



## FATORES QUE INTERFEREM NA EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE VACAS DE LEITE

Luciana da Silva Leal<sup>1</sup>, Valdiane Rosa<sup>2</sup>, Valmir Fernandes<sup>3</sup>,  
Sílvio Luis Antunes<sup>3</sup>, Adriana de Souza Martins<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).  
Ponta Grossa/PR/Brasil. E-mail: lu\_s\_leal@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Discente da Universidade Paranaense (UNIPAR). Umuarama/PR/Brasil.

<sup>3</sup>Médico veterinário e mestrando da Universidade Paranaense (UNIPAR).  
Umuarama/PR/Brasil.

<sup>4</sup>Discente da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).  
Ponta Grossa/PR/Brasil.

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

### RESUMO

Vários estudos têm evidenciado que a eficiência reprodutiva declina com o aumento da produção leiteira. O objetivo dos autores foi realizar uma revisão de literatura sobre as circunstâncias que afetam negativamente a fertilidade de vacas leiteiras, assim como estratégias de manejo que minimizam os danos. Os animais que apresentam elevada produção leiteira consomem mais matéria seca, resultando no aumento do fluxo sanguíneo para o fígado e, por consequência, há um acréscimo no metabolismo dos hormônios esteroides. Além da produção leiteira, o estresse térmico, o balanço energético negativo, a ingestão de dieta rica em proteína bruta, a administração inadequada de somatotrofina bovina e a ocorrência de patologias do periparto são fatores importantes que resultam em dificuldade na detecção dos sinais de estro, bloqueio à ovulação, alterações deletérias nos gametas e embriões e anomalias ovarianas e uterinas, culminando em declínio da fertilidade, comumente observado de vacas em lactação. Por outro lado, existem estratégias de manejo que visam a elevação dos índices reprodutivos. Entre elas estão: maior eficiência na detecção do estro, utilização de protocolos hormonais para Inseminação Artificial em Tempo Fixo, substituição da Inseminação Artificial pela Transferência de Embriões e técnicas de resfriamento ambiental para minimizar os danos do estresse térmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço energético negativo, estradiol, estresse térmico, progesterona, prenhez.

### FACTORS AFFECTING THE REPRODUCTIVE EFFICIENCY OF DAIRY COWS

#### ABSTRACT

Several studies have shown that the reproductive efficiency declines with increasing milk production. The aim of authors was to realize a literature review about the circumstances that negatively affect fertility in dairy cows, as well as management strategies that minimize the damage. Animals with a high milk production consume

more dry matter, resulting in increased blood flow to the liver and, consequently, there is an increase in the metabolism of steroid hormones. Aside from milk production, heat stress, negative energy balance, intake of diet rich in protein, inadequate administration of bovine somatotropin and occurrence of peripartum diseases are important factors that result in difficulty to detect estrus, blocking the ovulation, deleterious changes in the gametes and embryos, and ovarian and uterine anomalies, culminating in fertility decline, commonly observed of lactating cows. On the other hand, there are management strategies that aim to increase the reproductive rates. Among them are: high efficiency in detection of estrus, use of hormonal protocols to Fixed Time Artificial Insemination, substitution of Artificial Insemination for Embryo Transfer and environmental cooling techniques to minimize damage from thermal stress.

**KEYWORDS:** Heat stress, negative energetic balance, oestradiol, pregnancy, progesterone.

## INTRODUÇÃO

A reprodução continua sendo um componente crítico para a viabilidade econômica de uma fazenda produtora de leite, pois tem magnitude na política de descarte, retém as melhores novilhas, reduz a idade ao primeiro e segundo partos, assim como melhora a produção de leite (RIBEIRO et al., 2012).

O decréscimo na fertilidade de vacas leiteiras, observado nas últimas décadas, parece ser de natureza multifatorial, refletindo a influência cumulativa das adaptações metabólicas, das alterações endócrinas e da saúde pós-parto (ALVES et al., 2009).

A bST (somatotrofina bovina) reduz a manifestação do cio, por aumentar a produção de leite; o que aumenta a renovação de hormônios esteroides ou, possivelmente, apresenta um efeito direto nos centros do comportamento do cérebro. Assim, é importante descobrir maneiras de contornar este problema para não prejudicar a reprodução (BILBY et al., 2009a).

