio (C, mm), número por unidade de área (N, pêlos/cm²) e diâmetro médio (D, µm). As medições do pelame e a colheita de amostras de pêlos dos animais foram realizadas no período entre 27 de outubro e 21 de dezembro de 2003. As amostras de pêlos foram retiradas cerca de 20 cm abaixo da coluna vertebral, na região

torácica mediana usando-se o método descrito por SILVA (2000a).

As características morfológicas do pelame (E, C, N e D) foram determinadas conforme os métodos descritos por SILVA (2000a). A espessura da capa de pelame era avaliada diretamente, no mesmo local de amostragem dos pêlos, usando-se uma régua metálica milimetrada e provida de um cursor. Para determinação de C foi tomada a média aritmética do comprimento dos dez maiores pêlos da amostra, eleitos por análise visual e medidos com paquímetro digital. A densidade numérica N foi estimada pela contagem do número de fibras da amostra, correspondente à área de 18 mm² de pele do animal. Em seguida, era feita a conversão para número de pêlos por centímetro quadrado. O diâmetro médio D era determinado com um micrômetro digital, considerando-se a média aritmética dos diâmetros dos dez maiores pêlos da amostra.

A refletância da capa do pelame (R) foi definida de acordo com a seguinte fórmula:

$$R = r_{\text{vermelho}} (Pg) (Cp) + r_{\text{preto}} (Cp) + r_{\text{branco}} (Cp) + r_{\text{cinzento}} (Cp) (Pg) + r_{\text{cinza}} (Cp)$$

Em que, cada valor *r* refere-se à refletância (%) do pelame para cada cor (vermelho=0,513; preto=0,121; branco=0,621; cinza=0,512; cinzento=0,340, determinada para comprimentos de onda de 350 a 850nm conforme dados de SILVA et al.,2003). A combinação de cores do pelame (Cp) foi definida como a proporção de manchas do vermelho, do preto, do branco, do cinza ou do cinzento sobre a superfície total do animal. Cinzento é a cor do pelame constituída de pelos brancos misturados com pretos. A pigmentação do pelame (Pg, %) era o tom ou a intensidade da cor (vermelho ou cinzento, em porcentagem) determinada por avaliação visual direta do animal, comparando-se com uma escala padrão colorida impressa (SILVA, 2000a). O padrão era colocado sobre a superfície a ser avaliada, atribuindo-se um valor entre zero e 100 conforme a coincidência das tonalidades (do branco puro aos tons de cinza ao preto ou do baio ao vermelho intenso) do pelame e do padrão. Não foram considerados os membros, cauda, cabeça e região inferior abdominal e torácica.

2.4 Taxa de sudação

A taxa de sudação foi determinada pelo método de SCHLEGER & TURNER

(1965). As medidas foram realizadas no mês de Fevereiro de 2004. Em cada dia de observação iniciavam-se às 08:00 h e terminavam às 18:00 h, sendo que eram coletados os dados de um mesmo grupo de manejo em um mesmo dia, evitando dias de chuva. Os animais eram trazidos para o curral, presos por volta das 7-8 horas ou 13- 14 horas, e mantidos lá sem acesso a sombra. As medidas eram feitas 30 min após os animais chegarem no curral para permitir que descansassem. A contenção dos animais era feita somente no momento da observação.

Para cada observação da taxa de sudação, foram obtidas medidas da temperatura do ar, da pressão parcial de vapor e da carga térmica radiante, como descrito por SILVA (2000 a). A taxa de sudação foi ajustada por regressão sobre as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm⁻²) e hora da observação (13:00 h).

2.5 Modelos matemáticos e análise estatística

Os dados foram inicialmente analisados pelo método dos quadrados mínimos (LITTELL et al., 1991), após confirmação de distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Análises preliminares para todas variáveis foram feitas para verificar os efeitos fixos apropriados para o modelo final. Diferentes efeitos (e possíveis interações) foram considerados, conforme a variável analisada. Os modelos foram testados usando-se o procedimento PROC GLM (SAS, 2002), considerando o coeficiente de determinação (R^2) e o quadrado médio do resíduo. A multicolinearidade entre as variáveis independentes nos modelos foi investigada em modelo de regressão pelos fatores de inflação de variância (FIV), sendo retiradas as variáveis que apresentassem alto valor da variância de inflação para o modelo de regressão (PROC REG; *vif*, do programa SAS).

2.5.1 Idade ao primeiro parto de novilhas nascidas no primeiro semestre de 2002 (IPP1)

O modelo estatístico proposto para a análise da idade ao primeiro parto de novilhas nascidas no primeiro semestre de 2002 (IPP1) incluiu os seguintes efeitos fixos: efeito de classes de pais da novilha (1 e 2); efeito de classes dos grupos genéticos (2 classes, 37,5% do Hereford e 62,5% de Hereford); efeito de classes do peso ajustado aos 450 dias (4 classes, 182-225 kg; 226-270 kg; 271-315 kg e 316-

360 kg); efeito de classes da espessura do pelame (3 classes; 1-3 mm; 4-6 mm; 7-13 mm); o efeito de classes do comprimento médio dos pêlos (2 classes, 5,64 -11,12 mm; 11,13 - 26,50 mm); classes de diâmetro médio dos pêlos (3 classes; 18-30 μ m; 31-45 μ m; 46-53 μ m); efeitos lineares do número de pêlos (N), da refletância (R) e da taxa de sudação (TS).

2.5.2 Idade ao primeiro parto de novilhas nascidas no segundo semestre de 2002 (IPP2)

O modelo estatístico proposto para a análise da idade ao primeiro parto para novilhas nascidas no segundo semestre de 2002 (IPP2) incluiu os seguintes efeitos fixos: efeito do pai da novilha (1,..., 9); efeito de classes do grupo genético (2 classes, 50% e 62,5% do Hereford); efeito de classes do peso aos 450 dias (4 classes; < 225 kg; 225-270 kg; 271- 315 kg e 316- 360 kg); efeitos lineares da espessura (E), do comprimento (C), do diâmetro (D), do número de pêlos (N), da refletância (R) e da taxa de sudação (TS).

2.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e componentes de variância

As estimativas dos parâmetros genéticos, componentes de variância e covariância, herdabilidades e correlações genéticas foram realizadas pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), sob o modelo touro, usando o programa “Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood” (MTDFREML). Novilhas filhas de reprodutores múltiplos foram eliminadas destas análises, permanecendo somente os animais para a variável IPP2.

Os modelos para estimação dos parâmetros genéticos consideraram os efeitos fixos significativos para o modelo da análise de variância. Para as características do pelame e taxa de sudação foram considerados os mesmos modelos analisados e efeitos fixos significativos, descritos por BERTIPAGLIA et al. (2007b), para os mesmos animais e base de dados do presente estudo. Foram retirados os efeitos fixos de grupo de contemporâneos, pois para a variável IPP2, era formada por um único grupo; foi também tirado o efeito fixo de genótipo, para a variável refletância do pelame.

Os valores iniciais de cada componente de variância pedido pelo programa MTDFREML (BOLDMAN et al., 2002) para as análises uni-variadas foram obtidos de estudos anteriores.

A equação de modelo misto de touro para as características do pelame, taxa de sudação e idade ao primeiro parto para análises uni-variadas em notação matricial foi:

$$\mathbf{y} = \mathbf{I}\mu + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{s} + \mathbf{e}$$

Em que, $\mathbf{y}$ é um $n \times 1$ vetor de observações para cada uma das variáveis (espessura do pelame, refletância, comprimento do pêlo, diâmetro do pêlo, número de pêlos, taxa de sudação, idade ao primeiro parto); μ é a média geral, $\mathbf{I}$ é um vetor $n \times 1$ para todas entradas para cada característica, $\mathbf{X}$ é a matriz de incidência $n \times p$ associada aos p efeitos fixos; $\boldsymbol{\beta}$ é um vetor $p \times 1$ de efeitos fixos; $\mathbf{Z}$ é a matriz de incidência $n \times t$ associada aos t efeitos aleatórios de touro; $\mathbf{s}$ é o vetor $t \times 1$ do efeito aleatório genético do touro e $\mathbf{e}$ é o vetor $n \times 1$ de efeitos aleatórios do resíduo. Outras definições: n é o número total de vacas com medidas (IPP2, $n = 118$); t é o número de touros (IPP2, $t = 8$); e p é o número de níveis dos efeitos fixos.

As pressuposições dos modelos foram: $E(\mathbf{y}) = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$; $E(\mathbf{s}) = 0$; $E(\mathbf{e}) = 0$; $\text{Var}(\mathbf{s}) = \mathbf{I}_n \sigma_s^2$; $\sigma_s^2 = 1/4 \mathbf{I}_n \sigma_a^2$; $\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I}_n \sigma_e^2$, em que, $\mathbf{I}_n$ é a matriz identidade, σ_s^2 é a variância genética aditiva do touro, σ_a^2 é a variância genética aditiva e σ_e^2 é a variância residual.

A herdabilidade (h^2) foi estimada pelo modelo touro contendo todos os efeitos fixos em adição do efeito fixo do genótipo (contribuição dos genes do Hereford para a composição genética de cada animal).

Para as análises bi-variadas o modelo touro foi:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{XB} + \mathbf{ZS} + \mathbf{E}$$

em que, $\mathbf{Y} = [\mathbf{y}_1 \mathbf{y}_2]$ = matriz $n \times 2$ de observações das variáveis 1 e 2 em análise; $\mathbf{B} = [\boldsymbol{\beta}_1 \boldsymbol{\beta}_2]$ = matriz $p \times 2$ de efeitos fixos das variáveis 1 e 2; $\mathbf{S} = [\mathbf{s}_1 \mathbf{s}_2]$ = matriz $t \times 2$ de efeitos aleatórios aditivos do touro das variáveis 1 e 2; $\mathbf{E} = [\mathbf{e}_1 \mathbf{e}_2]$ = matriz $n \times 2$ dos efeitos aleatórios residuais das variáveis 1 e 2.

As pressuposições são:

$$E[\mathbf{y}] = \mathbf{XB};$$

$$\text{Var}(\mathbf{S}) = \mathbf{I}_n \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{s_{11}} & \sigma_{s_{12}} \\ \sigma_{s_{21}} & \sigma_{s_{22}} \end{bmatrix} = \mathbf{I}_n \otimes (1/4) \begin{bmatrix} \sigma_{a_{11}} & \sigma_{a_{12}} \\ \sigma_{a_{21}} & \sigma_{a_{22}} \end{bmatrix} \quad \mathbf{e}$$

$$\text{Var} (E) = I_n \otimes \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 \end{bmatrix},$$

em que, $\otimes$ denota o produto direto entre duas matrizes (produto de Kronecker); I_n são matrizes identidade (ARNOLD, 1981). O processo iterativo era considerado convergente quando a variância dos valores da função $(-2\log L)$ do simplex era menor que o critério de convergência (1×10^{-9}) .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias, desvios-padrão e valores máximos e mínimos observados para a idade ao primeiro parto, características do pelame, taxa de sudação, peso ajustado aos 450 dias dos animais analisados para IPP1 e IPP2, estão apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Média geral, desvio padrão (dp) valor máximo e mínimo da idade ao primeiro parto de 98 novilhas Braford nascidas no primeiro semestre (IPP1) e outras características.

Variável	Média	dp	Min.	Máx.
IPP1 (dias)	927,10	32,58	863,00	1012,00
E (mm)	4,76	1,60	2,00	11,00
C (mm)	13,64	4,59	5,65	26,50
N (pêlos/cm²)	1128,08	523,42	384,00	3104,00
D (µm);	34,60	6,81	18,00	53,00
R (%)	0,20	0,12	0,01	0,55
TS (gm⁻²)	334,78	90,07	175,55	544,06
P450 (kg).	249,48	30,07	182,67	316,29

E=espessura da capa de pelame; C=comprimento médio dos pêlos; N=número de pêlos por unidade de área; D=diâmetro médio dos pêlos; R=refletância; TS= taxa de sudação P450= peso ajustado aos 450 dias

Tabela 2. Média, desvio padrão (dp), valor máximo e mínimo da idade ao primeiro parto de 132 novilhas Braford nascidas na primavera (IPP2, dias) e outras características.

Variável	Média	dp	Min.	Máx.
IPP1 (dias)	741,57	36,51	658,00	824,00
E (mm)	5,61	2,07	1,00	13,00
C (mm)	15,61	2,97	7,34	25,40
N (pêlos/cm ²)	1408,62	627,82	519,00	3737,00
D (µm);	32,66	8,89	11,00	53,00
R (%)	0,24	0,11	0,08	0,51
TS (gm ⁻²)	289,47	78,25	121,15	594,24
P450 (kg).	258,64	19,18	220,85	316,77

E=espessura da capa de pelame; C=comprimento médio dos pêlos; N=número de pêlos por unidade de área; D=diâmetro médio dos pêlos; R=refletância; TS= taxa de sudação P450= peso ajustado aos 450 dias

As novilhas Braford, tanto da primeira como da segunda estação de nascimento do ano de 2002, apresentaram idade média ao primeiro parto (927,10 e 741,57 dias, respectivamente para IPP1 e IPP2) menor que a observada por GUTIERREZ et al. (2002), de 1063,48 dias em novilhas de corte da raça Asturiana, na Espanha.

Também para um rebanho Braford, ROCHA & LOBATO (2002) observaram no Rio Grande do Sul uma média de idade à primeira concepção menor (13,59 ± 0,04 meses) com pesos médios ao início do acasalamento de 248,4 kg. Considerando período de gestação médio de 279 dias, estes animais pariram com 687 dias, sendo portanto mais precoces que os animais do presente estudo, provavelmente devido às condições ambientais mais favoráveis para esta raça no Rio Grande do Sul.

A Idade ao primeiro parto de fêmeas Hereford e F1 Hereford x Simental, Hereford x Angus, Hereford x Tarantaise no estado de Dakota, EUA, foi avaliada por MARSHALL et al. (1992) de acordo com o período de parição (G1=partos anteriores aos 21 dias da estação; G2=partos entre 22 e 42 dias; G3= partos com mais de 42 dias). Os animais apresentaram médias (G1=723±1,2; G2=743±1,7 e G3= 766±2,2 dias) bastante inferiores às do presente estudo, provavelmente devido a serem animais de raças européias mantidas ambiente temperado e, portanto, mais precoces.

No Brasil ROCHA (1997) observou que, à medida que a proporção de Nelore na composição dos animais Braford ultrapassava 50%, havia uma tendência de queda na precocidade sexual. Em parte, isso pode ser devido à menor heterose na

mãe e/ou no indivíduo e em parte ao efeito aditivo do Nelore, que apresenta precocidade sexual inferior à das raças britânicas. Têm sido observadas no Brasil médias de IPP tão grandes como 1035,15 dias para Nelore (DIAS et al., 2004) e 1116 dias na raça Canchim (ALENCAR et al., 1999).

A respeito das características do pelame, as fêmeas nascidas no primeiro semestre (Tabela 2) apresentaram pelame pouco espesso e denso, com pelos curtos e grossos. As novilhas do primeiro semestre, em sua maioria, têm menor porcentagem de Hereford na composição genética (37,5 %) que as do segundo grupo (50% e 62,5 %). As novilhas do segundo grupo apresentaram menor capacidade de sudação ($289,47 \text{ g.m}^2.\text{h}^{-1}$) que as do primeiro ($334,78 \text{ g.m}^2.\text{h}^{-1}$). Maior taxa de sudação em geral indica melhor adaptação ao ambiente tropical. Bovinos de raças zebuínas – que suam mais – são capazes de regular melhor que os taurinos de origem européia sua temperatura corporal, em resposta ao estresse térmico (FINCH, 1986; CARVALHO et al., 1995; GAUGHAN et al., 1999).

Na Tabela 3 acha-se o resumo da análise de variância da idade ao primeiro parto de novilhas nascidas no primeiro semestre (IPP1) e no segundo (IPP2).

Tabela 3. Resumo da análise de variância da idade ao primeiro parto de novilhas Braford nascidas no primeiro (IPP1) e no segundo (IPP2) semestre do ano de 2003, localizadas em Naviraí, Mato Grosso do Sul.

Fonte de variação	IPP1		IPP2	
	gl	QM	gl	QM
Pai	1	6315,22**	8	3870,18**
Genótipo	1	2991,86 ^{NS}	1	3469,30 ^{NS}
Espessura do pelame	2	2415,05 ^{NS}	1	6204,80**
Comprimento dos pêlos	1	28,56 ^{NS}	1	1276,15 ^{NS}
Número de pêlos	1	64,26 ^{NS}	1	299,15 ^{NS}
Diâmetro dos pêlos	2	649,97 ^{NS}	1	5586,32*
Refletância do pelame	1	97,92 ^{NS}	1	45,30 ^{NS}
Taxa de sudação	1	103,89 ^{NS}	1	1098,81 ^{NS}
Peso ajustado aos 450dias	3	538,28 ^{NS}	3	880,24 ^{NS}
Resíduo	84	1007,93	113	1015,70
R²	0,18		0,34	
CV	3,42		4,29	

NS P> 0,05 ** P≤0,01

Somente o efeito de pai apresentou significância (P>0,01) sobre a idade ao primeiro parto em novilhas que nasceram no primeiro semestre. As filhas de reprodutores múltiplos apresentaram menor idade ao parto, possivelmente um

reflexo do sistema de estação de monta definida. A IPP, embora expresse a precocidade da novilha, pode não ser a característica mais adequada para seleção e descarte de fêmeas; isto porque as novilhas são postas em reprodução em estação de monta restrita, o que implica em menor idade ao parto para os animais que nasceram no final da estação de nascimentos, e maior IPP para aquelas que nasceram no início, sendo desafiadas tardiamente em relação a suas companheiras (BERGMANN, 1993).

Os efeitos das características do pelame e a taxa de sudação não foram significativos sobre a variação da idade ao primeiro parto para as novilhas nascidas na primavera (IPP1).

Os resultados da análise de variância da idade ao primeiro parto de novilhas nascidas no segundo semestre ou de outono (IPP2, Tabela 3) mostraram efeitos significativos para pai ($P < 0,01$), espessura da capa de pelame ($P < 0,05$) e diâmetro médio dos pêlos ($P < 0,05$), os demais efeitos sendo não significativos ($P > 0,05$).

De acordo com os resultados obtidos no procedimento PROC GLM do programa SAS, o coeficiente de regressão linear sobre a espessura do pelame foi negativo (-4,2828). Este resultado mostrou um efeito contraditório quanto à adaptação ao ambiente quente, no entanto foi favorável à reprodução. Em ambientes quentes os pelames mais espessos representam maior resistência térmica (CENA & MONTEITH, 1975a,b; TURNPENNY et al., 2000), levando ao aumento da temperatura corporal e ao estresse térmico e em conseqüência menor desempenho reprodutivo. Uma possível explicação seria a composição genética dos animais, admitindo-se que aqueles com maior porcentagem de Hereford apresentaram maior espessura de pelame, sendo, no entanto, mais precoces. Entretanto, a variação da idade ao primeiro parto não foi significativa para a composição genética ($P > 0,05$).

Os mais dramáticos efeitos do estresse térmico sobre a reprodução são representados por uma taxa de concepção reduzida (BIGGERS et al., 1987; SARTORI et al., 2003), pela mortalidade embrionária (PAULA-LOPEZ et al., 2003), menor produção de progesterona no corpo lúteo (WOLFENSON et al., 2002), distúrbios na secreção de gonadotrofinas (GILAD, et al., 1993) e de estradiol (WILSON et al., 1998). Em adição, pode ocorrer redução no período de expressão do cio e amenização dos sintomas, caracterizando-se por cio silencioso (GWAZDAUSKAS et al., 1985; RODTIAN et al., 1996). Assim, a idade ao primeiro

parto seria maior em novilhas sob estresse térmico e que apresentassem maior espessura do pelame.

O efeito do diâmetro dos pêlos sobre a idade ao primeiro parto indicou relação favorável entre precocidade sexual das novilhas e melhor adequação do pelame ao clima tropical, porque o coeficiente de regressão do modelo em análise apresentou sinal negativo (-0,8593). Com relação às trocas térmicas entre os animais e o ambiente, o transporte de calor através das fibras é maior do que pelo ar. Portanto, quanto mais grossos forem os pêlos, tanto maior será a quantidade de energia térmica conduzida através da capa. A resistência térmica da capa pode ser maior pela presença de fibras finas e compridas (SILVA, 2000b). Em ambiente tropical o pelame deverá ser o menos espesso possível, com pêlos curtos, grossos e bem assentados (SILVA, 1999). Os presentes resultados mostraram que o maior diâmetro dos pêlos, implicando em maior eficiência das perdas de calor e reduzindo o estresse térmico, tem conseqüências mais positivas para a reprodução, antecipando os partos.

As estimativas de variância genética, fenotípica e ambiental e de herdabilidade das características do pelame e das variáveis reprodutivas analisadas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Estimativas de variância fenotípica (σ_f^2), ambiental (σ_e^2), genética (σ_a^2) e da herdabilidade (h^2) das características morfológicas do pelame, taxa de sudção (TS) e idade ao primeiro parto (IPP2) de novilhas Braford nascidas no segundo semestre de 2002.

Variáveis	Parâmetros			
	σ_f^2	σ_e^2	σ_a^2	h^2
IPP2	1332,13	969,03	363,09	0,27±0,15
E	4,30	3,05	1,24	0,29±0,18
C	8,20	7,21	0,99	0,12±0,10
N	43,39	39,43	3,96	0,09±0,08
D	78,11	73,15	4,96	0,06±0,08
R	0,62	0,01	0,001	0,11±0,11
TS	5194,27	5194,23	0,03	0,00±0,05

IPP2= idade ao primeiro parto de novilhas com data nascimento na primavera (dias); E=espessura da capa de pelame (mm); C=comprimento médio dos pêlos (mm); N=número de pêlos por unidade de área (pêlos/cm²); D=diâmetro médio dos pêlos (µm); R=refletância (%); TS= taxa de sudção (gm⁻²).