O estresse calórico é um dos principais limitantes à produção animal nos trópicos (NÓBREGA et al., 2011). BILBY et al., (2009b) preconizaram duas estratégias para minimizar os efeitos deletérios do calor na reprodução. A primeira é reduzir o ganho de calor e a segunda inclui maximizar a perda de calor para o ambiente.

O fornecimento de sombras é o principal método utilizado para minimizar o estresse térmico; no entanto, a ventilação associada à aspersão de água sobre as vacas mostrou-se mais eficaz, melhorando a produção de leite e a reprodução (CRUZ et al., 2011).

O balanço energético negativo (BEN) induz mudanças metabólicas como perda de peso, mobilização de gordura e músculo, hipoinsulinemia e hipoglicemia devido à baixa ingestão de matéria seca, supressão do sistema de fator de crescimento semelhante à insulina do tipo I (IGF-I), elevação de ácidos graxos não esterificados e  $\beta$ -hidroxibutirato. Todas estas mudanças acarretam efeitos na reprodução, por exercer influência tanto no sistema nervoso central, através da inibição da síntese e liberação de GnRH e gonadotrofinas, como no ovário por

interferir na síntese de esteroides e na regulação do crescimento folicular (EUSTÁQUIO FILHO et al., 2010).

Distúrbios e doenças relacionados ao parto, que afetam o trato reprodutivo, são grandes contribuintes para a diminuição da fertilidade (BISINOTTO et al., 2012). Afecções uterinas são prevalentes em vacas de leite de alta produção e requerem diagnóstico e tratamento em tempo hábil (GALVÃO, 2012).

O desenvolvimento de estratégias para aumentar a produção de leite, sem comprometer a fertilidade é o ideal. Sendo assim, o objetivo dos autores foi realizar uma revisão de literatura que apresenta as circunstâncias que afetam negativamente a fertilidade de vacas leiteiras, assim como estratégias de manejo que minimizam os danos.

## **A. FATORES QUE DIMINUEM A EFICIÊNCIA REPRODUTIVA**

### **PRODUÇÃO DE LEITE**

A produção de leite é utilizada, tradicionalmente, como o parâmetro mais importante em programas de seleção de rebanhos leiteiros (GUIMARÃES et al., 2002; FERREIRA & AYRES, 2010). No entanto, o aumento da capacidade genética para a produção de leite tem sido associado com o declínio da fertilidade de vacas em lactação (BUTLER, 2000).

GUIMARÃES et al. (2002) estudaram registros de controles reprodutivo e leiteiro de 113 vacas das raças Gir, Holandês e cruzadas (Holandês x zebu). Com a análise dos dados, observou-se que a eficiência reprodutiva (ER) foi influenciada pela idade ao parto ( $p < 0,01$ ) e pelo período de lactação ( $p < 0,05$ ); no entanto, não foi prejudicada pela produção de leite ( $p > 0,05$ ). Esses autores acreditam que como não se tratou de um rebanho de alta produção leiteira, este aspecto provavelmente não contribuiu para a queda da eficiência reprodutiva (ER).

Existem evidências de que a elevada produção de leite causa, ou ao menos está associada a mudanças na fisiologia reprodutiva que podem resultar no declínio da fertilidade (WILTBANK et al., 2006). Um exemplo disso é que, nas vacas lactantes, o tempo médio de duração do estro está reduzido para menos do que oito horas (BUTLER, 2001). LOPEZ et al. (2004) realizaram um estudo no qual avaliaram a duração do estro de vacas lactantes, usando o sistema *Heat Watch*. Esse sistema permite o monitoramento contínuo de todas as montas, 24 horas por dia e pode ser usado para calcular o comprimento do estro nos animais individualmente. Vacas com produção de leite acima da média do rebanho (aproximadamente 40 Kg/dia) apresentaram menor duração do estro ( $6,2 \pm 0,5$  h –  $p < 0,001$ ) do que vacas com produção leiteira inferior ( $10,9 \pm 0,7$  h). Comportamento similar foi detectado nas fêmeas primíparas.

Outras pesquisas apontam que a elevada produção leiteira exerce um efeito negativo na qualidade do oócito e no desenvolvimento embrionário inicial que pode ser potencializado pelo estresse térmico. SARTORI e colaboradores (2002a) recuperaram embriões e oócitos de vacas e novilhas Holandesas, cinco dias após a ovulação. A taxa de fertilização e a qualidade embrionária foram maiores para novilhas do que para vacas no verão. Já quando se comparou vaca lactante e seca

no inverno, a taxa de fertilização foi similar, porém a qualidade embrionária foi superior para as vacas secas ( $p=0,06$ ).

## **ALTA INGESTÃO DE ALIMENTOS E METABOLISMO DOS HORMÔNIOS ESTEROIDES**

Em vacas de alta produção, os níveis circulantes dos hormônios ovarianos estão reduzidos. A maior metabolização hepática de hormônios esteroides pode estar relacionada com a presença de folículos maiores, menor concentração de estradiol ( $E_2$ ) e menor duração e intensidade do estro (WILTBANK et al., 2006; FERREIRA & AYRES, 2010). Em adição, esses animais possuem volume de tecido luteal maior, porém a concentração circulante de  $P_4$  (progesterona) é reduzida (LOPEZ et al., 2005).

SARTORI et al. (2002b) compararam o desenvolvimento folicular e luteal, e as concentrações de hormônios esteroides circulantes de novilhas e vacas Holandesas. Nesse experimento, não houve diferença no tamanho máximo do folículo ovulatório entre vacas lactantes que apresentaram ovulação única e novilhas, no verão. Contudo, esses pesquisadores descreveram para vacas em lactação: menor pico sérico de  $E_2$ , maior tempo para a ovulação após luteólise induzida com  $PGF_{2\alpha}$  (prostaglandina  $F_{2\alpha}$ ), maior volume de tecido luteal e menor nível sérico de  $P_4$ , seis dias após a ovulação. Quando avaliaram vacas lactantes e secas no inverno, os mesmos autores relataram pico sérico de  $E_2$  e concentração de  $P_4$  similares para as duas categorias de animais, apesar das vacas em lactação terem apresentado volume de tecido luteal maior ( $p=0,0005$ ).

Parece claro que vacas lactantes requerem um diâmetro folicular maior e elevada produção de  $E_2$  para alcançar a concentração circulante deste hormônio, necessária para induzir o pico pré-ovulatório de LH (hormônio luteinizante) e a ovulação (SARTORI et al., 2002b).

É presumível que o aumento do tamanho folicular resulte no aumento do número de células da granulosa. Após a ovulação, as células remanescentes da teca e da granulosa do folículo ovulatório, que até então sintetizavam  $E_2$ , são reorganizadas para formarem o corpo lúteo (CL) e sintetizarem  $P_4$  (BERTAN et al., 2006). Levando-se em consideração essas informações registradas na literatura, era esperado que ocorresse um aumento da secreção de  $P_4$  pelo CL das vacas lactantes, o que não é verificado.

A baixa concentração de hormônios esteroides ( $E_2$  e  $P_4$ ) encontrada em vacas de leite lactantes pode ser explicada pelo aumento do catabolismo destes hormônios. A grande ingestão de alimentos por esses animais resulta num elevado fluxo sanguíneo no fígado que aumenta o metabolismo esteroide (SANGSRITAVONG et al., 2002).

## **ESTRESSE TÉRMICO**

RODRIGUES e colaboradores (2010) enfatizaram que em condições ambientais de desconforto térmico pelo calor, os animais têm consumo alimentar e produção láctea reduzidos, além de outras alterações fisiológicas.

No experimento de PASSINI et al. (2009), os animais submetidos aos efeitos do estresse calórico diminuíram a ingestão total de matéria seca, sem alterar a concentração de energia ou de fibra das suas dietas, provavelmente em uma tentativa de manter estável o ambiente ruminal.

A diminuição na fertilidade causada pelo estresse térmico é um problema multifatorial, pois este afeta as funções fisiológicas e celulares em vários tecidos do corpo (PAULA-LOPES et al., 2012).

Em vacas de leite, o estresse térmico restringe o período de manifestação do estro de 14 para oito horas, além de reduzir o número de aceitação de montas, e consequentemente, as taxas de serviço (NASCIMENTO, 2013).