As estimativas obtidas são consistentes com a literatura, que apresenta baixos valores de herdabilidade, indicando que grande parte das diferenças entre os animais é devida às diferenças de ambiente ou genéticas não aditivas. A estimativa

de h^2 para a idade ao primeiro parto ($0,27 \pm 0,15$) indica variação genética aditiva suficiente para responder à seleção.

Geralmente, esta característica apresenta herdabilidade de magnitude entre baixa e mediana (GRESSLER, et al., 1998; MERCADANTE et al., 2000). MARTÍNEZ-VELAZQUEZ et al (2003) reportaram valor bastante inferior ($0,08 \pm 0,04$) para a idade ao primeiro parto de 4835 vacas de diferentes raças (Hereford, Angus, Limosan, Simental, Charolês, Pinzgauer, Gelbvieh, Braunvien) e de três populações compostas, nos EUA.

Estimativas das correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre as características do pelame, a taxa de sudação e a idade ao primeiro parto estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre características do pelame e taxa de sudação com idade ao primeiro parto de novilhas Braford em ambiente tropical.

Variáveis	Coeficientes de correlação		
	Genética	Fenotípica	Ambiental
E	$0,04 \pm 0,77^{NS}$	$-0,08^{NS}$	$0,00 \pm 0,13^{NS}$
C	$-0,02 \pm 0,70^{NS}$	$0,17^*$	$0,07 \pm 0,98^{NS}$
N	$1,00 \pm 0,29$	$0,11^{NS}$	$0,04 \pm 0,09^{NS}$
D	$-0,02 \pm 0,725^{NS}$	$-0,21^*$	$0,18 \pm 0,13$
R	$0,85 \pm 0,357$	$0,11^{NS}$	$0,00 \pm 0,09^{NS}$
TS	$-0,04 \pm 0,88^{NS}$	$0,04^{NS}$	$0,02 \pm 0,10^{NS}$

E=espessura da capa de pelame (mm); C=comprimento médio dos pêlos (mm); N=número de pêlos por unidade de área (pêlos/cm²); D=diâmetro médio dos pêlos (μm); R=refletância (%); TS= taxa de sudação (gm⁻²).

Os coeficientes de correlação fenotípica, de um modo geral foram baixos. As correlações da idade ao primeiro parto com C (0,17) e D (-0,21) foram significativas ($P < 0,05$). A correlação fenotípica entre o comprimento do pêlo e idade ao primeiro parto indicou que quanto menor é o comprimento, menor a idade ao parto, indicando melhor desempenho reprodutivo para os animais com pelames menos resistentes ao calor.

A correlação fenotípica entre a idade ao primeiro parto e o diâmetro dos pêlos apresentou valor negativo, mostrando que quanto maior o diâmetro menor a idade, o que seria um resultado desejável para os bovinos em ambiente tropical.

As correlações genéticas entre as variáveis do pelame, de modo geral, foram muito baixas (inferiores a 0,04), excetuando-se as correlações entre IPP2 e N ($1,00 \pm 0,29$) e R ($0,85 \pm 0,35$), as quais foram altas e positivas. A seleção para

pelames mais reflectivos aumentaria a idade ao parto; por outro lado, a seleção de animais com pelames mais densos e, portanto, mais vantajosos em ambiente tropical resultaria em partos tardios.

Em geral, as correlações genéticas entre IPP2 e as correlações genéticas entre as características adaptativas do pelame e sudção (E, C, D e TS; $0,04 \pm 0,77$; $-0,02 \pm 0,70$; $-0,02 \pm 0,725$; $-0,04 \pm 0,88$, respectivamente) foram bastante baixas e erro-padrão elevado, porém favoráveis na direção para seleção da adaptação em ambiente tropical. Entretanto, apresentaram estimativas não confiáveis devido ao elevado erro padrão.

BERTIPAGLIA et al (2007a) investigaram os efeitos das características do pelame sobre a idade ao primeiro parto (IPP) de vacas Holandesas manejadas em sistema de estabulação livre com ventiladores e aspersores. Foi obtido um valor relativamente alto de herdabilidade para IPP ($0,23 \pm 0,08$) e um mais elevado para o diâmetro dos pêlos ($0,63 \pm 0,08$); as correlações genéticas favoráveis entre estas características mostraram que é possível selecionar-se para melhorar a adaptação e desempenho reprodutivo conjuntamente. Entretanto, a seleção para menor espessura da capa, menor comprimento e menor número de pêlos, bem como para maior porcentagem de malhas negras, não resultaria em melhoramento significativo do desempenho reprodutivo dos animais.

No entanto, é importante que a seleção das características do pelame seja realizada em conjunto e direcionada para obtenção de animais com pelame mais reflectante, mais denso, com pêlos curtos e grossos para favorecer as perdas de calor latente e sensível (SILVA, 1999; TURNPENNY et al., 2000).

4 CONCLUSÕES

A espessura do pelame e o diâmetro dos pêlos foram fatores determinantes sobre a variação da idade ao primeiro parto de novilhas Braford.

Novilhas com maior diâmetro dos pêlos apresentaram menor idade ao parto, o que é vantajoso em ambientes quentes. Animais com pelames mais espessos mostraram-se mais precoces ao parto, no entanto em ambiente tropical é adequado animais com pelames pouco espesso.

A herdabilidade da idade ao primeiro parto favorece a seleção massal para esta característica.

As correlações genéticas entre idade ao primeiro parto e características adaptativas do pelame e sudção foram de magnitude baixa e erro- padrão elevado, porém favoráveis na direção para seleção da adaptação em ambiente tropical.

5 IMPLICAÇÕES

Novos estudos com o objetivo da seleção de bovinos da raça Braford para precocidade sexual em conjunto das características do pelame e capacidade de evaporação cutânea em ambiente tropical precisam ser realizados a fim de fornecer as informações necessárias em programas de seleção para o progresso da adaptação de bovinos de origem européia ou cruzados em ambiente tropical.

CAPÍTULO 5 – EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS DO PELAME, TAXA DE SUDAÇÃO E FATORES METEOROLÓGICOS SOBRE A DETECÇÃO DE CIO EM VACAS BRAFORD

RESUMO- O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos das características do pelame, da taxa de sudação e fatores meteorológicos sobre o diagnóstico de cio no período de outubro a dezembro de 2003 em vacas e novilhas Braford, assim como estimar os parâmetros genéticos para a variável diagnóstico de cio. O diagnóstico de cio foi feito por observação visual duas vezes ao dia, manhã e tarde, atribuindo valor “1” ao sucesso e “0” à ausência de cio. Foram observadas 1167 fêmeas com genótipos compostos de 25 a 62,5% de Hereford, das quais 56,55% foram detectadas em cio. Considerando somente vacas com 50% e 62,5 de Hereford e todas filhas de pais Hereford (n=772), em primeira inseminação 61,40% foram diagnosticadas em cio. Foram obtidos ainda dados de taxa de sudação e das seguintes características do pelame: espessura da capa, refletância da superfície da capa, comprimento, diâmetro dos pêlos e número de pêlos por unidade de área. A contribuição relativa de cada variável para a probabilidade de detecção de cio foi verificada por modelo de regressão logística pelo procedimento “stepwise” do programa SAS. Os modelos iniciais consideraram as seguintes variáveis: estado fisiológico (3 níveis); genótipo (modelo 1= 4 níveis; modelo 2= 2 níveis); idade do animal (5 níveis); taxa de sudação (4 níveis); espessura da capa pelame (6 níveis); refletância da capa de pelame (3 níveis); comprimento (4 níveis); diâmetro (3 níveis); número de pêlos (5 níveis); e efeitos lineares da temperatura do ar, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante no dia da observação de cio. Os fatores meteorológicos não foram associados ($P>0,05$) à taxa de detecção de cios. Efeitos significativos ($P<0,05$) foram observados para idade, estado fisiológico e taxa de sudação para o modelo 1 e para o modelo 2 a idade, a espessura e a taxa de sudação. Novilhas (58,74%) e vacas secas (61,16%) tiveram maior razão de chances (2,84 e 1,67, respectivamente) de serem detectadas em cio que vacas com bezerros (53,38%). Animais com espessura de pelame de 3 mm foram mais ($P<0,05$) detectados em cio (70,11%) que as demais classes de espessura (inferior a 63% de detecção de cio); sendo vantajoso em ambiente tropical os animais

apresentarem pelame pouco espesso. Taxa de sudação máxima foi associada com menor razão de chances (valor igual a 1) de os animais serem detectados em cio que as demais taxas de sudação (razão de chances superior a 1,05). A estimativa de herdabilidade para a detecção de cio foi igual a 0,11. Conclui-se que a detecção de cio foi maior em novilhas e vacas sem bezerras e para animais com capas de pelames pouco espesso (3mm), e que apesar da estimativa de herdabilidade ter sido baixa é possível incluí-la em programa de seleção.

Palavras-Chave: Braford, detecção de cio, gado de corte, herdabilidade, pelame, sudação, inseminação artificial.

1 INTRODUÇÃO

Os bovinos, como animais homeotérmicos, necessitam manter uma regulação estrita da temperatura corporal. A homeotermia é neles mantida pelo equilíbrio entre o calor produzido pelo metabolismo e o fluxo térmico entre o animal e o ambiente. A termólise ocorre por processos dependentes da temperatura ambiente, que envolvem a temperatura (condução, convecção e radiação) e a umidade (evaporação respiratória e cutânea). Em ambientes tropicais com altos níveis de umidade, de temperatura e de radiação solar o fluxo de calor para fora do corpo pode ser reduzido ou, em condições severas, revertido. A intensa radiação solar é uma importante fonte de calor para os animais e intensifica o problema da manutenção da homeotermia.

Vacas hipertérmicas apresentam uma variedade de respostas fisiológicas visando o retorno da temperatura corporal aos níveis normais; por exemplo, redução da atividade física, redução do apetite, redução da produção de leite, aumento da frequência respiratória e da sudação. O fluxo sanguíneo em direção à superfície corporal é incrementado, a fim de aumentar a perda de calor para o ambiente; em consequência, o fluxo interno para diversos órgãos é reduzido.

O desenvolvimento da hipertermia e os ajustes fisiológicos para reduzi-la podem resultar em efeitos negativos sobre a função reprodutiva. As manifestações de cio ou estro (PIRES, 1998) constituem o aspecto comportamental mais fortemente afetado pela hipertermia. Fatores ambientais relacionados à estação do ano e a variações meteorológicas, especialmente da temperatura, afetam a receptividade sexual e a eficiência reprodutiva das vacas (ZAKARI et al., 1981;

RODTIAN, 1996). Foi demonstrado por NEBEL et al. (1997) que no verão as vacas tinham aproximadamente metade do número de montas por estro, comparativamente ao que ocorria no inverno. Segundo GWAZDAUSKAS et al. (1986), a atividade de monta (número de montas por hora) de fêmeas em estro seria máxima até uma temperatura ambiente de 30°C, reduzindo sob valores maiores de temperatura.

Na prática, o efeito do estresse térmico nesse período é a não-observação dos cios. Isso ocorre em decorrência da pequena duração do cio (5-6 horas), da letargia dos animais devido ao calor e também devido ao declínio da concentração de 17- β -estradiol (WILSON, et al., 1998), progesterona e LH (WOLFENSON et al., 1995), o que pode resultar em não manifestação do cio. THATCHER & COLLIER (1981) observaram uma diminuição dos sintomas de cio e redução em até 10 horas na duração dos sintomas do cio em vacas leiteiras submetidas a altas temperaturas.

Dados de desempenho reprodutivo de três anos obtidos por MACHADO (1998) em um rebanho na região de Araras, SP, mostraram somente 30-40% de cios em vacas com mais de 60 dias de parição, no período de dezembro a março, contra 70-80% nos meses de julho a agosto, em que as temperaturas são mais amenas.

Em adição aos fatores ambientais que interferem no equilíbrio térmico dos animais, o pelame exerce uma importância fundamental para as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente. As características da superfície corporal externa (espessura da capa de pelame, número de pêlos por unidade de área, diâmetro e comprimento dos pêlos e cor do pelame) afetam as trocas de calor nos animais (HUTCHINSON & BROWN, 1969; CENA & MONTEITH, 1975ab; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 1988; McARTHUR, 1991; SILVA, 1999; SILVA et al., 2003).

As propriedades radiativas do pelame (refletância, transmitância, absorvância) são muito importantes para animais em ambientes abertos, como na pastagem, condicionando a resistência à radiação solar (SILVA, 2000a). Em geral, conforme SILVA (1999) o tipo mais vantajoso de bovino para regiões tropicais seria aquele com uma capa de pelame branco, o menos espesso possível, com pêlos curtos, grossos, numerosos e bem assentados sobre uma epiderme altamente pigmentada. Por outro lado, o resfriamento por evaporação cutânea é um dos mais importantes meios de controle térmico nos bovinos, sendo proporcionado pela sudação e favorecido pela movimentação do ar e morfologia do pelame (SILVA, 1999; GEBREMEDHIN & WU, 2002).

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos das características do pelame, da taxa de sudção e fatores meteorológicos sobre o diagnóstico de cio durante a estação de monta em vacas e novilhas Braford, assim como estimar os parâmetros genéticos para a variável diagnóstico de cio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais, manejo e origem dos dados

Foram analisados dados da estação de monta do ano de 2003 de 1167 fêmeas Braford, produtos de cruzamentos Nelore x Hereford, nascidas entre 1998 e 2002 e pertencentes ao rebanho comercial da Fazenda Dom Arlindo, Fazendas Paquetá Ltda, localizada em Naviraí, Estado de Mato Grosso do Sul (23°03'54"latitude Sul, 54°11'26" longitude Oeste, 403 m de altitude). Esta região apresenta clima tropical úmido caracterizado por invernos secos e verões chuvosos e quentes. A média mensal da temperatura máxima do ar variou de 21 a 33°C; a estação chuvosa vai do final de Setembro até Abril e a estação seca ocorre no inverno (de Maio a Agosto). A umidade relativa do ar variou de 60 a 75% (Figura 1). Durante o verão as altas temperaturas combinadas às elevadas taxas de umidade e à intensa radiação solar geram condições bastante estressantes.

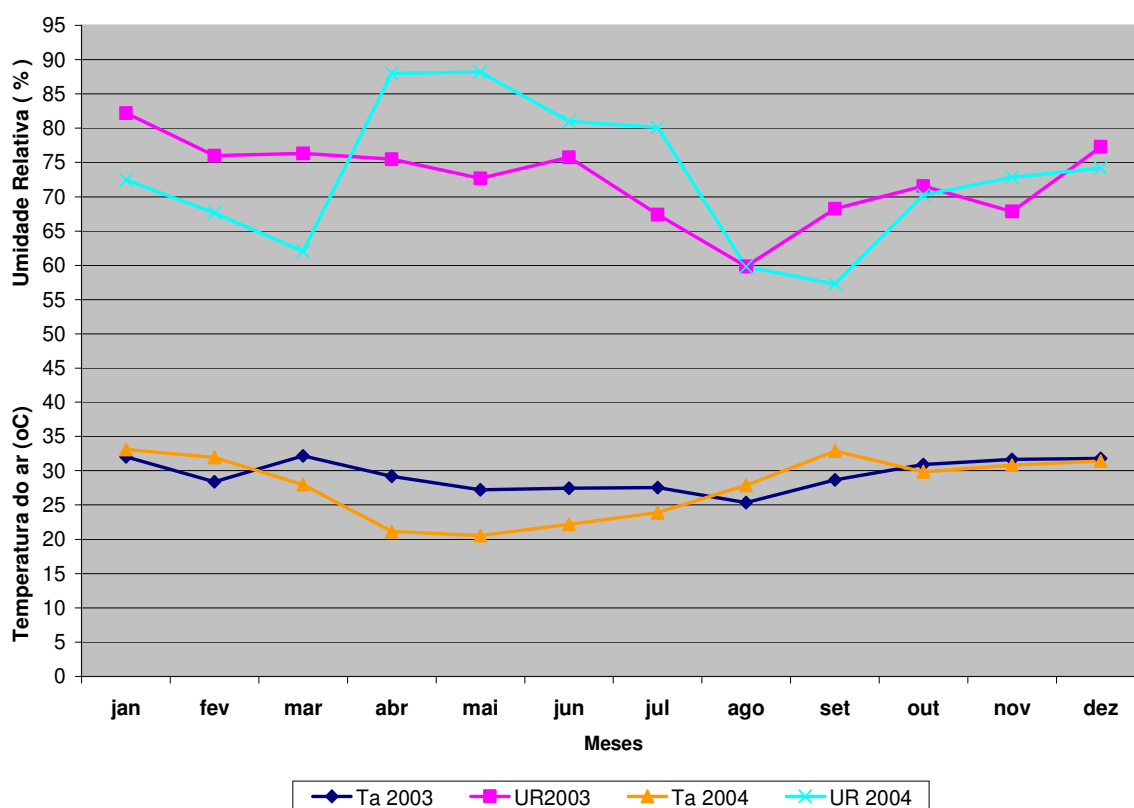


Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (Ta, °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS.

Os animais são manejados exclusivamente em pastagens (*Brachiaria brizantha*), sem áreas de sombras e sem qualquer suplementação, exceto minerais.

O rebanho é composto por animais com 25; 37,5; 50 e 62,5% de Hereford (He) na composição genética. Algumas das vacas nascidas em 1998 e 1999 com composições raciais 25 % He e 50 % He eram nascidas na Fazenda Cedro (Fazendas Paquetá Ltda, localizada em Ponta Porã, Estado de Mato Grosso do Sul), de onde foram trazidas quando novilhas para a fazenda Don Arlindo, cujo rebanho foi estabelecido recentemente. Esta propriedade é associada à Conexão Delta G, um programa de melhoramento genético das raças Braford, Hereford e Nelore, cujo objetivo é a seleção de machos para precocidade sexual e de ganho de peso.

Os animais em estudo incluíam novilhas, vacas com bezerros (em lactação) e sem bezerros (vacas secas), com idades entre um a cinco anos, respectivamente, todas sendo filhas de 28 touros, inclusive de reprodutores múltiplos. Os animais foram manejados em 14 diferentes grupos de acordo com a composição racial, ano

de nascimento e categoria (novilhas, vacas com bezerra, vacas com bezerro, vacas sem bezerros) em três diferentes retiros da Fazenda, durante a estação de monta do ano de 2003.

Ao atingir 260 kg (por volta de 306-527 dias de idade) as novilhas eram consideradas aptas para a reprodução. A estação de monta das mesmas era de 60 dias, dos quais 30 dias com inseminação artificial e o resto com diversos touros. Para as vacas com ou sem bezerros, a estação de monta foi de 90 dias ou menos, conforme o número de animais já inseminados no lote e a porcentagem de manifestação de cio.

A detecção de cio era realizada por observação visual no início da manhã e no final da tarde, com auxílio de rufiões. Doze horas após era feita a inseminação e aos 60 dias após o término da estação de monta era feito diagnóstico de gestação por palpação retal. Vacas não gestantes eram descartadas após o diagnóstico de gestação. Era dada uma segunda oportunidade somente para as novilhas, as quais foram expostas à reprodução na estação de monta seguinte (Abril a Maio), de modo que houve duas estações de monta anuais.

2.2 Detecção de cio

Detecção de cio (DCio) foi considerada como uma variável categórica, com valor “1” (sucesso) designando vacas ou novilhas que foram detectadas em cio após observação visual duas vezes ao dia, manhã e tarde, durante em média de 30 minutos no início da manhã e no final da tarde (conforme TRIMBERGER, 1948), para a primeira inseminação. O valor “0” foi atribuído aos animais não detectados em cio.

Foram considerados ainda os comportamentos de monta de vacas e novilhas entre si ou pelo rufião, além dos sintomas secundários de estro (presença de muco cristalino na vulva, agitação, tentativa de monta, cheirar).

Os registros de animais com datas da primeira inseminação foram considerados como tendo cio detectado e receberam valor “1”, ao passo que os animais sem data da inseminação, ou seja, não detectados em cio, receberam o valor “0”.

2.3 Dados Meteorológicos

A temperatura do ar (T_a , °C), a umidade relativa (UR, %), temperatura do globo negro (T_{GN} , °C) e a velocidade do vento foram coletados diariamente entre as 12:00 e 13:00 horas, durante toda a estação de monta no período de outubro de 2003 a janeiro de 2004.

A temperatura do ar e a umidade relativa foram medidas por meio de um psicrômetro portátil. A pressão parcial de vapor foi calculada a partir da temperatura máxima e da umidade relativa do ar como,

$$P_v = \left(\frac{UR}{100} \right) \left[0,61078 \times 10^{\frac{7,5T_a}{T_a+237,5}} \right] \quad (\text{kPa})$$

A temperatura do globo negro foi obtida por meio de um globo negro de 15 cm de diâmetro colocado em área de pastagem ensolarada, posicionado à altura média provável do centro do corpo dos animais. No mesmo local era tomada a velocidade do vento, que juntamente com a T_{GN} foi usada para o cálculo da carga térmica radiante (CTR, Wm^{-2}) conforme é descrito em SILVA (2002).

Foram atribuídos valores médios da temperatura do ar, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante para a ausência de diagnóstico de cio (diagnóstico de cio = “0”) o qual não possuía data da inseminação. Os valores médios das variáveis meteorológicas foram calculados de acordo com o período de duração da observação de cio para cada um dos 14 grupos de manejo, durante a estação de monta. Para o diagnóstico de cio observado, ou seja, igual a “1”, as variáveis ambientais corresponderam aos valores diários observados na data da inseminação.

2.4 Características do pelame

Foram analisadas a espessura da capa (E, mm) e sua refletância (R) e as seguintes medidas nos pêlos: comprimento médio (C, mm), número de pêlos por unidade de área (N, pêlos/ cm^2) e diâmetro médio dos pêlos (D, μm). As medições do pelame e a colheita de amostras de pêlos dos animais foram realizadas no período entre 27 de outubro e 21 de dezembro de 2003. As amostras de pêlos eram retiradas cerca de 20 cm abaixo da coluna vertebral, na região torácica mediana usando-se o método descrito por SILVA (2000a).

As características morfológicas do pelame (E, C, N e D) foram determinadas conforme os métodos descritos por SILVA (2000a). A espessura da capa de pelame era avaliada diretamente, no mesmo local de amostragem dos pêlos, usando-se uma régua metálica milimetrada e provida de um cursor. Para determinação de C foi tomada a média aritmética do comprimento dos dez maiores pêlos da amostra, eleitos por análise visual e medidos com paquímetro digital. A densidade numérica N foi estimada pela contagem do número de fibras da amostra, correspondente à área de 18 mm² de pele do animal; em seguida, era feita a conversão para número de pêlos por centímetro quadrado. O diâmetro médio D era determinado com um micrômetro digital, considerando-se a média aritmética dos diâmetros dos dez maiores pêlos da amostra.

A refletância da capa do pelame (R) foi definida de acordo com a seguinte fórmula:

$$R = r_{\text{vermelho}} (Pg) (Cp) + r_{\text{preto}} (Cp) + r_{\text{branco}} (Cp) + r_{\text{cinzento}} (Cp) (Pg) + r_{\text{cinza}} (Cp)$$

Em que, cada valor *r* refere-se à refletância (%) do pelame para cada cor (vermelho=0,513; preto=0,121; branco=0,621; cinza=0,512; cinzento=0,340, determinada para comprimentos de onda de 350 a 850 nm, conforme dados de SILVA et al.,2003). A combinação de cores do pelame (Cp) foi definida como a proporção de manchas do vermelho, do preto, do branco, do cinza ou do cinzento sobre a superfície total do animal. Cinzento é a cor do pelame constituída de pelos brancos misturados com pretos. A pigmentação do pelame (Pg, %) era o tom ou a intensidade da cor (vermelho ou cinzento, em porcentagem) determinada por avaliação visual direta do animal, comparando-se com uma escala padrão colorida impressa (SILVA, 2000a). O padrão era colocado sobre a superfície a ser avaliada, atribuindo-se um valor entre zero e 100 conforme a coincidência das tonalidades (do branco puro aos tons de cinza ao preto ou do baio ao vermelho intenso) do pelame e do padrão. Não foram considerados os membros, cauda, cabeça e região inferior abdominal e torácica.

2.5 Taxa de sudação

A taxa de sudação foi determinada pelo método de SCHLEGER & TURNER (1965), baseado na contagem de tempo para que discos de papel impregnados com

solução de cloreto de cobalto a 10% mudem sua cor de azul violeta para o róseo claro. Papel filtro Walttman número 1 foi banhado em solução de cloreto de cobalto a 10%, secado em temperatura ambiente. Finalmente re-desidratado (50°C), e discos de 0,50 cm de diâmetro foram cortados e novamente re-desidratados.

Três discos eram rapidamente montados no centro de uma fita adesiva de celulose “Durex”, a qual era então fixada em lâmina de microscopia e estocada em um frasco hermeticamente fechado contendo sílica gel. As lâminas eram preparadas 24 horas antes do uso. A região torácica mediana, aproximadamente 20 cm abaixo da linha dorsal, foi escolhida como região conveniente para a medida, sendo depilada e limpa com pano seco para retirada da poeira e umidade da pele. A fita adesiva com os discos de papel fixados era removida da lâmina e imediatamente fixada firmemente sobre a pele.

A duração do tempo para cada disco de papel mudar de cor foi determinada com um cronômetro e a média do tempo calculada. A taxa de sudção (TS) foi estimada pela seguinte equação de acordo com SCHLEGER & TURNER (1965):

$$TS = (22 \times 3600) / (2,06t) = 38446,6 / t$$

(g.m⁻².h⁻¹), em que t é o tempo médio em segundos. Foi feita uma observação para cada animal.

As medidas foram realizadas no mês de Fevereiro de 2004; em cada dia de observação iniciavam-se às 08:00 h e terminavam às 18:00 h, sendo que eram coletados os dados de um mesmo grupo de manejo em um mesmo dia. Os animais eram trazidos para o curral, presos por volta das 7-8 horas ou 13- 14 horas, e mantidos lá sem acesso a sombra. As medidas eram feitas 30 min após os animais chegarem no curral para permitir que descansassem. A contenção dos animais era feita somente no momento da observação.

Para cada observação da taxa de sudção foram obtidas medidas da temperatura do ar, pressão parcial de vapor e da carga térmica radiante, sendo descrito no item anterior como foram calculadas a pressão parcial de vapor e a carga térmica radiante. A taxa de sudção foi ajustada por regressão sobre as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm⁻²) e hora da observação (13:00 h).

2.6 Análise estatística

A variável binária detecção de cio (“1”= cio detectado; “0”= cio não detectado) foi analisada por modelos de regressão multivariada logística, utilizando-se o procedimento PROC LOGISTIC do programa SAS (Statistical Analysis System) e o procedimento “backward stepwise”, sendo as variáveis continuamente removidas do modelo pelo critério estatístico de Wald, no caso de a significância ser maior que 0,05.

Inicialmente, foi realizado o estudo da distribuição das variáveis. A partir das variáveis independentes foi feita a análise de regressão logística (*odds ratio* bruto com seus respectivos intervalos de confiança de 95%). Esta análise consistiu em se analisar separadamente cada uma das variáveis independentes com a variável dependente (detectar cio ou não); e depois em conjunto, para identificar o quanto cada variável independente estava associada à manifestação do cio. As seguintes variáveis independentes foram não significativas ($P > 0,05$) e foram descartadas do modelo inicial: pai; fazenda de nascimento; estação do nascimento (primeiro ou segundo semestre); retiro; mês da observação do cio; inseminador; turno da inseminação (manhã ou tarde).

Interações de interesse foram também testadas, mas foram não significativas e então removidas dos modelos. A multicolinearidade entre as variáveis independentes nos modelos foi investigada em modelo de regressão pelos fatores de inflação de variância (FIV) (PROC REG; *vif*, do programa SAS). Foi detectada colinearidade (alto valor dos fatores de inflação) entre as variáveis independentes grupo de manejo e idade (anos), permanecendo no modelo somente a idade.

Em uma segunda etapa, foi realizada a análise de regressão logística múltipla, a fim de identificar quais variáveis estariam afetando conjuntamente a manifestação do cio. Para isto foi utilizado o processo de seleção *stepwise*, que consiste em, a cada passo, eleger-se uma variável independente que possa melhor explicar a dependente, verificando-se posteriormente se com a sua inclusão no modelo aquelas previamente escolhidas continuam sendo significantes.

A escolha do modelo a ser adotado para análise final foi feita com base no teste de Hosmer e Lemeshow de qualidade de ajustamento (HOSMER & LEMESHOW, 2000).

Para o estudo da variável detecção de cio foram considerados dois modelos. O primeiro (Modelo1) incluiu todos os animais em estudo; no segundo modelo

(Modelo 2) foram descartadas todas as vacas filhas de reprodutores múltiplos e também aquelas cujos pais não fossem 100% Hereford em sua composição racial, permanecendo vacas de compostas de 50% He e 62,5 % He. Este segundo modelo foi criado com o objetivo de se estimar a herdabilidade da variável diagnóstico de cio.

Após as análises preliminares, as seguintes variáveis foram incluídas nos modelos 1 e 2 para a análise da detecção de cio: composição racial; idade no início da estação de monta (5 níveis, 1 a 5 anos), estado fisiológico (3 níveis; novilha; vacas secas e vacas em lactação); espessura do pelame (7 níveis; $\leq 2\text{mm}$; 3mm ; 4mm; 5mm; 6 mm; 7mm e $\geq 8\text{ mm}$); número de pêlos (5 níveis; < 600 ; 600-900; 901-1200; 1201-1500 e > 1500 pêlos/cm²); diâmetro (3 níveis; < 25 ; 25-35; $> 36\text{ }\mu\text{m}$); comprimento (4 níveis; < 800 ; 800-1200; 1201-1600; $> 1600\text{ mm}$); refletância (3 níveis; $< 0,125$; 0,125-0,25; $> 0,250\text{ }\%$); taxa de sudorese (4 níveis; < 350 ; 351-450; 451-550 e $> 550\text{ g m}^{-2}\text{ h}^{-1}$).

2.7 Estimação da herdabilidade e componentes de variância

Os componentes de variância do diagnóstico de cio foram estimados por máxima verossimilhança restrita aproximada (*quasi*-REML) em análise univariada. Foi considerada distribuição binomial do erro e regressão logística no programa ASREML (GILMOUR et al. 1999) para a variável categórica, sob o modelo touro. O modelo utilizado para obtenção dos valores iniciais dos componentes da variância foi o modelo 2, considerando os efeitos fixos significativos ($P < 0,05$) e os efeitos aleatórios genético aditivo do touro e do erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estatística descritiva e efeitos das características adaptativas e fatores meteorológicos

De um total de 1167 vacas e novilhas, foi observada detecção de cio em 56,55%, considerando-se a primeira inseminação durante a estação de monta de outubro a dezembro de 2003. Quando foram consideradas 772 vacas com composição racial 50% e 62,5% Hereford, respectivamente, filhas de pais conhecidos da raça Hereford, a detecção de cio foi de 61,40% em primeira

inseminação. Deve ser recordado que, segundo DISKIN & SEERNAN (2000), a observação cuidadosa de cios realizada duas vezes ao dia no início da manhã e no final da tarde resulta na detecção de 70 % das vacas em cio.

A porcentagem de vacas detectadas em cio é um dos fatores mais importantes para o desempenho reprodutivo em rebanhos bovinos (BRITT, 1985; HEERSCHKE & NEBEL, 1994). Estes últimos autores observaram em 4550 rebanhos leiteiros nos EUA uma média de detecção de cio de 38%, bastante inferior à do presente estudo (61,40%).

Os valores médios das características do pelame, taxa de sudção e fatores meteorológicos, desvios-padrão, variações máximas e mínimas estão apresentados na Tabela 1. De modo geral, os animais apresentaram valores baixos para a espessura (3,76 mm); densidade numérica do pelame (1002 pêlos/cm²); comprimento dos pêlos (10,54 mm) e diâmetro dos pêlos (31,06 µm). É interessante destacar que o resultado geral do rebanho mostrou menor adequação de algumas das características do pelame para o ambiente tropical; por exemplo, o diâmetro médio observado foi inferior (31,06 µm) aos 45 µm reportado por PETERS & SLEN (1964) em animais da raça Hereford no Canadá. Entretanto, uma espessura de pelame de apenas 3,76 mm é altamente vantajosa para um ambiente tropical, bem como uma maior densidade numérica do pelame.

Tabela 1. Estatística descritiva para as características do pelame de 1167 vacas Braford e variáveis meteorológicas durante o período de observação de cio (outubro a dezembro de 2003).

Variáveis	Média	D. p.	Mínimo	Maximo
Espessura da capa (mm)	3,76	1,65	1,00	12,00
Número (pêlos/cm ²)	1002,00	501,51	319,00	4851,00
Comprimento dos pêlos (mm)	10,54	3,86	4,20	26,50
Diâmetro dos pêlos (µm)	31,06	8,08	11	69
Refletância do pelame (%)	0,17	0,12	0,01	0,62
Sudção (gm ⁻² h ⁻¹) ^a	481,69	125,67	135,68	938,01
T _a (°C)	30,05	2,80	20,00	37,00
P _v (kPa)	2,52	0,60	0,47	4,57
CTR (Wm ⁻²)	672,56	88,63	380,15	949,78

^a taxa de sudção ajustada para as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm⁻²) e hora da observação (13:00 h), T_a= temperatura máxima do ar; P_v= Pressão parcial de vapor; CTR= carga térmica radiante.

A taxa de sudção média (481,69 g m⁻²h⁻¹) foi maior que os valores observados por SILVA et al. (1988) para vacas Jersey em Ribeirão Preto (123,3gm⁻²h⁻¹).

$^2\text{h}^{-1}$) e em São Carlos ($113,3 \text{ g m}^{-2}\text{h}^{-1}$), SP, Brasil. Esse resultado foi próximo ao obtido por SCHLEGER & TURNER (1965), em bovinos Hereford x Shorthorn ($488 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$) e Brahman x Shorthorn ($500 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$), na Austrália durante o verão. Isso pode indicar uma adaptação significativa.

Com relação aos fatores meteorológicos durante o período de outubro a dezembro de 2003, a temperatura máxima média observada foi de $30,05^\circ\text{C}$, variando de 20 a 37°C ; a carga térmica radiante média foi de $672,56 \text{ Wm}^{-2}$ (variou de $380,15$ a $949,78 \text{ Wm}^{-2}$) e a pressão parcial de vapor média foi igual a $2,52 \text{ kPa}$, com variação de $0,47$ a $4,57 \text{ kPa}$.

Na Tabela 2 estão apresentados todos os fatores considerados importantes e que poderiam afetar a detecção do cio no rebanho em estudo, exceto as variáveis meteorológicas, que foram consideradas no modelo como covariáveis. As porcentagens de detecção do cio estão apresentadas para cada classe dos fatores. É importante destacar que as variáveis independentes relacionadas ao manejo do rebanho durante a observação do cio (técnicos, o período da observação e grupo de manejo) não foram significativas ($P > 0,05$) em análises de regressão logística preliminares, sendo descartadas do modelo inicial.

Tabela 2. Distribuição de frequência das variáveis classificatórias para o diagnóstico de cio em vacas Braford.

Efeitos	Classes	% de cios diagnosticados *	
		Modelo 1	Modelo 2
Genótipo	0,25He 0,75Ne	57,48 (127)	-
	0,375He 0,625Ne	47,50 (40)	-
	0,50He 0,50Ne	57,88 (710)	59,99 (589)
	0,625He 0,375Ne	54,13 (290)	66,12 (183)
Idade	1ano	66,06 (221)	65,30 (196)
	2anos	47,58 (145)	76,92 (52)
	3anos	55,55 (189)	62,83(148)
	4anos	54,42 (452)	54,30 (267)
	5anos	58,75 (160)	62,38 (109)
Condição Fisiológica	Novilhas	58,74 (366)	67,74 (248)
	Vacas secas	61,16 (224)	57,24 (138)
	Vacas lactação	53,37 (577)	58,80 (386)
Espessura da capa	≤2mm	51,59 (252)	53,59 (153)
	3mm	61,07 (280)	70,11 (174)
	4mm	55,63 (275)	56,85 (197)
	5mm	59,42 (175)	63,93 (122)
	6mm	52,29 (109)	60,56 (71)
	≥7mm	59,21 (76)	67,27 (55)
Número de pêlos	<600 pêlos/cm ²	61,85 (194)	62,50 (96)
	600-900 pêlos/cm ²	54,14 (386)	59,68(253)
	901-1200 pêlos/cm ²	55,17 (261)	60,99 (182)
	1201-1500 pêlos/cm ²	56,58 (152)	62,96 (108)
	>1500 pêlos/cm ²	58,04 (174)	63,15 (133)
Diâmetro dos Pêlos	<25 µm	53,41 (322)	57,08 (219)
	25-35 µm	57,29 (562)	61,74 (379)
	>35 µm	58,65 (283)	66,09 (174)
Comprimento dos pêlos	< 800 mm	56,53 (306)	58,47 (183)
	800-1200mm	55,13 (497)	59,57 (324)
	1201-1600mm	60,66 (211)	66,22 (151)
	>1600mm	55,55 (153)	64,91 (114)
Refletância do pelame	< 0,125 %	56,34 (426)	59,33 (241)
	0,125-0,250 %	58,37 (478)	63,14 (350)
	>0,250 %	53,61 (263)	60,77 (181)
Sudação	< 350 gm ⁻² h ⁻¹	65,34 (176)	67,96 (128)
	350-450 gm ⁻² h ⁻¹	53,68 (326)	58,40 (226)
	451-550 gm ⁻² h ⁻¹	59,82 (336)	67,58 (219)
	>550 gm ⁻² h ⁻¹	51,36 (329)	53,76 (199)

Modelo1= consideradas fêmeas de todas as composições raciais e também filhas de reprodutores múltiplos; Modelo 2= consideradas apenas filhas de touros Hereford com pais identificados. * Valores entre parênteses correspondem ao número total de observações para cada classe.

Efeitos não significativos ($P>0,05$) do o genótipo, das características do pelame (espessura, comprimento, número de pêlos, diâmetro e refletância) e das variáveis meteorológicas (temperatura, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante) sobre a observação do cio foram observados.

Na Tabela 3 estão descritas a porcentagem de cios detectados, razão de chances e intervalo de confiança (95%) das variáveis independentes significativas incluídas no modelo final da detecção de cio para o modelo 1 ($n=1167$ vacas), em que foram consideradas fêmeas de todas as composições raciais, e filhas de reprodutores múltiplos. Foram significativas ($P<0,05$) a variação da idade no início da estação de monta, do estado fisiológico (novilha, vaca sem bezerro e vacas com bezerros) e da taxa de sudação.

Tabela 3. Razão de chances (“odds ratios”) e porcentagens de diagnóstico de cio (Dcio) das classes dos efeitos incluídos no modelo (modelo 1) de regressão logística final para 1167 vacas Braford.

Efeitos	Classes	<i>n</i>	Dcio (%) ^a	Razão de chances	IC (95%)	<i>P</i>
Idade	1ano	146/221	66,06 ^{ns}	0,47	0,20-1,12	0,002
	2anos	69/145	47,59 ^{**}	0,23	0,10-0,56	
	3anos	105/189	55,55 ^{**}	0,91	0,59-1,39	
	4anos	246/452	54,44 ^{ns}	0,67	0,44-1,00	
	5anos	94/160	58,75	1	-	
Estado	Novilhas	215/366	58,74 ^{**}	2,84	1,34-5,03	0,006
	Vacas secas	137/224	61,16 ^{**}	1,67	1,22-3,65	
	Vacas lactação	308/577	53,38	1	-	
Sudação	< 350 gm ⁻² h ⁻¹	115/176	65,34 ^{**}	1,60	1,09-2,35	0,037
	350-450 gm ⁻² h ⁻¹	175/326	53,68 ^{ns}	1,05	0,77-1,43	
	451-550 gm ⁻² h ⁻¹	201/336	59,82 ^{ns}	1,35	1,00-1,86	
	>550 gm ⁻² h ⁻¹	169/329	51,36	1	-	

^a Estimativas de valores de $Pr>X^2$ ** $P<0,05$ pelo método da máxima semelhança restrita após teste de seleção das variáveis por “Stepwise”; testando a hipótese nula, $\beta=0$, para o teste da máxima semelhança restrita $X^2 = 30,96$; 9 g.l.; $P< 0,0001$; Teste de desempenho do modelo de Hosmer e Lemeshow = 17,38; 8 g.l.; $P = 0,026$ (modelo final). ** $P<0,05$

Na Tabela 4 estão descritas a porcentagem de cios detectados, a razão de chances e intervalo de confiança (95%) das variáveis independentes significativas incluídos no modelo 2 final da detecção de cio para o modelo 1 ($n=1167$ vacas), em que foram consideradas fêmeas com 50% Hereford e fêmeas com 62,5 % Hereford, sendo filhas de touros da raça Hereford e todos com identificação. Para estes animais foi significativa ($P<0,05$) a variação da idade no início da estação de monta,

da espessura do pelame e da taxa de sudação.

Tabela 4. Razão de chances (“odds ratios”) e porcentagens de diagnóstico de cio (Dcio) dos efeitos incluídos no modelo (modelo 2) de regressão logística final de 772 vacas Braford.

Efeitos	Classes	<i>n</i>	Dcio (%) ^a	Razão de chances	IC (95%)	<i>P</i>
Idade	1ano	128/196	65,30 ^{ns}	1,33	0,76-2,32	0,017
	2anos	40/52	76,92 ^{**}	2,64	1,18-5,91	
	3anos	93/148	62,84 ^{ns}	1,16	0,69-1,97	
	4anos	145/267	54,30 ^{**}	0,80	0,50-1,28	
	5anos	68/109	62,38	1	-	
Espessura	≤2mm	82/153	53,59 ^{ns}	0,92	0,43-1,95	0,039
	3mm	122/174	70,11 ^{**}	1,85	0,88-3,92	
	4mm	112/197	56,85 ^{ns}	1,02	0,50-2,07	
	5mm	78/122	63,94 ^{ns}	1,17	0,572,38	
	6mm	43/71	60,56 ^{ns}	0,85	0,40-1,80	
	≥7mm	37/55	67,27	1	-	
Sudação	< 350 gm ⁻² h ⁻¹	87/128	67,97 ^{ns}	1,75	1,08-2,82	0,009
	350-450	132/226	58,41 ^{ns}	1,23	1,23-0,83	
	451-550	148/219	67,58 ^{**}	1,90	1,90-1,26	
	>550 gm ⁻² h ⁻¹	107/199	53,77	1	-	

^a Estimativas de valores de $Pr > X^2$ ** $P < 0,05$ pelo método da máxima semelhança restrita após teste de seleção das variáveis por “Stepwise”; testando a hipótese nula, $\beta = 0$, para o teste da máxima semelhança restrita $X^2 = 1430,8$; 12 g.l.; $P < 0,0003$. Teste de desempenho do modelo de Hosmer e Lemeshow $X^2 = 8,98$; 8 g.l.; $P = 0,34$ (modelo final).