Além disso, sabe-se que a taxa de gestação é afetada negativamente pelo estresse calórico. Para PIRES et al. (2002), a taxa de gestação das vacas em lactação foi menor ( $p < 0,05$ ) no verão (45,7%) do que no inverno (71,2%). Com relação às novilhas, 85,4% ficaram gestantes no verão e 78,3% no inverno ( $p < 0,05$ ).

Acredita-se que o efeito negativo na gestação esteja relacionado à sensibilidade dos gametas e do embrião nos estágios iniciais do desenvolvimento (PAULA-LOPES et al., 2008). THATCHER (2010) determinou que uma temperatura uterina de 38,8°C está associada à queda na taxa de concepção.

Os danos celulares no oócito bovino podem atingir tanto o compartimento citoplasmático, quanto o nuclear. O citoesqueleto é afetado, assim como há uma maior fragmentação do DNA e diminuição da atividade mitocondrial, sugerindo um mecanismo de apoptose (PAULA-LOPES et al., 2012).

## **BALANÇO ENERGÉTICO NEGATIVO**

Durante o período de pré-parto imediato, as vacas diminuem a ingestão de alimentos. Em conjunto, há o aumento da mobilização de lipídios porque os requerimentos nutricionais aumentam rapidamente com a produção de leite após o parto, resultando no BEN, que se inicia poucos dias antes do parto e geralmente alcança o nível mais crítico duas semanas depois (BUTLER, 2000).

As concentrações plasmáticas de glicose e insulina estão diminuídas nas vacas com BEN (BEAM & BUTLER, 1999; SARTORI & GUARDIEIRO, 2010), resultando na hidrólise de triglicerídeos armazenados no tecido adiposo e aumento da disponibilidade de ácidos graxos não esterificados (AGNE) a serem usados como fonte de energia (BISINOTTO et al., 2012).

Tais alterações metabólicas induzidas pelo BEN exercem efeito negativo sobre o crescimento e desenvolvimento folicular e ovulação (LEROY et al., 2009). Tem sido mostrado que a glicose é crítica para a maturação oocitária, afetando a expansão do *cumulus* e consequente desenvolvimento do blastocisto (BISINOTTO et al., 2012).

A disponibilidade baixa de energia durante o BEN não apenas suprime a secreção pulsátil de LH, mas também reduz a responsividade ovariana ao estímulo do LH (BUTLER, 2000).

Em adição, os níveis plasmáticos de IGF-I estão diretamente relacionados ao *status* de energia, sendo que este fator de crescimento é crítico para o desenvolvimento folicular ovariano (BEAM & BUTLER, 1999). Nas vacas de leite pós-parto, os níveis de IGF-I são 40 a 50% maiores, durante as primeiras duas

semanas, em animais cujo folículo dominante ovulou comparado a animais com folículos não ovulatórios (BEAM & BUTLER, 1998).

Além do mais, em estudos sobre a maturação oocitária *in vitro* na presença de ácido graxo saturado foram detectadas redução na competência dos oócitos e comprometimento no desenvolvimento inicial dos embriões (BISINOTTO et al., 2012).

Segundo BEAM & BUTLER (1998) a concentração plasmática de E<sub>2</sub> é altamente correlacionada com a concentração de IGF-I. Durante o período inicial de BEN, a habilidade dos folículos para produzir E<sub>2</sub> suficiente para a ovulação parece depender da disponibilidade de insulina e IGF-I no soro e da mudança no perfil do balanço energético (BUTLER, 2000).

## SOMATOTROFINA BOVINA

Depois da descoberta do potencial da bST (somatotrofina bovina) na produção leiteira, houve um grande investimento para baratear o custo do hormônio, que culminou com a expressão do gene do GH (hormônio do crescimento) bovino em bactérias. A somatotrofina bovina recombinante (rbST) é conhecida como um dos primeiros produtos da biotecnologia a ser utilizado comercialmente para a produção animal. A administração do GH pode aumentar em até 15% a produção leiteira entre o 100<sup>o</sup> e o 300<sup>o</sup> dia, sendo amplamente utilizado com tal finalidade na criação de bovinos leiteiros (NOGUEIRA, 2002).

A rbST atua sobre o metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas (NETO et al., 2009). Possui mecanismos biológicos, mediados por IGF-I, que estimulam a proliferação celular, com ação indireta sobre os tecidos mamários (PAULA & SILVA, 2011).