A idade do animal é considerada um fator importante na manifestação do cio (RON et al., 1984). A ocorrência de detecção de cios foi 0,23 menor em vacas com dois anos de idade do que naquelas com cinco anos, como mostram os valores de razão de chances (“odds ratios”) obtido para essas idades, apresentado na Tabela 3. A maior porcentagem de cios observados foi a de animais com um ano (66,06 %); entretanto, comparando com as fêmeas de cinco anos que apresentaram 58% de cios detectados, aquelas tiveram uma razão 0,47 de detecção de cios. De um modo geral, para os animais que incluem todas as composições genéticas e filhas de reprodutores múltiplos ou não, as vacas com dois anos de idade apresentaram o pior desempenho de detecção de cios (47,58%). Este resultado pode ser um reflexo do tempo necessário para a completa involução uterina (ZAIN et al., 1995) e o retorno à atividade cíclica ovariana, que é menor em vacas primíparas que em multíparas (LUCY et al., 1992).

Ao contrário, no modelo 2 os animais com dois anos de idade apresentaram maior porcentagem de detecção de cios (76,92%) e uma razão 2,64 vezes maior que

os animais de cinco anos. Uma provável explicação para maior detecção de cios em vacas mais novas pode ser uma menor sensibilidade destas aos efeitos deletérios de agentes infecciosos durante a involução uterina, em comparação com vacas múltiparas, as quais apresentaram taxas de 62,84; 54,30 e 62,32 %, respectivamente para as idades de 3, 4 e 5 anos.

É importante destacar a diferença obtida nos resultados das análises de regressão logística final para os dois modelos, com relação à associação da idade e à detecção de cios. Apesar de a composição racial não ter sido um efeito significativo para os dois modelos, há grande diferença entre os dois grupos de animais em análise para ambos os modelos, já que as demais variáveis foram mantidas igualmente. No modelo 1 foram considerados animais de todas as composições raciais, variando entre 25 e 62,5 % de Hereford; para este modelo as vacas primíparas (dois anos de idade) foram as que apresentaram pior desempenho (47,59% de cios detectados) em comparação às demais idades (entre 54 e 65% dos cios detectados); no modelo 2 que inclui animais com maior proporção do Hereford na composição racial (50% e 62,5%), os animais tiveram ótimo desempenho (76,92 % de detecção de cios).

O presente resultado está de acordo com o fato de que taxas de serviço reduzidas são mais evidentes em rebanhos zebuínos, que apresentam comportamento reprodutivo diferente de raças européias, com curta duração do estro e cios freqüentemente ocorridos à noite, quando é mais difícil a observação (GALINA et al., 1996; PINHEIRO et al., 1998; PAULA-LOPEZ et al., 2003). MIZUTA (2003) observou que a duração do período do estro no qual as fêmeas aceitam a monta foi mais curto em vacas Nelore (12,9 horas) que em vacas Angus (16,3 horas), enquanto que as mestiças (com 12,4 horas) não diferiram das vacas Nelore; para estas últimas, outros estudos demonstraram estro de duração ainda mais curta, cerca de 10 h, com maior atividade de monta (56,6%) durante a noite (BERTAM MEMBRIVE, 2000; ROCHA, 2000).

Outro aspecto importante das diferenças reprodutivas entre fêmeas zebuínas e taurinas é o anestro pós-parto, que é mais evidente em vacas zebuínas e que diminui ainda mais as taxas de detecção de cios. Ao final da gestação, o eixo hipotalâmico-hipofisário responde à retro-alimentação negativa dos esteróides da placenta e do ovário, os quais suprimem a liberação de FSH e LH (YAVAS & WALTON, 2000b). A duração do anestro pós-parto é afetada pela idade (parição),

pois novilhas e primíparas podem estar em crescimento e a freqüência de pulsos do hormônio luteinizante é menor (RENDEL et al., 1996; BELL et al., 1998) e o período de anestro pós-parto em primíparas é 1 a 4 semanas maior que em múltíparas.

Outro fator importante associado à detecção de cio e que apresentou resultado significativo ($P < 0,05$) na análise de regressão logística do modelo 1, foi o estado fisiológico dos animais, ou seja a diferença entre novilhas, vacas em amamentação e vacas secas. Este fator não foi significativo para o modelo 2. As novilhas apresentaram razão de chances de serem diagnosticadas em cio 2,84 vezes maior que vacas com bezerros; e as vacas sem bezerros razão de chances igual a 1,67 maior que as com bezerros.

Estes resultados estão de acordo com a literatura, segundo a qual em vacas amamentando o anestro é mais freqüente e o período é maior que nas vacas não amamentando (YAVAS & WALTON, 2000b). A primeira onda folicular surge dois a sete dias após o parto, em consequência da elevação dos níveis de FSH (WILTBANK et al., 2002); mas em geral o folículo dominante torna-se atrésico e novas ondas foliculares então ocorrem. Assim, mesmo após o restabelecimento dos níveis plasmáticos de LH entre 15 a 30 dias pós-parto (YAVAS & WALTON, 2000a), o estado nutricional (balanço energético negativo) e a amamentação (CICCIOLI et al., 2003) podem limitar a ovulação, associados a condições de estresse térmico e outros fatores.

A amamentação causa a supressão da freqüência de pulsos do LH pela menor liberação de GnRH do hipotálamo (NETT, 1987). A amamentação aumenta a sensibilidade do pulso de GnRH para fazer retro-alimentação negativa sobre o estrógeno ovariano, resultando em supressão da liberação do LH, independente do ovário. Com o aumento do período pós-parto o pulso de GnRH torna-se menos sensível ao estímulo da mamada por escapar da retro-alimentação negativa dos estrógenos, causando aumento da liberação dos pulsos de LH e gonadotrofinas pré-ovulatórias e a ovulação (YAVAS & WALTON, 2000 b).

A taxa de sudação, desde que ajustada para as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm^{-2}) e hora da observação (13:00 h), apresentou associação significativa ($P < 0,05$) na análise de regressão logística apresentado nas Tabelas 3 e 4, para os modelos 1 e 2, respectivamente. Animais adaptados ao ambiente tropical apresentam maior taxa de sudação que os animais não adaptados.

Para o modelo 1 (Tabela 3) os animais com taxa de sudação inferior a $350 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$ apresentaram razão 1,61 maior que as fêmeas com sudação superior a $550 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$; e animais com os valores intermediários de sudação apresentaram razão de chances 1,05 e 1,35 maiores que a classe referência (sudação maior que $550 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$).

Além das perdas de calor por convecção e radiação (calor sensível), a habilidade dos animais em resistir a altas temperaturas é também proporcional à sua capacidade de eliminar calor latente através da evaporação de água. ALLEN et al. (1970) mostraram que vacas mestiças $\frac{1}{2}$ Jersey $\frac{1}{2}$ Zebu expostas à radiação solar direta apresentavam elevação marcante na frequência respiratória e na temperatura da superfície cutânea; no entanto, a temperatura retal manteve-se constante enquanto a evaporação cutânea passou de 70 para 250 W m^2 . Este estudo ressalta a grande importância da evaporação cutânea para aliviar o estresse térmico causado pelo ganho de calor por radiação solar direta. Em recente estudo com vacas Holandesas no Brasil, MAIA et al. (2005c) observaram sob temperaturas superiores a 30°C a evaporação cutânea tornou-se o principal mecanismo de perda de calor, chegando a 85% do total, enquanto que os outros 15% corresponderam às perdas por evaporação respiratória.

Segundo SCHLEGER & TURNER (1965) os bovinos mestiços de Zebu com raças européias têm taxas de sudação maiores que os europeus puros sob as mesmas condições de temperatura, o que indica maior adaptação ao calor para animais com maior produção de suor. Entretanto, a taxa de sudação inicial sob estresse térmico pode ser maior para raças não adaptadas (FINCH, 1985) como um mecanismo de compensação para a ineficiência dos outros mecanismos termoreguladores, não adequados para ambientes de altas temperaturas. Os taurinos tendem a responder mais rapidamente que os zebuínos em termos de sudação, enquanto estes últimos só recorrem à sudação quando sob extremo estresse térmico; em adição, os zebuínos têm taxas limites de sudação muito mais elevadas que as dos taurinos.

Uma possível explicação para os resultados do presente estudo em que animais com maior taxa de sudação apresentaram menor detecção de cio pode ter sido em consequência de uma provável situação de estresse térmico extremo, reduzindo desta maneira a manifestação dos sintomas de cio.

Outro fator significativo ($P < 0,05$) associado à detecção de cios foi a espessura

do pelame. A melhor taxa de detecção de cios (70,11) correspondeu aos animais com espessura da capa de pelame de 3mm, que pode ser considerada adequada para animais em ambiente tropical. Com relação à razão de chances de ser detectados em cio, os animais com pelames de 3mm apresentaram valor 1,85 maior que aqueles com espessura de pelame maior ou igual a 7mm. Os piores desempenhos foram apresentados para animais com pelames de 6 mm de espessura, com razão de chances de 0,85; o que indica a maior resistência à perda de calor em pelames mais espessos e conseqüentemente os efeitos do estresse térmico, resultando em redução da manifestação dos sintomas do cio.

O estresse térmico causa diminuição das concentrações plasmáticas de estradiol (WOLFENSON et al., 1995; WILSON et al., 1998; ZERON et al., 2001) que por sua vez reduz a expressão do estro com alterações na duração e no comportamento sexual durante o cio (GWASDAUSKAS et al., 1985; NEBEL et al., 1997), além de menor movimentação e tentativas de monta devido a letargia causada pelo estresse térmico (THATCHER & COLLIER, 1981).

Em comparação, CARTIMILL et al. (2001) observaram redução de cios observados em vacas da raça Holandesa quando o índice de temperatura e umidade (ITU) era ≥ 72 e a taxa de concepção também diminuiu. HER et al (1988) verificaram a influência do resfriamento pela combinação de ventilação forçada e aspersão de água, realizadas nove vezes durante o dia anterior à manifestação do cio sincronizado até 8 dias após a inseminação. Isso resultou em maior número de vacas que foram resfriadas, manifestando melhor comportamento de monta durante o período do estro quando comparadas às não resfriadas. Entretanto, não houve melhora na taxa de concepção após o resfriamento.

3.2 Estimativas dos parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos foram feitas com base nos efeitos fixos significativos observados para o modelo 2 na análise de regressão logística multivariada, na qual foram considerados apenas pais com identificação conhecida e todos de mesma composição racial (Hereford).

Em análise univariada, no programa ASREML (GILMOUR et al. 1999) sob o modelo touro, foi obtida a estimativa da variância aditiva de touro ($\sigma^2_t=0,0283$) e do resíduo ($\sigma^2_r=1,00$) para a variável detecção de cio. O valor de herdabilidade estimado para a detecção de cio foi igual a 0,11. Na literatura consultada não foi

encontrado nenhum valor de herdabilidade para esta variável. No entanto, a variável número de dias para a primeira inseminação, ou dias aberto fisiologicamente é semelhante, apesar de sua característica contínua. GOYACHE et al. (2005) estimaram os parâmetros genéticos para a variável dias abertos pelo procedimento REML aplicado em um modelo linear misto incluindo o efeito aditivo do animal em análise univariada, obtiveram estimativas de herdabilidade entre 0,19 e 0,09 usando 2 diferentes modelos com animais mais jovens e mais velhos, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

As condições ambientais de temperatura do ar, umidade e carga térmica radiante no dia da observação do cio não afetaram a detecção de cio.

Foram considerados fatores importantes na detecção de cio de vacas produtos de cruzamentos Nelore x Hereford mantidas em sistema extensivo: a idade, o estado fisiológico, a espessura do pelame e a taxa de sudação.

Houve redução das taxas de detecção de cios em vacas com bezerros e que provavelmente estariam em anestro devido à amamentação, em adição à condição nutricional e ao estresse térmico, resultando em disfunção da atividade cíclica do ovário.

Animais com espessura de pelame até 3 mm apresentaram maior taxa de detecção de cios que os animais com espessuras maiores. Portanto, é vantajoso em ambiente tropical que os animais apresentem pelame pouco espesso, para melhor expressão do seu potencial reprodutivo.

Taxa de sudação máxima foi associada a uma menor probabilidade de detecção em cio que as demais taxas de sudação. Nos animais em questão a maior taxa de sudação refletiu possivelmente uma pouca adaptação ao ambiente tropical, como mostrou a associação negativa com o desempenho reprodutivo dos animais.

A estimativa de herdabilidade para a detecção de cio foi entre baixa e moderada, podendo-se incluí-la em um programa de seleção para otimização desta característica.

CAPÍTULO 6 – FATORES CLIMÁTICOS E ADAPTATIVOS SOBRE A GESTAÇÃO EM VACAS BRAFORD EM AMBIENTE TROPICAL ÚMIDO

RESUMO- O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos das características do pelame, da taxa de sudção e fatores meteorológicos sobre a taxa de gestação da primeira inseminação e de monta natural do período de outubro de 2003 a janeiro de 2004 em vacas e novilhas Braford. Após a observação de 667 fêmeas com 25 a 62,5% do Hereford na composição genética com uma primeira inseminação, destas 72,41% estavam gestantes aos 60 dias após final da EM. Na análise da taxa de gestação de 1497 fêmeas ao final da estação de monta 83,77% estavam gestantes. Foram obtidos ainda dados de taxa de sudção e das seguintes características do pelame: espessura da capa, refletância da superfície da capa, comprimento dos pêlos, diâmetro dos pêlos e número de pêlos por unidade de área. A contribuição relativa de cada variável para a probabilidade de gestação foi verificada por meio do modelo de regressão logística pelo procedimento “stepwise”. O modelo para a análise da gestação na primeira inseminação (G1IA) considerou as seguintes variáveis: composição genética da vaca; idade na inseminação; estado fisiológico; mês da inseminação; inseminador; turno da inseminação; espessura do pelame; comprimento; diâmetro e número de pêlos; refletância do pelame; taxa de sudção; temperatura máxima, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante do dia da inseminação e nos dias 1, 2 e 3 anteriores e posteriores e os valores médios da semana anterior e posterior à data da inseminação. O modelo para a análise da gestação na estação de monta (GEM) considerou as seguintes variáveis: composição genética; idade da vaca no início da estação de monta; estado fisiológico; espessura da capa do pelame; comprimento; diâmetro; número; refletância e taxa de sudção. A G1IA foi negativamente associada ($P < 0,05$) à pressão parcial de vapor do terceiro dia anterior à inseminação, à carga térmica radiante no segundo dia após a inseminação e à taxa de sudção. A GEM foi associada à espessura do pelame da vaca, ao genótipo, ao estado fisiológico e à idade. Concluiu-se que a pressão parcial de vapor maior que 3 kPa no terceiro dia anterior à inseminação causou redução da taxa de gestação. Cargas térmicas radiantes superiores a 700 w.m^{-2} causaram redução da taxa de gestação devido ao estresse térmico imposto ao embrião. Altas taxas de sudção foram associadas a

condições de estresse térmico severo e à redução da taxa de gestação. Outro fator importante foi a espessura do pelame. Fêmeas com capas de pelames pouco espessas (menor que 5mm) apresentaram maior taxa de gestação que aquelas com pelames maiores que 5 mm, o que indica condição de estresse térmico e queda no desempenho reprodutivo de animais com pelames não adequados ao clima tropical.

Palavras-Chave: adaptação, Braford, concepção, estresse térmico, gado de corte, inseminação artificial, pelame, sudação.

1 INTRODUÇÃO

A eficiência reprodutiva de bovinos de origem européia em ambientes tropicais é baixa se comparada ao desempenho em ambientes temperados. O melhoramento desta característica em rebanhos sob condições extensivas em áreas tropicais é difícil, devido aos efeitos do estresse térmico e da subnutrição periódica sobre o desempenho de animais de alto potencial de produção (FINCH, 1984), além de diferenças no desempenho reprodutivo das raças adaptadas ao ambiente tropical e as de clima temperado (FRISCH et al. 1987). Os zebuínos são predominantes em ambientes tropicais devido sua melhor tolerância ao calor e aos parasitas quando comparados com raças européias (HANSEN, 2004).

O insucesso no desempenho reprodutivo em bovinos inseminados resulta da falha na fertilização e da não sobrevivência do embrião. Vacas de corte em lactação apresentam variação de 60 a 100% nas taxas de fertilização, com média de 75,0% (SANTOS et al. 2004). Em revisão anterior, AYALON (1978) reportou taxas de fertilização (fecundação) de 95%, que usualmente é alta em bovinos, o que indica que a morte embrionária precoce é responsável por grande parte das perdas seguidas de inseminação (ZAVY, 1994), visto que a taxa de gestação média é de 75 % (SANTOS et al. 2004).

O estresse térmico é um dos fatores associados à falha na gestação e seus efeitos sobre a reprodução de vacas comprometem a esteroidogênese (ZERON et al., 2001), sendo observadas: alterações na duração e no comportamento sexual durante o estro (NEBEL et al., 1997); aumento da ocorrência de oócitos anormais (ZERON et al., 2001, AL-KATANANI et al., 2002; HANSEN, 2002); e de morte

embrionária precoce (PUTNEY et al., 1989; SARTORI et al., 2002). Em consequência, há redução significativa nas taxas de concepção (BADINGA et al., 1985; HANSEN, 1997; CARTMILL et al. 2001).

As características da superfície corporal externa (espessura da capa de pelame, número de pêlos por unidade de área, diâmetro e comprimento dos pêlos e cor do pelame) afetam as trocas de calor nos animais (HUTCHINSON & BROWN, 1969; CENA & MONTEITH, 1975a, b; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 1988; MCARTHUR, 1991; SILVA, 1999; SILVA et al., 2003). Além dessas características, as propriedades radiativas do pelame (refletância, transmitância, absorvância) são muito importantes para animais em ambientes abertos, como na pastagem, condicionando a resistência à radiação solar (SILVA, 2000a). Em geral, conforme SILVA (1999), o tipo mais vantajoso de bovino para regiões tropicais seria aquele com uma capa de pelame branco, o menos espesso possível, com pêlos curtos, grossos, numerosos e bem assentados sobre uma epiderme altamente pigmentada. Por outro lado, o resfriamento por evaporação cutânea é um dos mais importantes meios de controle térmico nos bovinos, sendo proporcionado pela sudação e favorecido pela movimentação do ar e morfologia do pelame (SILVA, 1999, GEBREMEDHIN & WU, 2002).

Apesar do interesse econômico da raça Braford para o Brasil, sob o ponto de vista da qualidade de carcaça, precocidade sexual e ganho de peso, pouco tem sido feito no sentido de se estudar os efeitos do ambiente tropical e das características adaptativas sobre o desempenho reprodutivo de animais em sistema extensivo de produção. O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos das características do pelame e da taxa de sudação e fatores meteorológicos sobre a concepção por inseminação ou em monta natural em vacas da raça Braford.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais, manejo e origem dos dados

Foram analisados dados da estação de monta do ano de 2003 de 1497 (Monta natural ou inseminação) e 667 (primeira inseminação) gestações em fêmeas Braford, produtos de cruzamentos Nelore x Hereford, nascidas entre 1998 e 2002 e pertencentes ao rebanho comercial da Fazenda Dom Arlindo, Fazendas Paquetá

Ltda, localizada em Naviraí, Estado de Mato Grosso do Sul (23°03'54"latitude Sul, 54°11'26" longitude Oeste, 403 m de altitude). Esta região apresenta clima tropical úmido caracterizado por invernos secos e verões chuvosos e quentes. A média mensal da temperatura máxima do ar variou de 21 a 33°C; a estação chuvosa vai do final de Setembro até Abril e a estação seca ocorre no inverno (de Maio a Agosto). A umidade relativa do ar variou de 60 a 75% (Figura 1). Durante o verão as altas temperaturas combinadas às elevadas taxas de umidade e à intensa radiação solar geram condições bastante estressantes.

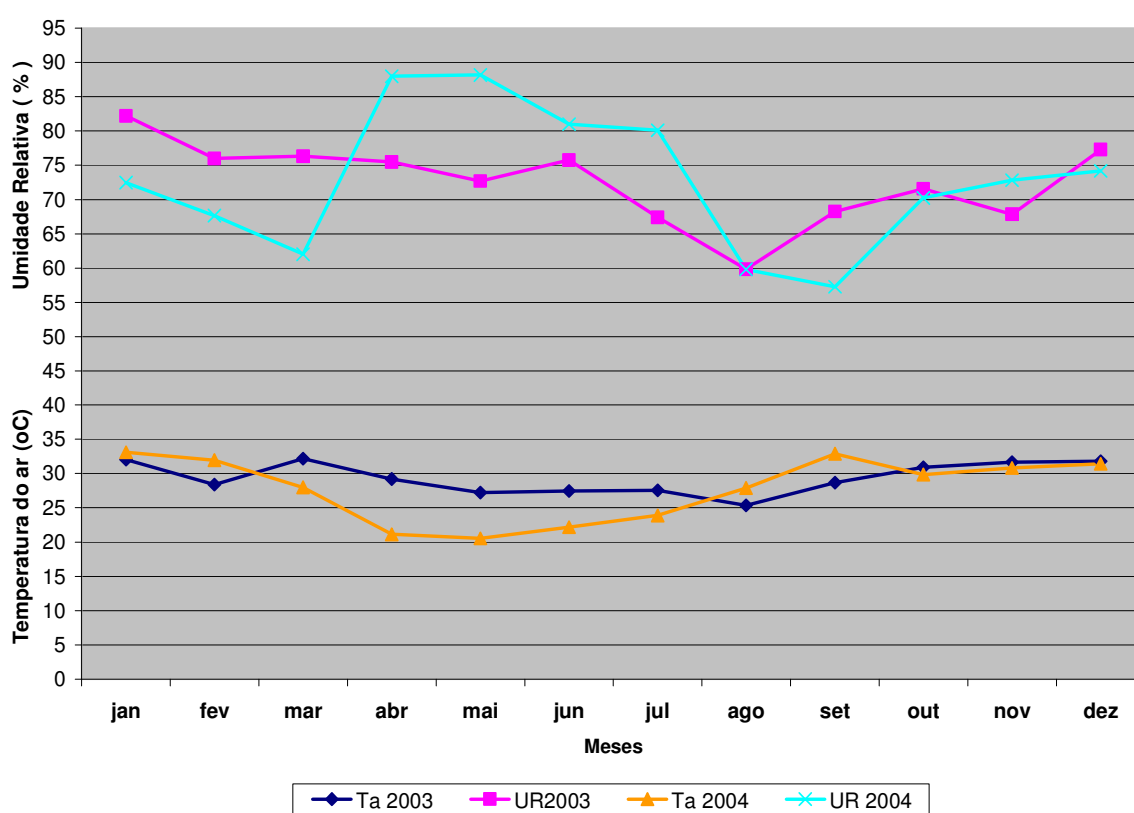


Figura 1. Médias mensais da temperatura máxima (Ta, °C) e umidade relativa (UR, %) para os anos de 2003 e 2004. Os dados foram obtidos da EMBRAPA Agropecuária Oeste (CPAO), Dourados, MS.

Os animais são manejados exclusivamente em pastagens (*Brachiaria brizantha*), sem áreas de sombra e sem qualquer suplementação, exceto minerais.

O rebanho é composto por animais com 25; 37,5; 50 e 62,5% de Hereford (He) na composição genética. Algumas das vacas nascidas em 1998 e 1999 com composições raciais 25 % He e 50 % He eram nascidas na Fazenda Cedro (Fazendas Paquetá Ltda, localizada em Ponta Porã, Estado de Mato Grosso do Sul),

de onde foram trazidas quando novilhas para a fazenda Don Arlindo, cujo rebanho foi estabelecido recentemente. Esta propriedade é associada à Conexão Delta G, um programa de melhoramento genético das raças Braford, Hereford e Nelore, cujo objetivo é a seleção de machos para precocidade sexual e de ganho de peso.

Os animais em estudo incluíam novilhas, vacas com bezerros (em lactação) e sem bezerros (vacas secas), com idades entre um a cinco anos, respectivamente, todas sendo filhas de 28 touros, inclusive de reprodutores múltiplos. Os animais foram manejados em 14 diferentes grupos de acordo com a composição racial, ano de nascimento e categoria (novilhas, vacas com bezerra, vacas com bezerro, vacas sem bezerros) em três diferentes retiros da Fazenda, durante a estação de monta do ano de 2003.

Ao atingir 260 kg (por volta de 306 a 527 dias de idade) as novilhas eram consideradas aptas para a reprodução; a estação de monta das mesmas era de 60 dias, dos quais 30 dias com inseminação artificial e o resto com diversos touros. Para as vacas com ou sem bezerros, a estação de monta foi de 90 dias ou menos, conforme o número de animais já inseminados no lote e a porcentagem de manifestação de cio.

A detecção de cio era realizada por observação visual no início da manhã e no final da tarde, com auxílio de rufiões. Doze horas após era feita a inseminação, realizada por um dos 10 técnicos, e aos 60 dias após o término da estação de monta era feito diagnóstico de gestação por palpação retal. Vacas não gestantes eram descartadas após o diagnóstico de gestação. Era dada uma segunda oportunidade somente para as novilhas, as quais foram expostas à reprodução na estação de monta seguinte (Abril a Maio), de modo que houve duas estações de monta anuais.

2.2 Gestação na primeira inseminação (G1IA)

A gestação na primeira inseminação foi definida como sendo a observação de vacas ou de novilhas com diagnóstico de gestação confirmado aos 60 dias após o término da estação de monta e com duração da gestação inferiores a 310 dias para a data da primeira inseminação. Animais que conceberam nestas condições foram codificados como “1” e aquelas com partos resultantes da segunda IA, de monta natural ou que não pariram foram codificadas como “0”.

2.3 Gestação ao final da estação de monta (GEM)

Gestação ao final da estação de monta foi definida como sendo a observação de vacas ou de novilhas com diagnóstico de gestação confirmado aos 60 dias após o término da estação de monta, considerando gestações resultantes tanto de inseminação artificial (até duas inseminações) ou de monta natural. Animais que conceberam nestas condições foram diagnosticados como gestantes e codificados como “1” e aquelas não gestantes como “0”.

2.4 Dados Meteorológicos

A temperatura do ar (T_a , °C), a umidade relativa (UR, %), temperatura do globo negro (T_{GN} , °C) e a velocidade do vento foram coletados diariamente entre 12:00 e 13:00 horas, durante toda a estação de monta no período de outubro de 2003 a janeiro de 2004.

A temperatura do ar e a umidade relativa foram medidas por meio de um psicrômetro portátil. A pressão parcial de vapor foi calculada a partir da temperatura máxima e da umidade relativa do ar como,

$$P_v = \left(\frac{UR}{100} \right) \left[0,61078 \times 10^{\frac{7,5T_a}{(T_a+237,5)}} \right] \quad (\text{kPa})$$

A temperatura do globo negro foi obtida por meio de um globo negro de 15 cm de diâmetro colocado em área de pastagem ensolarada, posicionado à altura média provável do centro do corpo dos animais. No mesmo local era tomada a velocidade do vento, que juntamente com T_{GN} que foi usada para o cálculo da carga térmica radiante (CTR, Wm^{-2}) conforme é descrito em SILVA (2002).

Foram atribuídos valores diários da temperatura do ar, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante para a data da primeira inseminação, dos três dias anteriores e posteriores e também os valores médios da semana anterior e posterior à inseminação.

As variáveis meteorológicas foram divididas em classes de acordo com a distribuição de frequência dos dados. Foram consideradas para a temperatura no dia da IA e nos três dias anteriores e posteriores 2 classes: 1= $\leq 29^\circ\text{C}$ 2= $> 29^\circ\text{C}$; para a temperatura média das semanas anteriores e posteriores a IA 3 classes: 1= $< 28,5^\circ\text{C}$;

2=28,5 a 30 °C e 3=>30°C; para a pressão parcial de vapor diária e média da semana 3 classes: 1=< 2,0 kPa; 2= 2 a 3 kPa; 3 = > 3kPa; para a carga térmica radiante diária e média das semanas 3 classes: 1= < 600 w.m⁻²; 2= 600 a 700 w.m⁻²; 3= > 800 w.m⁻².

2.5 Características do pelame

Foram analisadas a espessura da capa (E, mm), refletância da capa (R) e as seguintes medidas nos pêlos: comprimento médio (C, mm), número de pêlos por unidade de área (N, pêlos/cm²) e diâmetro médio dos pêlos (D, µm). As medições do pelame e a colheita de amostras de pêlos dos animais foram realizadas no período entre 27 de outubro e 21 de dezembro de 2003. As amostras de pêlos eram retiradas cerca de 20 cm abaixo da coluna vertebral, na região torácica mediana usando-se o método descrito por SILVA (2000a).

As características morfológicas do pelame (E, C, N e D) foram determinadas conforme os métodos descritos por SILVA (2000a). A espessura da capa de pelame era avaliada diretamente, no mesmo local de amostragem dos pêlos, usando-se uma régua metálica milimetrada e provida de um cursor. Para determinação de C foi tomada a média aritmética do comprimento dos dez maiores pêlos da amostra, eleitos por análise visual e medidos com paquímetro digital. A densidade numérica N foi estimada pela contagem do número de fibras da amostra, correspondente à área de 18 mm² de pele do animal; em seguida, era feita a conversão para número de pêlos por centímetro quadrado. O diâmetro médio D era determinado com um micrômetro digital, considerando-se a média aritmética dos diâmetros dos dez maiores pêlos da amostra.

A refletância da capa do pelame (R) foi definida de acordo com a seguinte fórmula:

$$R = r_{\text{vermelho}} (Pg) (Cp) + r_{\text{preto}} (Cp) + r_{\text{branco}} (Cp) + r_{\text{cinzento}} (Cp) (Pg) + r_{\text{cinza}} (Cp)$$

Em que, cada valor *r* refere-se à refletância (%) do pelame para cada cor (vermelho=0,513; preto=0,121; branco=0,621; cinza=0,512; cinzento=0,340, determinada para comprimentos de onda de 350 a 850nm conforme dados de SILVA et al.,2003). A combinação de cores do pelame (Cp) foi definida como a proporção de manchas do vermelho, do preto, do branco, do cinza ou do cinzento sobre a

superfície total do animal. Cinzento é a cor do pelame constituída de pelos brancos misturados com pretos. A pigmentação do pelame (Pg, %) era o tom ou a intensidade da cor (vermelho ou cinzento, em porcentagem) determinada por avaliação visual direta do animal, comparando-se com uma escala padrão colorida impressa (SILVA, 2000a); o padrão era colocado sobre a superfície a ser avaliada, atribuindo-se um valor entre zero e 100 conforme a coincidência das tonalidades (do branco puro aos tons de cinza ao preto ou do baio ao vermelho intenso) do pelame e do padrão. Não foram considerados os membros, cauda, cabeça e região inferior abdominal e torácica.

As variáveis do pelame foram analisadas como efeitos em classes de acordo com a distribuição de frequência dos dados e de modo que melhor se ajustassem aos modelos, sendo as seguintes classes formadas para a espessura do pelame (7 níveis para a variável G1IA, $\leq 2\text{mm}$; 3 mm; 4mm; 5mm; 6 mm; 7mm e $\geq 8\text{ mm}$), para o número de pêlos (5 níveis; $< 600\text{ pêlos/cm}^2$; 600-900 pêlos/cm²; 901-1200 pêlos/cm²; 1201-1500 pêlos/cm² e $> 1500\text{ pêlos/cm}^2$), para o diâmetro (3 níveis; $< 25\mu\text{m}$; 25-35 μm ; $> 36\mu\text{m}$); para o comprimento (4 níveis; $< 800\text{ mm}$; 800-1200 mm; 1201-1600 mm; $> 1600\text{ mm}$) e para a refletância da capa do pelame (3 níveis; $< 0,125\%$; 0,125-0,25%; $> 0,250\%$). Na análise da variável gestação da estação de monta (GEM) a espessura do pelame foi dividida em duas classes: (1) $< 5\text{ mm}$ e (2) $\geq 5\text{mm}$.

2.6 Taxa de sudação

A taxa de sudação foi determinada pelo método de SCHLEGER & TURNER (1965), baseado na contagem de tempo para que discos de papel impregnados com solução de cloreto de cobalto a 10% mudem sua cor de azul violeta para o róseo claro. Papel filtro Walttman número 1 foi banhado em solução de cloreto de cobalto a 10%, e então secado em temperatura ambiente. Finalmente re-desidratado (50°C), e discos de 0,50 cm de diâmetro foram cortados e re-desidratados.

Três discos eram rapidamente montados no centro de uma fita adesiva de celulose “Durex”, a qual era então fixada em lâmina de microscopia e estocada em um frasco hermeticamente fechado contendo sílica gel. As lâminas eram preparadas 24 horas antes do uso. A região torácica mediana, aproximadamente 20 cm abaixo da linha dorsal, foi escolhida como região conveniente para a medida, sendo depilada e limpa com pano seco para retirada da poeira e umidade da pele. A fita

adesiva com os discos de papel fixados era removida da lâmina e imediatamente fixada firmemente sobre a pele.

A duração do tempo para cada disco de papel mudar de cor foi determinada com um cronômetro e a média do tempo calculada. A taxa de sudção (TS) foi estimada pela seguinte equação de acordo com SCHLEGER & TURNER (1965):

$$TS = (22 \times 3600) / (2,06 \, t) = 38446,6 / t \quad (\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}),$$

em que t é o tempo médio em segundos. Foi feita uma observação para cada animal. As medidas foram realizadas no mês de Fevereiro de 2004; em cada dia de observação iniciavam-se às 08:00 h e terminavam às 18:00 h, sendo que eram coletados os dados de um mesmo grupo de manejo em um mesmo dia. Os animais eram trazidos para o curral, presos por volta das 7-8 horas ou 13- 14 horas, e mantidos lá sem acesso a sombra. As medidas eram feitas 30 min após os animais chegarem no curral para permitir que descansassem. A contenção dos animais era feita somente no momento da observação.

Para cada observação da taxa de sudção foram obtidas medidas da temperatura do ar, pressão parcial de vapor e da carga térmica radiante, sendo descrito no item anterior como foram calculadas a pressão parcial de vapor e a carga térmica radiante. A taxa de sudção foi ajustada por regressão sobre as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm⁻²) e hora da observação (13:00 h).

A taxa de sudção foi analisada em classes de acordo com a distribuição de freqüência dos dados e de modo que melhor se ajustassem aos modelos, sendo as seguintes classes formadas: 1=< 350 g m⁻² h⁻¹; 2=351-450 g m⁻² h⁻¹; 3=451-550 g m⁻² h⁻¹; 4=> 550g m⁻² h⁻¹

2.7 Análise estatística

As variáveis binárias gestação da primeira inseminação e gestação da estação de monta (“1”= gestante; “0”= não gestante) foi analisada por modelos de regressão logística múltipla, utilizando-se o procedimento PROC LOGISTIC do programa SAS (Statistical Analysis System) e o procedimento “backward stepwise”, sendo as variáveis continuamente removidas do modelo pelo critério estatístico de Wald, no caso de a significância ser maior que 0,05.

Inicialmente foram realizados estudos da distribuição das variáveis, com cálculos da frequência, mediana, valores mínimo e máximo. A partir das variáveis independentes foi feita a análise de regressão logística (*odds ratio* bruto com seus respectivos intervalos de confiança de 95%). Esta análise consistiu em se analisar separadamente cada uma das variáveis independentes com a variável dependente (gestante ou não gestante) e depois em conjunto, para identificar o quanto cada variável independente estava associada à gestação. As seguintes variáveis independentes foram não significativas ($P > 0,05$) ou causavam desajustes e foram descartadas dos modelos iniciais: pai; touro utilizado na inseminação; fazenda de nascimento; estação do nascimento (primeiro ou segundo semestre); retiro e grupo de manejo durante a estação de monta.

Interações de interesse foram testadas, mas foram não significativas e então removidas dos modelos. A multicolinearidade entre as variáveis independentes nos modelos foi investigada em modelo de regressão pelos fatores de inflação de variância (FIV) (PROC REG; *vif*, do programa SAS). Foi detectada colinearidade (alto valor dos fatores de inflação) entre as variáveis independentes grupo de manejo e idade (anos), permanecendo no modelo somente a idade.

Em uma segunda etapa, foi realizada a análise de regressão logística múltipla, a fim de identificar quais variáveis estariam afetando conjuntamente a taxa de gestação. Para isto foi utilizado o processo de seleção *stepwise*, que consiste em, a cada passo, eleger-se uma variável independente que possa melhor explicar a dependente, verificando-se posteriormente, se com a sua inclusão no modelo aquelas previamente escolhidas continuam sendo significantes.

A escolha do modelo a ser adotado para análise final foi feita com base no teste de Hosmer e Lemeshow de qualidade de ajustamento (HOSMER & LEMESHOW, 2000).

Após as análises preliminares, o modelo para a análise da gestação na primeira inseminação (G1IA) considerou as seguintes variáveis: composição genética da vaca; idade na inseminação; estado fisiológico; mês da inseminação; inseminador; turno da inseminação; espessura da capa do pelame; comprimento médio dos pêlos; diâmetro médio dos pêlos; número de pêlos; refletância do pelame; taxa de sudação; temperatura máxima, pressão parcial de vapor e carga térmica radiante do dia da inseminação e nos dias 1, 2 e 3 anteriores e posteriores e valores médios da semana anterior e posterior à data da inseminação.

O modelo para a análise da gestação na estação de monta (GEM) considerou as seguintes variáveis: composição genética; idade da vaca no início da estação de monta; estado fisiológico; espessura da capa do pelame; comprimento médio dos pêlos; diâmetro médio dos pêlos; número de pêlos; refletância do pelame e taxa de sudação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de gestação média aos 60 dias após o término da estação de monta (outubro a dezembro de 2003 e janeiro de 2004), a qual incluiu gestações de inseminação artificial e monta natural (n=1497), foi de 83,77% e a taxa de gestação resultante da primeira inseminação (n=667) foi de 72,41% em novilhas, vacas secas e em lactação cruzadas Nelore-Hereford de composições variando de 25 a 62,5% Hereford.

No estudo de GRECELLÉ et al. (2006), a taxa de prenhes foi de 43, 2 %, em 117 vacas de corte Nelore x Hereford com diferentes frações gênicas do Nelore (25,0; 37,5; 50,0 e 100,0%) com idades entre 2 e 20 anos, localizadas no estado do Paraná e acasaladas, por monta natural, entre 10/12/03 e 12/03/04.

Com respeito ao desenvolvimento embrionário precoce, segundo a revisão de AYALON (1978), a taxa de fertilização (até sete dias de gestação) em bovinos é por volta de 95%. SANTOS et al. (2004) mostraram variação de 60-100% de concepção na primeira semana do desenvolvimento embrionário, em estudos com vacas de corte superovuladas em lactação ou não. Em vacas de leite da raça Holandesa na França, HUMBLLOT (2001) observou que a morte embrionária precoce e tardia, após a primeira inseminação foi de 31,6 e 14,7%, respectivamente. Segundo SANTOS et al. (2004), a mortalidade embrionária entre 30 e 45 dias de gestação em vacas de leite é de aproximadamente 12,8 %, mais alta que a observada em vacas de corte (BEAL et al., 1992). A taxa de concepção aos 90 ou 180 dias, segundo a revisão de SANTOS et al. (2004) é de 32 e 30 %, respectivamente. Os resultados do presente estudo para as taxas de gestação com durações da gestação superiores a 60 dias para a primeira inseminação (72,41%) e ao final da estação de monta (83,77%) foram próximos aos encontrados na literatura.

Os valores médios das características do pelame, taxa de sudação e fatores

meteorológicos, desvios-padrão, variações máximas e mínimas estão apresentados na Tabela 1.

De modo geral, os animais apresentaram valores baixos para a espessura (3,76 mm); densidade numérica do pelame (1002 pêlos/cm²); comprimento (10,54 mm) e diâmetro dos pêlos (31,06 µm). É interessante destacar que o resultado geral do rebanho mostrou menor adequação de algumas das características do pelame para o ambiente tropical; por exemplo, o diâmetro médio observado foi inferior (31,06 µm) aos 45 µm reportado por PETERS & SLEN (1964) em animais da raça Hereford no Canadá. Entretanto, uma espessura de pelame de apenas 3,76 mm é altamente vantajosa para um ambiente tropical, bem como uma maior densidade numérica do pelame.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis meteorológicas, da taxa de gestação na primeira inseminação (G1IA), gestação na estação de monta (GEM), características do pelame de vacas Braford durante o período da inseminação artificial (outubro a dezembro de 2003).

Variáveis	n	Média	D. p.	Mínimo	Máximo
G1IA (%)	667	67,92	46,71	0,00	1,00
GEM (%)	1497	83,76	36,88	0,00	1,00
Espessura (mm)	1497	3,76	1,65	1,00	12,00
Número (pêlos/cm ²)	1497	1002,00	501,51	319,00	4851,00
Comprimento (mm)	1497	10,54	3,86	4,20	26,50
Diâmetro (µm)	1497	31,06	8,08	11,00	69,00
Refletância (%)	1497	0,17	0,12	0,01	0,62
Sudação (gm ⁻² h ⁻¹) ^a	1497	481,69	125,67	135,68	938,01
T _a (°C)	1497	30,05	2,80	20,00	37,00
P _v (kPa)	1497	2,52	0,60	0,47	4,57
CTR (Wm ⁻²)	1497	672,56	88,63	380,15	949,78

^a taxa de sudação ajustada para as mesmas condições de temperatura do ar (31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm⁻²) e hora da observação (13:00 h), T_a= temperatura máxima do ar; P_v= Pressão parcial de vapor; CTR= carga térmica radiante.

A taxa de sudação média (481,69 g m⁻²h⁻¹) foi maior que os valores observados por SILVA et al. (1988) para vacas Jersey em Ribeirão Preto (123,3gm⁻²h⁻¹) e em São Carlos (113,3 g m⁻²h⁻¹), SP, Brasil. Esse resultado foi próximo ao obtido por SCHLEGER & TURNER (1965), em bovinos Hereford x Shorthorn (488 gm⁻²h⁻¹) e Brahman x Shorthorn (500 gm⁻²h⁻¹), na Austrália durante o verão. Isso pode indicar uma adaptação significativa.

Com relação aos fatores meteorológicos durante o período de outubro a dezembro de 2003, a temperatura máxima média observada foi de 30,05°C, variando

de 20 a 37°C; a carga térmica radiante média foi de 672,56 Wm⁻² (variou de 380,15 a 949,78 Wm⁻²) e a pressão parcial de vapor média foi igual a 2,52 kPa, com variação de 0,47 a 4,57 kPa.

A composição genética da vaca, a idade na inseminação, o estado fisiológico, o mês da inseminação, o inseminador, o turno da inseminação e todas as características do pelame não foram associadas ($P>0,05$) à taxa de gestação na primeira inseminação, em análise de regressão logística. Foram, portanto, descartadas do modelo final.

Na Tabela 2 estão apresentadas as porcentagens de gestação, as razões de chances e os intervalos de confiança (95%) das variáveis independentes significativas ($P<0,05$) incluídas no modelo final da taxa de gestação na primeira inseminação em vacas Braford. Foram significativos os efeitos da pressão parcial de vapor no terceiro dia antes de inseminação, a carga térmica radiante no segundo dia após a inseminação e a taxa de sudação.

Animais inseminados e expostos à pressão parcial de vapor do ar entre 2 e 3 kPa no terceiro dia anterior à inseminação apresentaram uma razão de chances 2,53 maior de sucesso na gestação (77,18% de gestações) que as fêmeas expostas à pressão parcial de vapor superior a 3 kPa, com 69,27 % de sucesso na gestação, o que indica o efeito negativo da elevada umidade do ar durante o período de 3 dias antes da inseminação.