Vacas em lactação tratadas com bST apresentam decréscimo na performance reprodutiva. Tal observação pode ser atribuída aos efeitos da bST na expressão do estro. No estudo de KIRBY et al., (1997), vacas tratadas com bST não expressaram o estro tão intensivamente quanto vacas do grupo controle não tratadas. Lefebvre & Block (1992) elaboraram uma hipótese, baseados nos resultados do experimento, da existência de um efeito direto da bST ou indireto, através de outros mediadores, no controle neuroendócrino do comportamento estral. Os efeitos potenciais da somatotrofina no comportamento estral podem ser eliminados se as vacas forem fertilizadas utilizando-se um protocolo hormonal para a Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF), que elimina a necessidade de observação do estro (MOREIRA et al., 2002).

Os efeitos variáveis da bST sobre a fertilidade de vacas leiteiras podem ser decorrentes de fatores, tais como: dose, temperatura ambiente e *status* de lactação (BILBY et al., 2009a). O manejo reprodutivo adequado, a maximização no consumo de alimento e a melhoria na detecção do estro podem anular qualquer efeito deletério da somatotrofina sobre a reprodução de vacas de leite.

## DIETA RICA EM PROTEÍNA BRUTA

Dietas ricas em proteína bruta (17 a 19%) são tipicamente fornecidas durante o período inicial de lactação para estimular e suportar a elevada produção leiteira, entretanto, estas dietas têm sido associadas com redução no desempenho reprodutivo (BUTLER, 1998).

A ingestão de quantidades excessivas de proteína bruta ou degradável no rúmen aumenta a concentração de nitrogênio uréico no sangue e no leite e altera algumas funções uterinas, podendo comprometer a taxa de concepção. Esse tipo de alimentação altera o pH e as concentrações de outros íons nas secreções uterinas, mas somente durante a fase luteal e não no estro. O pH uterino também foi afetado em novilhas que ingeriram excesso de proteínas degradáveis no rúmen e foi associado com redução na fertilidade (BUTLER, 1998).

Menores taxas de concepção foram observadas em vacas lactantes e novilhas com concentração sérica de ureia acima de 20 mg/dL (decréscimo de 30 e 20%, respectivamente - LEROY et al., 2008). Porém, para SANTOS et al. (2008) não está claro ainda se o aumento das concentrações sanguíneas de ureia, promovido pela manipulação da dieta, é responsável por provocar efeitos deletérios em oócitos e embriões produzidos *in vivo*.

## PATOLOGIAS PERIPARTO

O período entre o final da gestação (três semanas antes do parto) e o início da lactação (três semanas após o parto) é conhecido como periparto ou período de transição. Sua importância está nas possíveis enfermidades que podem ocorrer devido às mudanças que prepararam a fêmea para o parto (hormonais, metabólicas, fisiológicas e anatômicas) e que determinam a saúde do animal e seu retorno produtivo durante a lactação (FRIGOTTO, 2010).

LEITE et al. (2001) analisaram dados produtivos e reprodutivos de 350 vacas Holandesas, durante 24 anos, e detectaram que, dentre as afecções que ocorrem durante o período periparto, retenção de placenta (11,2%) e mastite (23,1%) foram as mais frequentes. Já as demais anormalidades como abortamento (4,4%), natimortos (4,1%) e distocia (5,3%) estariam dentro de um limite aceitável. O IEP (intervalo entre partos) e o IPC (intervalo parto-concepção) foram significativamente aumentados em decorrência desses transtornos reprodutivos, prejudicando a eficiência reprodutiva.

SANTOS et al. (2010) avaliaram grandes rebanhos leiteiros de confinamento nos Estados Unidos, sendo que os principais problemas encontrados foram distocia (14,6%), metrite (16,1%) e endometrite clínica (20,8%). Vacas que apresentaram pelo menos um destes itens tinham 50 a 63% menos chance de retomar a ciclicidade ovariana no período esperado e 25 a 38% menor probabilidade de prenhez após a primeira Inseminação Artificial (IA).

Para esses pesquisadores, a frequência elevada dessas patologias puerperais (48,1%) indica falhas no manejo, sendo necessário adotar medidas profiláticas reprodutivas e sanitárias.