Quando a temperatura ambiente excede a temperatura crítica superior do organismo, mecanismos evaporativos mantêm o balanço térmico e a evaporação cutânea e/ ou a respiração tornam-se importantes mecanismos de dissipação de calor (STEVENSON, 1981), sendo que 80% do calor corporal são perdidos desta maneira (SHEARER & BEEDE, 1990). Os mecanismos evaporativos dependem do gradiente de pressão de vapor entre o animal e o ambiente; sendo que o gradiente é grande em condições de baixa umidade e alta velocidade do vento (GEBREMEDHIN & WU, 2002). A elevada quantidade de vapor de água presente na atmosfera é um fator limitante para a perda de calor por evaporação cutânea ou respiratória.

As vacas têm a fertilidade reduzida durante a fase imediatamente anterior ao estro (WOLFENSON et al., 1995; ROTH, et al., 2001a; b; ZERON et al., 2001), porque os folículos ovarianos são susceptíveis aos efeitos adversos do estresse térmico. O choque térmico no oócito interrompe a subsequente clivagem e o desenvolvimento do embrião sob temperatura e estágio específicos (ROTH et al.,

2001a; b). O estresse térmico pode causar também aumento de degeneração celular das células da teca e granulosa comprometendo a esteroidogênese e provavelmente redução na produção de progesterona pelo corpo lúteo formado após a ovulação do folículo afetado pelo estresse térmico, reduzindo, desta maneira a qualidade e o desenvolvimento do embrião (HANSEN & ARECHIGA, 1999; WOLFENSON et al., 2000; ROTH et al., 2001a; b). Em conjunto, estes efeitos provavelmente estão associados a baixa taxa de gestação observada no presente estudo devido a elevada umidade do ar associada a temperaturas do ar comumente elevadas no clima da região em estudo.

Não houve diferença significativa para pressões de vapor inferiores a 2 kPa, apesar de apresentarem razão de chances 1,41 maior que os animais em condições de pressão de vapor superior a 3kPa (Tabela 2).

A carga térmica radiante no segundo dia de gestação afetou ($P < 0,05$) negativamente a taxa de gestação. Animais inseminados e expostos a carga térmica radiante entre 600 e 700 w.m^{-2} apresentaram uma razão de chances 2,57 vezes maior de sucesso na gestação (77,13% de gestações) que as fêmeas expostas a radiações superiores a 700 w.m^{-2} , com 66,20 % de sucesso na gestação, o que indica o efeito negativo da carga térmica radiante sobre a fêmea no segundo dia do desenvolvimento embrionário causando a mortalidade embrionária. As fêmeas submetidas a cargas térmicas radiantes inferiores a 600 w.m^{-2} durante o segundo dia da gestação (total de 70,13 % de sucesso) apresentaram razão de chances igual a 1,19, o que indica maior probabilidade de estarem gestantes que suas contemporâneas submetidas à radiações superiores a 700 w.m^{-2} , das quais 66,20 % estavam gestantes.

Tabela 2. Razão de chances (“odds ratios”) e intervalos de confiança dos efeitos sobre a gestação na primeira inseminação (G1IA) no modelo múltiplo de logística final em 667 vacas Braford, em Naviraí, MS.

Efeitos	Classes	n	G1IA (%) ^a	Razão de chances	IC (95%)	P
Pv_m -3dia	< 2,0 kPa	103/155	66,45 ^{ns}	1,41	0,84-2,36	0,0002
	2 a 3 kPa	247/320	77,18 ^{**}	2,53	1,85-4,15	
	> 3kPa	133/192	69,27	1,00	-	
CTR+2 dia	< 600 w.m ⁻²	87/123	70,73 ^{ns}	1,19	0,73-1,95	0,0005
	600 a 700 w.m ⁻²	253/328	77,13 ^{**}	2,57	1,62-4,07	
	> 700 w.m ⁻²	143/216	66,20	1,00	-	
Sudação	< 350 g m ⁻² h ⁻¹	79/105	75,24 ^{ns}	1,73	1,02-2,97	0,0264
	351-450 g m ⁻²	138/182	75,84 ^{ns}	1,68	1,06-2,67	
	451-550 g m ⁻²	145/192	75,15 ^{ns}	1,73	1,10-2,72	
	> 550g m ⁻² h ⁻¹	121/188	64,36	1,00	-	

Pv_m -3dia = pressão parcial de vapor no terceiro dia anterior à inseminação artificial, kPa;

CTR+2 dia= carga térmica radiante no segundo dia após a inseminação, w.m⁻²

^a Estimativas de valores de $Pr > X^2$ ** P<0,05 pelo método da máxima semelhança restrita (ultima classe é referência) após teste de seleção das variáveis por “Stepwise” ; testando a hipótese nula, $\beta=0$, para o teste da máxima semelhança restrita $X^2 = 33,21$; 7 g.l.; P= <0,0001; Teste de desempenho do modelo de Hosmer e Lemeshow = 10,77; 8 g.l.; P = 0,2151 (modelo final). ** P<0,05

A mortalidade embrionária causada pelo estresse térmico *in vivo* varia muito, devido às diferenças na resistência às altas temperaturas durante a fecundação ou desenvolvimento do embrião (EDWARDS & HANSEN, 1997). Os embriões bovinos são sensíveis ao estresse térmico materno durante os sete primeiros dias de gestação (GORDON et al., 1987; PUTNEY et al., 1988a,b; PUTNEY et al., 1989). O desenvolvimento embrionário de novilhas superovuladas mantidas sob condições hipertérmicas, nos dias 1, 2, 3, 5 e 7 do período de 7 dias que se inicia 30 horas depois do cio, apresenta elevada incidência de embriões degenerados ou retardados, sendo que a resistência aumenta no terceiro dia (PUTNEY et al., 1988b).

O aumento da termo-tolerância observado do terceiro para o quarto dia do desenvolvimento embrionário corresponde ao período da troca materno-zigótica da expressão genética em embriões bovinos (JU et al., 1999).

Com o avançar da gestação, a partir do terceiro dia (8 a 16 células) ocorre maior síntese protéica (BARNES & EYESTONE, 1990), destacando-se as proteínas antichoque térmico. Da fase de zigoto até antes da fase de mórula o embrião é sensível a alterações do ambiente uterino, especialmente a hipertermia (EDWARDS et al., 2001). O estresse térmico 16 após a inseminação artificial de vacas de corte, não afetou o desenvolvimento embrionário e a produção hormonal e consequentemente a concepção, segundo BIGGERS et al. (1987).

A taxa de sudação ajustada para as mesmas condições de temperatura do ar

(31°C), pressão parcial de vapor (2,00 kPa), carga térmica radiante (651 Wm^{-2}) e hora da observação (13:00 h), apresentou associação significativa ($P < 0,05$) na análise de regressão logística apresentada na Tabela 2. Animais adaptados ao ambiente tropical apresentam maior taxa de sudção que os animais não adaptados.

Os animais com taxa de sudção inferior a $350 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$ apresentaram razão 1,79 maior que as fêmeas com sudção superior a $550 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$; e animais com os valores intermediários de sudção apresentaram razão de chances 1,73 e 1,83 maiores que a classe referência (razão igual a 1 da classe de taxa de sudção maior que $550 \text{ gm}^{-2}\text{h}^{-1}$).

Além das perdas de calor por convecção e radiação (calor sensível), a habilidade dos animais em resistir a altas temperaturas é também proporcional à sua capacidade de eliminar calor latente através da evaporação de água. ALLEN et al. (1970) mostraram que vacas mestiças $\frac{1}{2}$ Jersey $\frac{1}{2}$ Zebu expostas à radiação solar direta apresentavam elevação marcante na frequência respiratória e na temperatura da superfície cutânea. No entanto, a temperatura retal manteve-se constante enquanto a evaporação cutânea passou de 70 para 250 W m^{-2} ; o que ressalta a grande importância da evaporação cutânea para aliviar o estresse térmico causado pelo ganho de calor por radiação solar direta.

Segundo SCHLEGER & TURNER (1965) os bovinos mestiços de Zebu com raças européias têm taxas de sudção maiores que os europeus puros sob as mesmas condições de temperatura, o que indica maior adaptação ao calor para animais com maior produção de suor. Entretanto, a taxa de sudção inicial sob estresse térmico pode ser maior para raças não adaptadas (FINCH, 1985) como um mecanismo de compensação para a ineficiência dos outros mecanismos termoreguladores, não adequados para ambientes de altas temperaturas. Os taurinos tendem a responder mais rapidamente que os zebuínos em termos de sudção, enquanto estes últimos só recorrem à sudção quando sob extremo estresse térmico; em adição, os zebuínos têm taxas limites de sudção muito mais elevadas que as dos taurinos.

Uma possível explicação para os resultados do presente estudo em que animais com maior taxa de sudção apresentaram menor taxa de gestação pode ter sido em consequência de uma provável situação de estresse térmico extremo. Em consequência, por serem animais mais sensíveis ao aumento da temperatura ambiente, entram em hipertermia com facilidade o que reduz a taxa de concepção.

Na Tabela 3 estão apresentadas as porcentagens de gestação ao final da estação de monta, as razões de chances e os intervalos de confiança (95%) das variáveis independentes significativas ($P < 0,05$) incluídas no modelo final da taxa de gestação em vacas Braford. Foram significativos os efeitos da espessura do genótipo, estado fisiológico espessura do pelame e a idade no início da estação de monta.

Tabela 3. Razão de chances (“odds ratios”) e intervalos de confiança dos efeitos sobre a gestação ao final da estação de monta (GEM) de 1497 vacas Braford em Naviraí, MS.

Efeitos	Classes	n	GEM (%) ^a	Razão de chances	IC (95%)	P
Genótipo	25,0% He	324/405	80,00**	0,28	0,49-1,62	0,0001
	37,2% He	56/67	83,58 ^{ns}	0,39	0,18-0,85	
	50,0% He	594/714	83,19 ^{ns}	0,46	0,27-0,77	
	62,5% He	280/311	90,03	1,00	-	
Espessura	≤5mm	1094/1300	84,15**	1,92	1,20-3,07	0,0066
	>5mm	160/197	81,22	1,00	-	
Estado fisio.	Novilhas	442/516	81,78 ^{ns}	0,43	0,15-1,05	0,0141
	V.secas	231/302	76,49 ^{ns}	0,55	0,33-0,81	
	V.lactação	581/679	85,57	1,00	-	
Idade na IA	1 ano	217/263	82,51 ^{ns}	1,66	0,58-4,70	0,0003
	2 anos	289/326	88,65**	3,51	1,38-8,90	
	3 anos	172/189	91,00 ^{ns}	1,55	0,83-2,90	
	4 anos	364/466	78,11**	0,91	0,57-1,48	
	5 anos	212/253	83,79	1,00	-	

^a Estimativas de valores de $\text{Pr} > \chi^2$ ** $P < 0,05$ pelo método da máxima semelhança restrita após teste de seleção das variáveis por “Stepwise” ; testando a hipótese nula, $\beta=0$, para o teste da máxima semelhança restrita $\chi^2 = 47,82$; 8 g.l.; $P < 0,0001$. Teste de desempenho do modelo de Hosmer e Lemeshow $\chi^2 = 10,18$; 9 g.l.; $P = 0,34$ (modelo final).

Vacas ou novilhas com 25% de Hereford em sua composição genética foram 0,28 vezes mais susceptíveis a manterem a gestação ou seja destas 80% estavam prenhes, que fêmeas com 62,5 % do Hereford na composição racial, com 90,03% de prenhez. Vacas de composição 37,5 ou 50 % do Hereford não diferiram daquelas com 62,5% He. Estes resultados indicam bom desempenho reprodutivo das fêmeas com maior proporção do Hereford na composição racial.

A espessura do pelame foi um fator significativo ($P=0,006$) associado à taxa de gestação. Um total de 84,15 % das fêmeas com espessuras inferiores a 5 mm da capa de pelame apresentaram razão de chances de estarem gestantes 1,92 vezes maior que os animais com espessura superior a 5mm (razão igual a 1), sendo que 81,22% destas mantiveram a gestação. Estes resultados indicam o efeito deletério

de capas de pelame espessas as quais aumentam a resistência a perda de calor e, conseqüentemente, conduzem ao estresse térmico resultando em menores taxas de gestação.

BERTIPAGLIA et al. (2005) evidenciaram a importância dos efeitos deletérios da capa de pelame sobre o desempenho reprodutivo de vacas Holandesas sob sistema intensivo de estabulação livre com resfriamento por ventiladores e aspersores. Os animais com capa de pelame de espessura superior a 3 mm apresentaram maior número de inseminações (2,78) por concepção que aquelas com capas menores que 2 mm de espessura (2,40 inseminações).

Os efeitos deletérios da capa de pelame não adequada ao ambiente tropical foram verificados por OLSON et al. (2003), os quais observaram temperatura corporal mais baixa ($0,34^{\circ}\text{C}$ menor) em bovinos classificados com tipo de pelame curto e bem assentado. A frequência respiratória para estes foi 12,4 movimentos por minuto a menos que os animais classificados como de pelame normal em bovinos cruzados $\frac{3}{4}$ Holstein: $\frac{1}{4}$ Senepol, na Flórida. Nos bovinos de raças Britânicas, o tipo de pelame é altamente correlacionado à tolerância ao calor, sendo empregado como um índice de adaptação em ambientes tropicais (TURNER, 1962).

Outro fator importante associado à gestação que apresentou resultado significativo ($P < 0,05$) na análise de regressão logística do modelo 1 foi o estado fisiológico dos animais, entretanto, no teste de máxima semelhança restrita não foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) entre novilhas e vacas em lactação ou entre novilhas e vacas secas. O melhor desempenho foi observado em vacas em lactação com 85,57 das vacas gestantes (razão de chances igual a um) em comparação com as novilhas (razão de chances = 0,43; intervalo de confiança: 0,15-1,15; $P = 0,01$).

Com relação à idade, sua associação com a taxa de gestação, apesar de significativa ($P < 0,05$), estabeleceu relação de difícil explicação biológica, pois as primíparas apresentaram melhor desempenho que novilhas e múltíparas. As novilhas geralmente apresentam altas taxas de concepção e com relação às múltíparas quanta a ocorrência de gestações foi 3,51 vezes maior em vacas com dois anos de idade em comparação com aquelas de cinco anos (Tabela 3).

Segundo LUCY et al (1992), a atividade ovariana é marcadamente diminuída em primíparas comparadas com múltíparas, em gado leiteiro. Entretanto, as vacas primíparas podem ser menos sensíveis aos efeitos deletérios da atividade ovariana

sobre a involução uterina porque têm menor taxa de infecção pós-parto que as vacas múltíparas (HARMAN & GROHN, 1996).

4 CONCLUSÕES

Houve redução da concepção devido ao estresse térmico, pois alta umidade do ar durante o terceiro dia anterior à inseminação e elevada carga térmica radiante no segundo dia após a inseminação foram associados à redução da taxa de concepção. Mecanismos envolvendo a produção de hormônios, a qualidade do oócito ovulado e o desenvolvimento embrionário, provavelmente, foram causas da queda da fertilidade das fêmeas sob estresse térmico.

Animais com capas de pelames mais espessas mostraram-se inadequados ao ambiente tropical úmido, pois foram associados à menor taxa de concepção.

A inadequação dos animais ao ambiente térmico foi observada pela alta produção de suor associada a baixas taxas de gestação. Em animais não adaptados, sob estresse térmico intenso, a maior produção de suor é um mecanismo de compensação para a ineficiência dos outros mecanismos termoreguladores.

As fêmeas com maior proporção do Hereford em seu genótipo mostraram melhor taxa de gestação que aquelas com a menor proporção ao final da estação de monta. Animais. Deve dar preferência à animais com tipo de pelame adequado (capa de pelame pouco espessa, densa e com pêlos grossos, bem assentados e curtos) às condições do clima tropical úmido para favorecer as perdas de calor sensível e latente.

REFERÊNCIAS

- ABCZ: EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sumário de touros. avaliação nacional de touros das raças zebuínas. Raça nelore.** Edição 2001. Uberaba: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu e EMBRAPA Gado de Corte, 2001. CD-ROM.
- AHMAD, N.; SCHRICK, F. N.; BUTCHE, R. L.; INSKEEP, E. K. Effect of persistent follicles on early embryonic losses in beef cows. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 52, p. 1129-1135, 1995.
- ALENCAR, M. M.; BEOLCHI, E. A.; COSTA, J. L. et al. Intervalo entre partos de vacas Canchim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 237-241, 1984.
- ALENCAR, M. M.; NOVAES, A. P.; BARBOSA, R. T. Características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore e cruzadas 1/2 Canchim + 1/2 Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 960-967, 1999.
- ALLEN, T. E. Responses of Zebu, Jersey and Zebu x Jersey crossbred heifers to rising temperature with particular reference to sweating rate. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 13, p. 165-179, 1962.
- ALLEN, T. E.; PAN, Y. S.; HAYMAN, H. R. The effect of feeding on evaporative heat loss and body temperature in Zebu and Jersey heifers. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 14, p. 580-593, 1963.
- ALLEN, T. E.; BENNETT, J. W.; DONEGAN, S. M.; HUTCHISON, J. C. D. Moisture, its accumulation and site of evaporation in the coats of sweating cattle. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 74, p. 247-259, 1970.
- ANDRIANAKIS, P.; WALKER, D. Effect of hipertermia on uterine and umbilical blood flows in pregnant sheep. **Experimental Physiology**, Cambridge, v. 79, p.1-13, 1994.
- ARGOV, N.; MOALLEM, U.; SKLAN, D. Summer heat stress alters the mRNA expression of selective-uptake and endocytosis receptors in bovine ovarian cells **Theriogenology**, Stoneham, v. 64, p.1475–1489, 2005.

ARMSTRONG, J. D.; BRITT, J. H.; COX, N. M. Seasonal differences in function of the hypothalamus-hypophyseal-ovarian axis in weaned primiparous sows. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v.78, p.11-20, 1986.

ARNOLD, S. F., 1981. **The theory of linear models and multivariate analysis**, Wiley. New York, EUA. 475p.

AUSTIN, E. J.; MIHM, M.; RYAN, M. P.; WILLIAMS, D. H.; ROCHE, J. F. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 2219-2226, 1999.

AYALON, N. 1978. A review of embryonic mortality in cattle. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 54, p.483–493, 1978.

BADINGA, L.; COLLIER, R. J.; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, p. 78-85, 1985.

BADINGA, L.; THATCHER, W. W.; DIAZ, T.; DROST, M.; WOLFENSON, D. Effects of Environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows **Theriogenology**, Stoneham, v.39, p.797-810, 1993.

BAKER, M. A. Effect of dehydration and rehydration on thermoregulatory sweating goats. *J. Physiol. Lond.* v. 417, p. 421-435, 1989.

BARNES, F. L.; EYESTONE, W. H. Early cleavage and maternal zygotic transition in bovine embryos. **Theriogenology**, Stoneham, v. 33, p. 141-152, 1990.

BARROS, C. M.; PEGORER, M. F.; VASCONCELOS, J. L. M.; EBERHARDT, B.G.; MONTEIRO, F. M. Importance of sperm genotype (indicus versus taurus) for fertility and embryonic development at elevated temperatures **Theriogenology**, Stoneham, v. 65, p. 210–218, 2006.

BEAL, W.E.; PERRY, R.C.; CORAH, L.R. The use of ultrasound in monitoring reproductive physiology of beef cattle. **Journal Animal Science**, v. 70, p.924–929, 1992.

BECERRIL, C. M.; WILCOX, C. J.; LAWLOR, T. J.; WIGGANS, G. R.; WEBB, D. W. Effects of percentage of white coat color on Holsteins production and reproduction in a subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 2286-2291, 1993.

BELL, D.J.; SPITZER, J.C.; BURN, G.L. Comparative effects of early weaning or once-daily suckling on occurrence of postpartum estrus in primiparous beef cows. **Thereogenology**, v.50, p. 707-715, 1998.

BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Produtividade e eficiência biológica de sistemas pecuários de cria diferindo na idade das novilhas ao primeiro parto e na taxa de natalidade do rebanho no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n. 4, p.1278-1286, 2001.

BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de produção de gado de corte de ciclo completo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n. 2 , p. 991-1001, 2002.

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

BERTAM MEMBRIVE, C. M. **Estudo da sincronização das ondas foliculares e das características de estro, por radiotelemetria, em novilhas cruzadas (*Bos taurus indicus* × *Bos taurus taurus*) tratadas com acetato demelengestrol e prostaglandina F2a associados a hCG, GnRH ou 17_ estradiol+progesterona**, Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.

BERTIPAGLIA, E. C. A.; SILVA, R. G.; MAIA A. S. C. Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environment. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v.2, n.3, p.187-194, 2005.

BERTIPAGLIA, E. C. A.; SILVA, R. G.; MAIA A. S. C.; CARDOSO, V. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características do pelame e de desenvolvimento reprodutivo de vacas holandesas em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n. 2, p. ***-***, 2007a.

BERTIPAGLIA, E. C. A.; SILVA, R. G.; CARDOSO, V. FRIES, L. A. Hair coat characteristics and sweating rate of Braford cows in Brazil **Livestock Science**, Amsterdam, in press, 2007b. *on line* <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.159> (acesso em 01/02/07)

BIGGERS, B. G.; GEISERT, R. D.; WETTEMAN, R. P.; BUCHANAN, D. S. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.64, p.1512-1518, 1987.

BLEACH, E. C. L.; GLENCROSS, R. G.; KNIGHT, P. G. Association between ovulatory follicle development and pregnancy rates in spontaneously cycling dairy cows. In: WINTER MEETING SOCIETY FOR THE STUDY OF FERTILITY, 1998, Aachen. **Abstracts** ...p.30.

BLIGH, J.; JOHNSON, K. G. Glossary of terms for thermal physiology. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.35, p. 941-961, 1973.

BLOCK, J.; CHASE JR., C. C.; HANSEN, P. J. Inheritance of resistance of bovine pre-implantation embryos to heat shock: relative importance of the maternal vs. paternal contribution. **Molecular and Reproduction Development**, New York, v. 63, p.32–37, 2002.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MARTINEZ, M. F. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v.78, p. 307–326, 2003.

BOLDMAN, K. G.; KRIESE, L. A.; VAN VLECK, L. D. **A manual for use for MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances**. Lincoln: Department of Agriculture; Agricultural Research Service, 2002. 129p.

BORGES, F. M. A.; SILVA, R. G. Relação entre as características do pelame, taxa de sudção e comportamento de vacas Holandesas na pastagem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1., 1986, Fortaleza. **Anais...** v. 1, p. 109.

BRITO, L. F.; SILVA, A. E.; BARBOSA, R. T.; KASTELIC, J. P. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production, **Theriogenology**, Stoneham, v.61, p. 511–528, 2004.

BRITT, J.H.; SCOTT, R.G.; ARMSTRONG, J.D.; WHITACRE, M.D. Determinants of estrous behaviour in lactating Holstein cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.69, p. 2195-2202, 1986.

BUENO, R. S.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P.; TORRES, R. A.; MOURÃO, G. B.; BALIEIRO, J. C. C.; MATTOS, E. C. ; PEDROSA V. B. Genetic parameters of growth and adaptive traits in a composite beef cattle population (*bos taurus* x *bos indicus*). IN: **8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil (CD- rom)

BURFENING, P. J.; ULBERG, L. C. Embryonic survival subsequent to culture of semen rabbit spermatozoa at 38° and 0°C. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v.15, p. 85, 1968.

BURROW, H. M. Variances and covariances between productive and adaptive traits and temperament in a composite breed of tropical beef cattle **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.70, p. 213–233, 2001.

CARTIMILL, J.A.; EL-ZARKOUNY, S.Z.; HENSLEY, B.A.; ROZEL, T.G.; SMITH, J.F.; STEVENSON, J.S. Na alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperature before or after calving or both. **Journal Dairy Science**, Champaign, , v.84, p. 799-806, 2001.

CARVALHO, F. A.; LAMMOGLIA, M. A.; SIMOES, M. J.; RANDEL, R. D. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, p. 3570–3573, 1995.

CAVESTANY, D.; EI-WHISHY, A. B.; FOOT, R. H. Effect of season and fertility of Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign,v.68, p.1471-1478, 1985.

CENA, K.; MONTEITH J. L. Transfer processes in animal coats. 1. Radiative transfer. **Proceedings of Royal Society of London Biological Sciences**, London, v. 188, p. 377-393, 1975a.

CENA, K.; MONTEITH J. L. Transfer processes in animal coats. 3. Water vapour diffusion. **Proceedings of Royal Society of London Biological Sciences**, London, v.188, p. 413-423, 1975b.

CHANDOLIA, R. K.; REINERTSEN, E. M.; HANSEN, P. J. Short communication:Lack of breed differences in responses of bovine spermatozoa to heat shock. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.82, p.2617-2619, 1999.

CICCIOLI, N. H. ; WETTEMANN, R. P.; SPICER, L. J.; LENTS, C. A. ;WHITE, F. J.; KEISLER D. H. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 3107–3120, 2003.

COLLIER, R. J.; DOELGER, S. G.; HEAD, H. H.; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Effect of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cow. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 54, p.309-319, 1982.

CORBET, N. T.; SHEPHERD, R. K.; BURROW, H. M.; VAN DER WESTHUIZEN, J.; STRYDOM, P. E., BOSMAN, D. J. Evaluation of Bonsmara and Belmont Red cattle breeds in South Africa. 1. Productive performance. **Australian Journal of Experimental Agriculture, East Melbourne**, v.46, n. 2, p.199-212, 2006.

DARWIN, C. R. **On the Origin of Species**. London: John Murray, 1859, p.373 *on line*<http://darwinonline.org.uk/content/frameset?itemID=F373&viewtype=text&pageseq=1>(acesso em 25/11/2006)

DE LA SOTA, R. L.; BURKE, J. M.; RISCO, C. A.; MOREIRA, F.; DE LORENZO, M. A.; THATCHER, W. W. Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. **Theriogenology**, Stoneham, v. 49, p.761-770, 1998

DE RENSIS, F.; MARCONI, P.; CAPELLI, T.; GATTI, F.; FACCIOLOGO, F.; FRANZINI, S. Fertility in postpartum dairy cows in winter or summer following estrus synchronization and fixed time AI after the induction of an LH surge with GnRH or hCG. **Theriogenology**, Stoneham, v.58, p.1675–87, 2002.

DE ROUEN, S. M.; FRANKE, D. E.; MORRISON, D. J.; WIATT, W. E.; COOMBS, D. F.; WHITE, T. W.; HUMES, P. E.; GREENE, B. B. Prepartum body condition and rate influences on reproductive performance of first-calf beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.1119–1125, 1994.

DIAS, L. T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimativas de Herdabilidade para Idade ao Primeiro Parto de Novilhas da Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.97-102, 2004.

DISKIN, M.G; SREENAN, J.M. Expression and detection of oestrus in cattle.**Reproduction, Nutrition, and Development**, v.40, p.481-491, 2000.

DONOGHUE, K. A.; REKAYA, R.; BERTRAND, J. K.; MIISZTRAL, I. Genetic evaluation of calving to first insemination using natural and artificial insemination mating data. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n.2, p.362-367, 2004

DOWLING, D. F. The thickness of cattle skin. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 6, p. 776–785, 1955.

DOWLING, D. F.; NAY, T. Cyclic changes in the follicles and hair coat cattle. **Australian Journal Agricultural Research**, East Melbourne, v. 11, p. 1064-1071, 1960.

DUTT, R. H. Critical period for early embryo mortality in ewes exposed to high ambient temperature. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 713-719, 1963.

EALY, A. D.; ARECHIGA, C. F.; BRAY, D. R.; RISCO C. A.; HANSEN P.J. Effectiveness of short-term cooling and vitamin E for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, p. 3601–3607, 1994.

EALY, A. D.; DROST, M.; HANSEN, P. J. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 2899-2905, 1993.

EDWARDS, J. A. L.; KING, W. A.; KAWARSKY, S. J.; EALY, A. D. Responsiveness of early embryos to environmental insults: potential protective roles of HSP70 and glutathione. **Theriogenology**, Stoneham, v. 55, p.209-223, 2001.

EDWARDS, J. L.; HANSEN, P. J. Differential responses of bovine oocytes and pre-implantation embryos to heat shock. **Molecular Reproduction and Development**, New York, v. 46, p.138-145, 1997.

EDWARDS, J. L.; HANSEN, P. J. Elevated temperature increase heat shock protein 70 syntheses in bovine two-cell embryos and compromises function of maturing oocytes. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 55, p. 340-346, 1996.

EVANS, J. L.; GOLDEN, B. L.; BOURDON, R. M., LONG, K. L. Additive genetic relationship between heifer pregnancy and scrotal circumference in Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 2621-2628, 1999.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1989. 438p.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária Federal de Viçosa, 1987. 279 p.

FERGUSON, K. A.; DOWLING, D. F. The function of cattle sweat glands. **Australian Journal Agricultural Research**, East Melbourne, v. 6, p. 640–644, 1955.

FINCH, V. A. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, p. 531–542, 1986.

FINCH, V. A. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. **Australian Journal Agricultural Research**, East Melbourne, v. 36, p. 497–508, 1985.

FINCH, V. A. Heat as a stress factor in herbivores under tropical conditions In: GILCHRIST, F.M.C.; MACKIE, R. I. (Ed.). **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics**. Grighall: The Sciences Press, 1984. p. 89-105.

FINCH, V. A.; BENNETT, I. L.; HOLMES, C. R. Coat color in cattle: effect of thermal balance, behaviour and growth and relationship with coat type. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 102 p. 141-147, 1984.

FINCH, V. A.; BENNETT, I. L.; HOLMES, C. R. Sweating response in cattle and its relation to rectal temperature, tolerance to sun and metabolic rate. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 99, p. 479–487, 1982.

FORNI, S.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimates of genetic correlations between days to calving and reproductive and weight traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p.1511-1515, 2005.

FORNI, S.; DIAS, L. T.; ALBUQUERQUE, L. G. Análise genética da característica dias para o parto em bovinos da raça Nelore. **Archivos Latino-americano de Produção Animal**, v. 11, p.143-148, 2003.

GALINA, G. S.; ORIHUELA, A.; BUBIO, I. Behavioral trends affecting estrous detection in Zebu cattle. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 42, p.465–470, 1996.

GARCIA-ISPIERTO, I.; LOPES-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; YÁNIZ, J. L.;

- NOGAREDA, C.; LOPEZ-BEJAR, M.; DERENSIS, F. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, Stoneham, v. 65, p. 799-807, 2005
- GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; JOSEY, M. J.; ROWAN K. J. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 2398–2405, 1999.
- GEBREMEDHIN, K. G.; NI, H.; HILLMAN, P. E. Modeling temperature profile and heat flux through irradiated fur layer. **Transactions of American Society Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 40, p. 1441-1447, 1997.
- GEBREMEDHIN, K. G.; WU, B. A model of evaporation cooling of the wet skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 26, p. 537–545, 2001.
- GEBREMEDHIN, K. G.; WU, B. Simulation of sensible and latent heat losses from wet-skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 27, p. 291–297, 2002.
- GILAD, E.; MEIDAN, R.; BERMAN, A.; GRABER, Y.; WOLFENSON, D. Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of oestradiol in plasma of cyclic cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 99, p.315-321, 1993.
- GILMOUR, A.R.; CULLIS, B.R.;WELHAN, S.J. et al. **ASREML Reference manual Australia**. New South Wales Agriculture, 1999. 232p.
- GODFREY, R.W.; HANSEN, P. J. Reproduction and milk yield of cows in the US Virgin Islands as influenced by time of year and coat color. **Arquivo Latino-americano de Produção Animal** v. 4, p.31-44, 1996.
- GORDON, I.; BOLAND, M. P.; MCGOVERN, H.; LYNN, G. Effect of season on superovulatory responses and embryo quality in holstein cattle in Saudi Arabia. **Theriogenology**, Stoneham, v. 27, p. 231, 1987.
- GOYACHE, F.; GUTIÉRREZ, J.P.; FERNÁNDEZ, I.; ROYO, L.J.; I. ÁLVAREZ Genetic analysis of days open in beef cattle **Livestock Production Science**, v.93,p; 283–289, 2005.
- GRECELLÉ, R. A.; BARCELLOS, J. O. J; BRACCINI NETO, J.; COSTA, E. C.; PRATES, Ê. R. Taxa de prenhez de vacas Nelore x Hereford em ambiente

subtropical sob restrição alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1423-1430, 2006.

GRESSLER, S. L.; BERGMANN, J. A. G.; PEREIRA, C. S.; PENNA, V. M.; PEREIRA, J. C. C.; GRESSLER, M. G. M. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.2, p.427-437, 2000.

GRESSLER, S. L.; PEREIRA, J. C. C.; GRESSLER, M. G. M.; BERGMANN, J. A. G. Dicotomia da seleção natural versus seleção artificial no melhoramento da fertilidade de bovinos. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, n.46, p. 1-18, 2004.

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

GUTIERREZ, J. P.; ALVAREZ, I.; FERNÁNDEZ, L. J.; ROYO, J.; DÍEZ, J.; GOYACHE, F. Genetic relationship between calving date, calving interval age at first calving and type traits in beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.78, p. 215-222, 2002.

GWAZDAUSKAS, F. C. Effects of climate on reproduction in cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.68, p.1568-1578, 1985.

GWAZDAUSKAS, F. C.; TATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Physiological, environmental and hormonal factors at insemination which may affect conception. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.56, p.873, 1973.

GWAZDAUSKAS, F. C.; WHITTIER, W. D.; WINSON, W. E.; PEARSON, R. E. Evaluation of reproductive efficiency of dairy cattle with emphasis on timing of breeding. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.69, p.290, 1986.

GWAZDAUSKAS, F. C.; WILCOX, C. J.; TATCHER, W. W. Environmental and managemental factors affecting conception rate in a subtropical climate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 58, p.88, 1975.

HALES, J. R.; FAWCETT, A. A.; BENNETT, J. W.; NEEDHAM, A. D. Thermal control of blood flow through capillaries and arteriovenous anastomoses in skin of sheep.

Pfluegers Archiv European Journal of Physiology, Heidelberg, v. 378, p. 55–63, 1978.

HANSEN, P. J. Effects of coat colour on physiological responses to solar radiation in Holsteins. **Veterinary Record**, London, v. 127, p. 333-334, 1990.

HANSEN, P. J. Effects of environment on bovine reproduction. **In: Current therapy in large animal theriogenology**, Philadelphia.: W. B. Saunders, 1997. p. 403-415.

HANSEN, P. J.; DROST, M.; RIVERA, R. M.; PAULA-LOPES, F. F.; AL-KATANANI Y. M.; KRININGER III; C. E. Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. **Theriogenology**, Stoneham, v. 55, p. 91–103, 2001

HANSEN, P.J. Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80 (E. Suppl. 2), p.E33–E44 , 2002.

HARDIN, D. R.; WARNICK, A. C.; WISE, T. H.; SCHULTZE, R. H.; FIELDS, M. J. Artificial insemination of subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol (ICI 80996). 1. Fertility. **Theriogenology**, Stoneham, v.14, p.249–258, 1980.

HARMAN, J. L.; GROHN, Y. T. Event–time analysis of the effect of the season of parturition, parity and concurrent disease on parturition-to-conception interval in dairy cows. **American Journal of Veterinary Research**, v. , p., 1996

HEERSCHE, G.; NEBEL, R.L. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. **Journal Dairy Science**, v. 77, p.2754-2761, 1994.

HER, E.; WOLFENSON, D.; FLAMENBAUM, I.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; BERMAN, A. Thermal, productive, and reproductive responses of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer. *Journal Dairy Science*, v. 71, p. 1085–1092, 1988.

HICKS, R. B.; OWENS, F. N.; GILL, D. R.; OLTJEN, J. W.; LAKE, R. P. Dry matter intake by feedlot beef steers: Influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 68, n.2, p.254-265, 1990.

HILLERY, F. L.; PARRISH, J. J.; FIRST, N. L. Bull specific effect on fertilization and embryo development *in vitro*. **Theriogenology**, Stoneham, v. 33, p.249 ,1990.

HOPKINS, P. S.; NOLAN, C. J.; PEPPER, P. M. The effects of heat stress on development of the foetal lamb. **Australian Journal Agricultural Research**, East Melbourne, v. 31, p. 763-771, 1980.

HOSMER, D.W.; LEMESHOW, S. **Applied logistic regression**. 2,ed, New York: John Wiley & Sons, 2000, 375p.

HOWARTH, B.; ALLISTON, C. W.; ULBERG, L. C. Importance of uterine environment on rabbit sperm prior to fertilization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 24, p. 1027-1032, 1965.

HUBER, J. T. Amelioration of heat stress in dairy cattle. In: PHILLIPS, C.J.C., (Ed). **Progress in Dairy Science**. Oxon: CAB International, 1990. p.211-243.

HUMBLOT, P. Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. **Theriogenology**, v. 56, p.1417–1433, 2001.

HUTCHINSON, J. C. D.; BROWN, G. D. Penetrance of cattle coats by radiation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 26, p. 454-464, 1969.

HUTCHINSON, J. C. D.; BROWN, G. D. Penetrance of cattle coats by radiation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 26,p. 454-464. 1969.

INGRAHAM, R. H.; STANLEY, R. W.; WAGNER, W. C. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in Hawaii. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.59, p. 2086-2090, 1975.

JOHNSON, D. E. 1986. Climatic stress and production efficiency. limiting the effects of stress on cattle. **Utah Agricultural Experimental Statistic Research Bull**, v. 512, p.17-26, 1986.

JOHNSON, H. D. **Bioclimatology and adaptation of livestock**. Amsterdam: Elsevier, 1987. 279 p.

JOHNSTON, D. J.; BUNTER, K. L. Days to calving in Angus cattle: Genetic and environmental effects, and covariances with other traits. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 45, n.1, p.13-22, 1996.

JOHNSTON, J. E.; NAELOPAA, H.; FRYE, J. B. Physiological responses of Holstein. Brown Swiss and Red Sindhi crossbreed bulls exposed to high temperatures and humidities. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 432–436, 1963.

JORDAN, E. R. Effects of heat stress on reproduction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 104-114, 2003.

JU, J. C.; PARKS, J. E.; YANG, X. Thermotolerance of IVM-derived bovine oocytes and embryos after short-term heat shock. **Molecular Reproduction and Development, New York** v. 53, p. 336-340, 1999.

KING, V. L.; DENISE, S. K.; ARMSTRONG, D. V.; TORABI, M.; WIERSMA, F. Effects of a hot climate on the performance of first lactation Holstein cows grouped by coat color. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 1093-1096, 1988.

KOVARIK, M. Radiation penetrence of protective covers. **Journal Applied Physiology**, Bethesda, v. 35, p. 562-563, 1973.

KRININGER III, C. E.; BLOCK, J.; AL-KATANANI, Y. M.; RIVERA, R. M.; CHASE JR., C. C.; HANSEN, P. J. Differences between Brahman and Holstein cows in response to estrous synchronization, superovulation and resistance of embryos to heat shock. changes in inhibitory effects of arsenic and heat shock on growth of preimplantation bovine embryos. **Molecular Reproduction Development**, New York, v.63, p.335–340, 2003.

LANNA, D. P.; DELGADO, E. F. **Eficiência biológica e econômica de bovinos de corte**. IN: CONVENÇÃO NACIONAL DA RAÇA CANCHIM, 4, 2000, São Carlos: São Paulo, ABCCAN, 2000. p.14-39.

LAUDIVAR, C.; GALINA, C.; DUCHATEAN, A.; NAVARROR FIERRO, R. Fertility trial in zebu cattle after a controlled estrus with prostaglandin F₂ alpha comparing natural mating with artificial insemination. **Theriogenology**, Stoneham, v.4, p.421–429, 1985.

LEGATES, J. E.; FARTHING, B. R.; CASADY, R. B.; BARRADA, M. S. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber condition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 2491-2500, 1991.

LOBATO, J. F. P. Considerações efetivas sobre seleção, produção e manejo para maior produtividade de rebanhos de cria. In: LOBATO, J. F. P., BARCELLOS, J. O.

J., KESSLER, A. M. (Eds.) **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: EDI-PUCRS, 1 ed. 1998. p. 405-414.

LUCY, M. C.; STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W.; ERICKSON, P. S.; CLEALE, R. M.; FIRKINS, J. L.; CLARK, J. H.; MURPHY, M. R.; BRODIE, B. O. Influence of diet composition, dry matter intake, milk production and energy balance on time of post-partum ovulation and fertility in dairy cows. **Animal Production**, v. 54, p.323–31, 1992.

MACHADO, P. F. Efeito da temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: São Paulo, FEALQ, 1998, p.201.

MAcMANUS, C.; PALUDO, G. R.; LOUVANDINI, H.; GARCIA, J. A. S.; EGITO, A. A.; MARIANTE, A. S. Heat tolerance in naturalized cattle in Brazil: physical factors. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v.54, p.453-458, 2005

MADER, T. L. 2003. Environmental stress in confined beef cattle. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 81 n.2, p.110-119, 2003.

MADER, T. L.; COLGAN, S. L. Pen density and straw bedding during feedlot finishing. **Nebraska Beef Report**, v. 90, p. 43-46, 2007.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E. C. A. Características do pelame de vacas Holandesas em um ambiente tropical: Um estudo genético e adaptativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32 n.4, p.843–853, 2003.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E. C. A. Environmental and genetic variation of the effective radiative properties of the coat of Holstein cows under tropical conditions **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.92, n.2, p.307–315, 2005a

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E. C. A. Genetic analysis of coat colour, hair properties and milk yield in Holstein cows managed under shade in a tropical environment. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 42, p. 180-187, 2005b.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal Biometeorology**, Heidelberg, v.50, p.17-22, 2005c.

MALAYER, J. R.; HANSEN, P. J. Differences between Brahman and Holstein cows in heat shock-induced alterations of protein synthesis and secretion by oviducts and uterine endometrium. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p. 266-280, 1990.

MALAYER, J. R.; HANSEN, P. J.; BUHI, W. C. Effects of day of the oestrous cycle, side of the reproductive tract and heat shock on in-vitro protein secretion by bovine endometrium. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 567-578, 1988.

MALAYER, J. R.; HANSEN, P. J.; GROSS, T. S.; THATCHER, W. W. Regulation of heat shock-induced alterations in the release of prostaglandins by the uterine endometrium of cows. **Theriogenology**, Stoneham, v. 34, p. 219-230, 1990.

MARSHALL, D. M.; MINQIANG, W.; FREKING, B. A. Relative calving date of first-calf heifers as related to production efficiency and subsequent reproductive performance **Journal Animal Science**, Champaign, v. 68, p.1812-1817, 1990

MARSON, E. P.; GUIMARÃES, J. D.; MIRANDA NETO, T. Puberdade e maturidade sexual em novilhas de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.28, n.1, p.3-12, 2004.

MARSON, E. P.; GUIMARÃES, J. D.; SILVA, J. C. P. Concentrações plasmáticas de Progesterona em novilhas compostas Montana Tropical durante as fases pré-puberal e puberal. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.25, p.134-136, 2001.

MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, G.; GREGORY, K. E.; BENNETT, G. L.; VAN VLECK, L. D. Genetic relationship between scrotal circumference and female reproductive traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 395–401, 2003.