## B. ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA ELEVAR A EFICIÊNCIA REPRODUTIVA

### DETECÇÃO DO ESTRO

A identificação correta do cio de uma vaca é um ponto crítico para obtenção do sucesso reprodutivo nos rebanhos bovinos, estando atrelada ao seu estado reprodutivo, sua aptidão para a reprodução e aos profissionais responsáveis pelo reconhecimento dos sinais (CURTINAZ & SILVEIRA, 2010).

A falha na detecção do estro contribui para o aumento do IPC (intervalo parto-concepção) e conseqüentemente para o aumento do IEP (intervalo entre partos). Propriedades que tenham deficiência na detecção do estro devem melhorar o manejo, fazendo observações duas vezes ao dia, utilizando rufiões ou fêmeas androgenizadas, ou ainda, através de programas de sincronização (LEITE et al., 2001).

Pesquisadores descreveram o uso de marcadores com tinta (MACMILLAN et al., 1988), podômetros para mensurar o aumento da atividade locomotora associada com estro (MAATJE et al., 1997) e um transdutor de pressão de radiotelimetria (*Heat Watch*), que transmite a informação do número de vezes que o animal foi montado (LOPEZ et al. 2004).

NÃÃS et al. (2008) compararam técnicas de estimativa de estro aplicadas em vacas Holandesas alojadas em *freestall*, utilizando métodos quantitativos preditivos. Neste trabalho, os resultados indicaram que o estro foi detectado com maior precisão usando a observação da movimentação das vacas (87%, erro estimado 4%) ou o comportamento de monta (78%, erro estimado 11%).

### INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO

Para eliminar a dependência da detecção do estro em vacas de leite, um método de sincronização foi desenvolvido por PURSLEY e WILTBANK. O protocolo Ovsynch para a IATF é baseado no uso de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas) ou seus agonistas em conjunto com a PGF<sub>2</sub>α. Esse protocolo tem aumentado a eficiência do manejo reprodutivo porque todas as vacas são inseminadas num período pré-determinado, sem a necessidade de detecção do estro, sendo que as taxas de gestação são normais (PURSLEY et al., 1997).

A primeira injeção de GnRH provoca a emergência de uma nova onda de folículos. Dessa onda folicular, um folículo dominante se desenvolve até o tamanho ovulatório. Sete dias após a primeira injeção de GnRH, uma aplicação de prostaglandina é necessária para regredir o CL. O período de sete dias é crítico porque o novo CL é criado, em 80% das vezes, após a primeira injeção de GnRH, sendo necessário esse tempo para estar maduro e se tornar responsivo à prostaglandina. A segunda aplicação de GnRH pode ser realizada 36 a 48 horas após a PGF<sub>2</sub>α e é responsável pela ovulação do novo folículo dominante, 24 a 32 horas mais tarde, permitindo fixar um momento para a IA (PURSLEY, 1998).

A habilidade dos protocolos baseados na utilização do GnRH e da PGF<sub>2</sub>α sincronizar precisamente o estro e a ovulação depende do estágio do folículo no momento da injeção inicial de GnRH. A pré-sincronização com duas injeções de

PGF<sub>2</sub>α, intervaladas de 12 a 14 dias, acresce a proporção de vacas que estarão no início ou meio da fase luteal, no momento que se iniciará o programa Ovsynch (14 dias mais tarde), aumentando assim, os índices de prenhez (MOREIRA et al., 2001).

Para MOREIRA et al. (2001) aproximadamente 90 a 95% das vacas cíclicas, que receberam o tratamento de pré-sincronização, apresentaram estro dentro de sete dias após a segunda aplicação de prostaglandina. Se a primeira injeção do GnRH (do protocolo de IATF) for administrada 12 dias após a segunda injeção de PGF<sub>2</sub>α (da pré-sincronização), as vacas estarão entre os dias 5 e 11 do ciclo estral, no início do programa de IATF.