MASON I. L.; BUVANENDRAN V. **Breeding plans for ruminant livestock in the tropics**. Rome: FAO, 1982, 89p.

MCARTHUR, A. J. Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 126, n. 203-238, 1987.

McARTHUR, A. J. Thermal radiation exchange, convection and the storage of latent heat in animal coats. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 53, p.325-336, 1991.

MERCADANTE, M. E. Z.; LOBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. Estimativas de (co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p. 997– 1004, 2000.

MERCADANTE, M. E. Z.; PACKER, I. U.; RAZOOK, A. G.; CYRILLO, J. N. S. G.; FIGUEIREDO, L. A. Dias ao parto de fêmeas Nelore de um experimento de seleção para peso ao sobreano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31., n.4, p.1715-1725, 2002.

MERCADANTE, M. E. Z.; RAZOOK, A. G.; CYRILLO, J. N. S. G.; FIGUEIREDO L. A; Parâmetros genéticos para dias ao parto, data do parto e sucesso ao parto em rebanhos experimentais da raça nelore **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.62, p.01-07, 2005.

MIZUTA, K. **Estudo comparativo dos aspectos comportamentais do estro e dos teores plasmáticos de LH, FSH, progesterona e estradiol que precedem a ovulação em fêmeas bovinas Nelore (*Bos taurus indicus*), Angus (*Bos taurus taurus*) e Nelore × Angus (*Bos taurus indicus* × *Bos taurus taurus*)**, Tese, Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2003.

MONTERROSO, V. H.; DRURY, K. C.; EALY, A. D.; HOWELL, J. L.; HANSEN, P. J. Effect of heat shock on function of frozen/thawed bull spermatozoa. **Theriogenology**, Stoneham, v. 44, p. 947-961, 1995.

MORBERG, G. P. Effects of environment and management stress on reproduction in dairy cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 59, p.1618-1624, 1976.

MOREIRA, H. L. M.; CARDELLINO, R. A. Herdabilidade, repetibilidade e efeitos ambientais em bovinos Hereford II. Intervalo entre partos, habilidade materna e índice maternal produtivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 11, p. 1801-1805, 1994.

NAY, T.; HAYMAN, R. H. Sweat glands in zebu (*Bos indicus* L.) and European (*B. taurus* L.) cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 7, p. 482–494, 1956.

NEBEL, R. L.; JOBST, S. M.; DRANSFIELD, M. B. G.; PANDOLFI, S. M.; BAILEY, T.

L. Use of radio frequency data communication system, HeatWatch®, to describe behavioral estrus in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 179, 1997.

NETT, T.M. function of the hypothalamic-hypophysial axis during the post-partum period in ewes and cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 34, p.201-213, 1987.

NEVES, J. P.; GONÇALVES, P. B. D.; OLIVEIRA, J. F. C. Fatores que afetam a eficiência reprodutiva da fêmea. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, p. 99-105, 1999.

OLIVEIRA FILHO, B. D.; GAMBARINI, M. L.; TONIOLLO, G. H. Efeitos da suplementação nutricional pré e pós-parto e na condição corporal ao parto sobre a reprodução, em vacas de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, p. 112-113, 1997.

OLSON, T. A.; LUCENA, C.; CHASE JR., C. C.; HAMMOND, A. C. Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p. 80–90, 2003.

OLSON, T.A.; CHASE, C.C. JR.; LUCENA, C.; GODOY E.; ZUNIGA A.; COLLIER, R. J. Effect of hair characteristics on the adaptation of cattle to warm climate In: **8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil CD-rom.

PAN, Y. S. Quantitative and morphological variation of sweat glands, skin thickness, and skin shrinkage over various body regions of Sahiwal, Zebu and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.14, p. 424–437, 1963.

PAN, Y. S. Variation in hair characters over the body in Sahiwal, Zebu and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.15, p. 346–356, 1964.

PATHIRAJA, N.; OYEDIPE, E.O.; DAWUDA, P. M.; CHAUDHRI, S. R. Intensive breeding schemes in zebu cattle. **World Animal Research**, v.65, p.55–66, 1988.

PATTERSON, D. J.; PERRY, R. C.; KIRACOFE, G. H. BELLOWS, R. A.; STAIGMILLER, R. B.; CORAH, L. R. Management considerations in heifer

development and puberty. **Journal Animal Science**, Champaign, v.70 n.12, p. 4018-4035, 1992

PAULA-LOPES, F. F.; CHASE JR., C. C.; AL-KATANANI, Y. M.; KRININGER III, C. E.; RIVERA, R. M.; TEKIN, S.; MAJEWSKI, A. C.; OCON, O. M.; OLSON, T. A.; HANSEN, P. J. Genetic divergence in cellular resistance to heat shock in cattle: differences between breeds developed in temperate versus hot climates in responses of preimplantation embryos, reproductive tract tissues and lymphocytes to increased culture temperatures. **Reproduction**, Dordrecht, v.125, p.285–294, 2003.

PEGORE, M. F. Influence of sire and sire breed (Gyr vs. Holstein) on early pregnancy and early embryonic loss rates in Holstein cows during summer heat stress. Dissertação (Mestrado), Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo, Botucatu, 2005.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; COSTA, F. A. A.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética da idade ao primeiro parto e do perímetro escrotal em bovinos da raça nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53, n.1, p.116-121, 2001.

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

PETERS, H. F.; SLEN, S. B., Hair coat characteristics of bison, domestic x bison hybrids, cattalo and certain domestic breeds of beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 44, p. 48-57, 1964.

PETERS, K. E.; BERGFELD, E. G.; CUPP, A. S.; KOJIMA, F. N.; MARISCAL, V.; SANCHES, T; WEHRMAN, M. E.; GROTHAN, H. E.; HAMERNIK, D. L.; KITTOCK, R. J.; KINDER, J. E. Luteinizing hormone has a role in development of fully functional corpora lutea (CL) but is not required to maintain CL function in heifers. **Biology of Reproduction**, Champaign, v.51, p.1248-1254, 1994.

PINHEIRO, M. G. **Variação genética de características da capa externa de vacas da raça Holandesa em ambiente tropical**. 1996. 43 f. Tese (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto.

PINHEIRO, O. L.; BARROS, C. M.; FIGUEREDO, R. A.; VALLE, E. R.; ENCARNAÇÃO, R. O.; PADOVANI, C. R. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F₂ alpha or norgestomet and estradiol valerate. **Theriogenology**, Stoneham,, v. 49, p. 667–681, 1998.

PIRES, M. F. A.; VILELA, D.; VERNEQUE, R. S.; TEODORO, R. L. Reflexos do estresse térmico no comportamento das vacas em lactação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.68-99, 1998.

PÖTTER, L.; LOBATO, J. F .P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Produtividade de um modelo de produção para novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.3, p.613-619, 1998.

PÖTTER,L.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Análise econômica de modelos de produção com novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n. 3, p.861-870, 2000.

PRAYAGA, K. C. Evaluation of beef cattle genotypes and estimation of direct and maternal genetic effects in a tropical environment. 1. Growth traits. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 54, p.1013–1025, 2003

PRAYAGA, K. C.; HENSHALL, J. M.; BURROW, H. M. Optimisation of breed proportions in tropically adapted beef composites based on growth and resistance traits. **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**, v. 15, p.302–305, 2003.

PUTNEY, D. J.; DROST, M.; THATCHER; W. W. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between days 1 a 7 post insemination. **Theriogenology**, Stoneham, v. 30, p.195-209. 1988a.

PUTNEY, D. J.; THATCHER, W. W.; DROST, M.; WRIGHT, J. M.; DeLORENZO, M. A. Influence of environmental temperature on reproductive performance of bovine embryo donors and recipients in the southwest region of the United States. **Theriogenology**, Stoneham, v.30, p.905-919, 1988b.

PUTNEY, D. J.; MULLINS, S.; THATCHER, W. W.; DROST, M.; GROSS, T. S. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient

temperatures between the onset of estrus and insemination. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 19, p. 37-51, 1989.

RANDEL, R. D. LH and ovulation in Brahman, Brahman × Hereford and Hereford heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.43, p.300, 1989.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 2126–2130, 2000.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I.; HOOGENBOOM, G. Genetic component of heat stress in dairy cattle—development of heat-index function. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p.2120–2125, 2000.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: Fixed-Model Analyses. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, p. 3101–3106, 2002a.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. Effect of heat stress on non return rate in Holstein cows: Genetic Analyses. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, p. 3092–3100, 2002b.

REGNAULT, T. R .H.; ORBUS, R. J.; BATTAGLIA, F. C.; WILKENING, R. B.; ANTHONY, R. V. Altered arterial concentrations of placental hormones during maximal placental growth in a model of placental insufficiency. **Journal of Endocrinology, Bristol** v.162, p. 433-442, 1999.

REINSCH, N.; THOMSEN, H.; XU, N.; BRINK M.; LOOFT, C.; KALM, E.; BROCKMANN, G. A.; GRUPPE, S.; KUHN, C.; SCHWERIN, M.; LEYHE, B.; HIENDLEDER, S., ERHARDT, G.; MEDJUGORAC, I.; RUSS, I.; FOSTER, M.; REENTS, R.; AVERDUNK, G. A QTL for the degree of spotting in cattle shows synteny with the KIT locus on chromosome 6. **Journal of Heredity**, New York, v.90, n.6, p.629– 634, 1999.

RENDEL, R.D.; LAMMOGLIA, M.A.; LEWIS, A.W.; NEUENDORFF, D.A.; GUTHRIEM.J. Exogenous PGF_{2α} enhanced GnRH-induced LH release in postpartum cows. **Theriogenology**, v.45, p.643-654, 1996.

RIVERA, R. M.; HANSEN, P. J. Development of cultured bovine embryos after exposure to high temperatures in the physiological range. **Reproduction**, v. 121,

p.107-115, 2001.

ROCHA, J.C.M.C.; TONHATI, H.; ALENCAR, M.M. et al. Componentes de variância para o período de gestação em bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.57, n.6, p. 2005.

ROCHA, J. L. **Sincronização hormonal da onda folicular e do estro em novilhas de corte mestiças monitoradas por radiotelemetria**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2000

ROCHA, M. G. **Desenvolvimento e características de produção e reprodução de novilhas primíparas aos dois anos de idade**. Porto Alegre, UFRGS, 247p., Tese de Doutorado. 1997.

ROCHA, M. G.; LOBATO, J. F. P. Avaliação do desempenho reprodutivo de novilhas de corte primíparas aos dois anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n. 3, p.1388-1395, 2002.

RODTIAN, P.; KING, G.; SUBROD, S.; PONGPIACHAN, P. Oestrus behavior of Holstein cows during cooler and hotter tropical seasons. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 45, p. 47-58, 1996.

RON, M.; BAR-ANAN, R.; WIGGANS, G. R. Factors affecting conception rate of Israeli Holsten cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, p. 854-860, 1984

ROTH, Z.; MEIDAN, R.; SHAHAM ALBALANCY, A.; BRAW-TAL, R.; WOLFENSON, D. Delayed effect of heat stress on steroid production in medium size and preovulatory bovine follicles. **Reproduction** v.121, p.745–751, 2001b.

ROTH, Z.; ARAV, A.; BOR, A.; ZERON, Y.; BRAW-TAL, R.; WOLFENSON, D. Improvement of quality of oocytes collected in the autumn by enhanced removal of impaired follicles from previously heat stressed cows. **Reproduction**, Dordrecht, v.122, p. 737-744, 2001a.

ROTH, Z.; MEIDAN, R.; BRAW-TAL, R.; WOLFENSON, D. Immediate and delayed effects of heat-stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v.120, p. 83-90, 2000.

RUST, T.; GROENEVELD, E. Variance component estimation on female fertility traits in beef cattle. **South African Animal Science**, v.31, p.131-141, 2001.

RYAN, D. P.; PRICHARD, J. F.; KOPEL, E.; GODKE, R. A. Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool season of the year. **Theriogenology**, Stoneham, v. 39, p. 719-737, 1993.

SALINOS, E.P. Some factors affecting the sweating function in Jersey and Holstein cows. Master Science Diss., Jaboticabal: College of Agriculture and Veterinary Sciences, São Paulo State University, 1980.

SANTOS, J.E.P.; THATCHER W.W.; CHEBEL R.C.; CERRI, R.L.A.; GALVÃO, K.N. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs **Animal Reproduction Science** v. 82–83, p. 513–535, 2004.

SARTORI, R., SARTOR-BERGFELT, R., MERTENS, S.A., GUENTHER, J.N., PARRISH, J.J., WILTBANK, M.C. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p. 2803–2812, 2002.

SARTORI, R.; GUMEN, A.; GUENTHER, J. N.; SOUZA, A. H.; WILTBANK, M. C. Comparison of artificial insemination (AI) versus embryo transfer (ET) in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, n.1, p. 238, 2003.

SAS Institute, **User's Guide: Statistics version 9.0** (2 edition) SAS Institute Inc., Cary, N.C., 2004.

SCHLEGER, A. V. Relationship of coat type and colour to milk production in Australian Illawara Shorthorn dairy cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 18, p. 539-547, 1967.

SCHLEGER, A. V.; BEAN, K. G. Factors determining sweating competence of cattle skin. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourne, v. 24, 1291-1300, 1971.

SCHLEGER, A. V.; TURNER, H. G. Analysis of coat characters of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.11, p. 875-885, 1960

SCHLEGER, A.V.; TURNER, H. G. Sweating rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. **Australian Journal Agricultural**

Research, East Melbourne, v.16, p.92-106. 1965

SEGERSON, E. C.; HANSEN, T. R.; LIBBY, D. W.; RANDEL, R. D.; GETZ, W. R. Ovarian and uterine morphology and function in Angus and Brahman cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, p.1026–1046, 1984.

SELYE, H. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, Baltimore, v. 6, p. 117-123, 1946.

SHEARER, J. K.; BEEDE, D. K. Heat stress. Part 1: Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. **Agri-Pratice**, Santa Barbara, v.11, p.5-17, 1990.

SILVA, R. G. Improving tropical beef cattle by simultaneous selection for weight and heat tolerance. Heritabilities and correlations of the trait. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.37, p. 637–642, 1973.

SILVA, R. G.; CASAGRANDE, J. F. Influence of high environmental temperatures on some characteristics of Zebu bull semen. IN: VIII Proc Intern. Cong. Anim. Reprod. Artif. Insem., 1076, Cracóvia, **Proceedings...**v. 4, p.939-942.

SILVA, R. G.; ARANTES NETO, J. G.; HOLTZ -FILHO, S. V. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 11, p. 335-347, 1988.

SILVA, R. G. Estimativa do balanço térmico por radiação em vacas Holandesas expostas ao sol e á sombra em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1403-1411, 1999.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000a, 286 p.

SILVA, R. G. Um modelo para a determinação do equilíbrio térmico de bovinos em ambientes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n.4, p.1244-1252, 2000b.

SILVA, R.G. Carga térmica radiante: revisando a técnica de avaliação. **Engenharia Rural** (Piracicaba), v.13, p.77-84, 2002.

SILVA, R. G.; LA SCALA JR, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the body

surface of cattle and other animals. **Transactions of the ASAE**, v.46, n.4, p.913–918, 2003.

SILVEIRA J. C.; MCMANUS C.; A. S. MASCIOLI; SILVA, L. O. C.; SILVEIRA, A. C.; GARCIA, J. A. S.; LOUVANDINI, H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho nelore no estado do mato grosso do sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1432-1444, 2004.

SIROIS J.; FORTUNE, J. E. Lengthening the bovine oestrous cycle with low levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. **Endocrinology**, Baltimore, v.127, p. 916-25, 1990.

STEPHENSON, R. G. A.; SURTER, G. R.; LE-FREUVE, A. S. Reduction of effects of heat stress on lamb birth weight and survival by provision of shade. In: LINDSAY, D.R., PEARCE, D. T.(Ed.). **Reproduction in sheep**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. p.223-225.

STEVENS, D. G. A model of respiratory vapour loss in Holstein dairy cattle. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p.151-158, 1981.

STEWART, R. E. Absorption of solar radiation by the hair of cattle. **Agricultural Engineering, St. Joseph**, v. 34, p. 235-238, 1953.

TANEJA, G. C. Effect of varying the frequency of watering during summer on the temperature, respiration rate, bodyweight and packed cell volume of blood of sheep. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Dehli, v.3, p.259-262, 1965.

THATCHER, W. W. Effects of seasons, climate and temperature on reproduction and lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 57, p. 360, 1974.

THATCHER, W. W.; BINELLI, M.; BURKE, J.; STAPLES, C.R.; AMBROESE, J.D.; COELHO, S. Antiluteolytic signals between the conceptus and endometrium. **Theriogenology**, Stoneham, v. 47, p.131-140, 1997

THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Effect of heat on animal productivity. In: RECHCIGL, M. **Handbook of agricultural productivity**. Boca Raton: CRC Press, 1981.v. 2, p.77,

THATCHER, W. W.; MOREIRA, F.; SANTOS, J. E. P.; MATTOS, R. C.; LOPES, F. L.; PANCARCI, S. M.; RISCO, C. A. Effects of hormonal on reproductive performance and embryo production. **Theriogenology**, Stoneham, v. 55, p.75-89,

2001.

THUREEN, J. P.; TREMBLER, K. A; MESCHIA, G.; MAKOWSKI, E. L.; WILKENING, R. B. Placental glucose transport in heat-induced fetal growth retardation. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 263, p.578-585, 1992.

TRIMBERGER, G.W. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. **Nebraska Research Bulletin**, v. 153, p. 3-26, 1948.

TURNER, H. G.; SCHLEGER, A. V. The significance of coat type in cattle. characters of cattle in relation to adaptation. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 11, p. 645, 1960.

TURNER, H. G. Effect of clipping the coat on the performance of calves in the field. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 18, p. 180-192, 1962.

TURNER, H. G.; NAY, T.; FRENCH, G. T. The hair follicle population of cattle in relation to breed on body weight. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 13, p. 960-973, 1962.

TURNER, H. G. Coat characters of cattle in relation to adaptation. **Proceedings of Australian Society of Animal Production**, Rushcutters, v.5, p.181-187, 1964.

TURNER, H. G. Genetic variation of rectal temperature in cows and relationship to fertility. **Animal Production**, Edinburg, v. 35, p. 401-412, 1982.

TURNPENNY, J. R.; WATHES, C. M.; CLARK, J. A.; MCARTHUR, A. J. Thermal balance of livestock 2. Applications of a parsimonious model. **Agricultural Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 101, p. 29-52, 2000.

WALSBERG, G. E; CAMPBELL, G. S.; KING, J. R. Animal coat color and relative heat gains: a re-evaluation. **Journal of Comparative Physiology**, Berlin, v.126, p. 211-222, 1978.

WALSBERG, G. E. Coat color and solar heat gain in animals. **Biology of Science**, v. 33, n. 2, p. 88-91, 1983.

WILSON, S. J.; MARION, R. S.; SPAIN, J. N.; SPIERS, D. E.; KEISLER, D. H.; LUCY, M.C. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle: 1.

Lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.8, p. 2124-2131, 1998.

WILTBANK, J. N.; GREGORY, K. E.; SWIGER, L. A.; INGALLS, J. E. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 25, n.3, p.744-751, Aug. 1966.

WILTBANK, M. C.; GUMEN, A.; SARTORI, R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. **Theriogenology**, Stoneham, v. 57, p. 21–52, 2002.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z.; MEIDAN, R. Impaired reproduction in heat stressed: basic and applied aspects. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 60, p. 535-547, 2000.

WOLFENSON, D.; SONEGO, H.; BLOCH, A.; SHAHAM-ALBALANCY, A.; KAIM, M.; FOLMAN, Y.; MEIDAN, R. Seasonal differences in progesterone production by luteinized bovine thecal and granulosa cells. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v. 22, p. 81-90, 2002

WOLFENSON, D.; THATCHER, W. W.; BADINGA, L.; SAVIO, J. D.; MEIDAN, R.; LEW, B. J.; BRAW-TAL, R.; BERMAN, A. Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 52, p. 1106-1113, 1995.

YAVAS, Y.; WALTON, J. S. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: a review. **Theriogenology**, Stoneham, v. 54, p.1–23, 2000a.

YAVAS, Y.; WALTON, J. S. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. **Theriogenology**, v. 54, p. 25–55, 2000b.

YOUSEF, M. K. Principles of bioclimatology and adaptation In: JONHSON, H.D. (Editor) **Bioclimatology and adaptation of livestock**, Word Animal Science, B disciplinary approach, Elsevier, 1987, v.5, p.17-29.

ZAIN, A. E. D.; NAKAO, T.; ABDEL RAOUF, M.; MORYOSHI, M.; KAWATA, K.; MORITSU, Y. Factors in the resumption of ovarian activity and uterine involution in post-partum dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v.38, p. 203–14,1995.

ZAKARI, A. Y.; MOLOKWU, E. C. I.; OSORI, D. I. K. Effect of season on the estrous cycle of cows *Bos indicus* indigenous for Northern Nigeria. **Veterinary Record**, London, v. 109, p. 213–215, 1981a

ZAKARI, A. Y.; MOLOKWU, E. C. I.; OSORI, D. I. K. Effects of rectal and ambient temperatures and humidity on conception rates. **Theriogenology**, Stoneham, v.16, p. 331,1981b

ZAVY, M.T. Embryonic mortality in cattle. In: ZAVY, M.T.; GEISERT, R.D. (Eds.), **Embryonic Mortality in Domestic Species**. CRC Press, Boca Raton, pp. 99–140. 1994.

ZERON, Y.; OCHERETNY, A.; KEDAR, O.; BOROCHOV, A.; SKLAN, D; ARAV, A. Seasonal changes in bovine fertility: Relation to oocyte developmental competence, membrane properties and follicle fatty acid composition. **Reproduction** v. 121, p. 447–454, 2001.