PANCARCI et al. (2002) obtiveram 37,1 ± 5,8 e 35,1 ± 5,0% de gestação quando utilizaram os protocolos Ovsynch (GnRH-PGF<sub>2</sub>α-GnRH) e Heatsynch (GnRH-PGF<sub>2</sub>α-E<sub>2</sub>), respectivamente, trabalhando com vacas Holandesas na Flórida; e 28,2 ± 3,6 e 29,0 ± 3,5% de prenhez para Ovsynch e Heatsynch, respectivamente, no Texas. No segundo experimento desse estudo, esses autores avaliaram apenas o protocolo Heatsynch e registraram intervalo médio para a ovulação de 55,4 ± 2,7 h (n=32) após o E.C.P.<sup>®</sup> (cipionato de estradiol) e 27,5 ± 1,1 h (n=27) após o início do estro. O estro ocorreu 29,0 ± 1,8 h (n=28) após o E.C.P.<sup>®</sup>. Setenta e cinco por cento dos animais ovularam no período entre 48 e 72 h após a injeção de E.C.P.<sup>®</sup>. A partir desse achado, a IA 48 h após o estradiol foi considerada prática e adequada, uma vez que esse tempo permite o transporte de espermatozoides viáveis ao oviduto (6 h) e mantém a capacidade fertilizante do espermatozoide (24 a 30 h) e do oócito (6 a 10 h). Entretanto, os mesmos pesquisadores recomendaram que as vacas detectadas no estro < 24 h após a administração do E.C.P.<sup>®</sup> sejam inseminadas 24 h após a aplicação deste fármaco, pois a ovulação ocorrerá em menos de 48 h.

Atualmente, os protocolos de IATF empregam dispositivos intravaginais ou implantes auriculares contendo P<sub>4</sub> ou progestágenos associados a tratamentos com E<sub>2</sub> para sincronizar a emergência de uma nova onda folicular e posterior ovulação. Porém, ainda assim, as taxas de concepção em vacas de leite continuam baixas, principalmente no verão (RODRIGUES et al., 2010).

Outros hormônios têm sido acrescentados aos protocolos de IATF para aumentar os resultados de prenhez em vacas lactentes. Um deles é a eCG (gonadotrofina coriônica equina), que estimula o crescimento do folículo dominante e a produção de P<sub>4</sub> pelo CL do ciclo subsequente (SOUZA et al., 2009). A eCG é incorporada aos protocolos de IATF que utilizam dispositivo ou implante de liberação de P<sub>4</sub> ou progestágenos e tem sido administrada no momento da retirada do dispositivo (BÓ & MAPLETOFT, 2010).

Quando programas de IATF oferecem melhorias na fertilidade, espera-se que sejam mais rentáveis do que a inseminação após detecção do estro. Os benefícios de tornar uma vaca gestante, em geral, são maiores que os custos com programas mais caros de IA (RIBEIRO et al., 2012).

## **MEDIDAS PARA MELHORAR OS ÍNDICES REPRODUTIVOS EM ANIMAIS SOB ESTRESSE TÉRMICO**

### **a. Resfriamento do ambiente**

A infertilidade durante o estresse térmico é causada principalmente pela elevada temperatura corporal, desta forma a utilização de sistemas de resfriamento, tais como aspersores e nebulizadores de água (BACCARI Jr., 1998), combinados ou não a ventiladores, podem melhorar as taxas de concepção.

Para SOUZA et al., (2010) a sombra natural ou artificial é necessária para proteção contra a radiação solar, mesmo nos animais que apresentam boa capacidade fisiológica para dissipar calor.

BILBY et al. (2009b) sugeriram que a sala de espera para a ordenha deve conter ventiladores, pulverizadores ou aspersores de água, além de possuir sombra. Estes autores também destacaram a importância de garantir um acesso irrestrito à água para as fêmeas em lactação.

### **b. Transferência de Embriões**

Pesquisas têm sido realizadas comparando a TE (Transferência de Embriões) com a IA, com a finalidade de aumentar a taxa de concepção de vacas de leite lactantes durante o verão. A TE é uma alternativa para minimizar os efeitos do estresse térmico na reprodução de vacas em lactação (SARTORI et al., 2006), pois os embriões bovinos são muito sensíveis ao calor durante os estágios iniciais do desenvolvimento, especificamente do dia zero ao dia três após o estro (AMBROSE et al., 1999). O embrião transferido para as receptoras, com sete dias de vida, já teria vencido a fase de maior susceptibilidade ao calor (SILVA et al., 2010).

AMBROSE et al. (1999), compararam as taxas de gestação provenientes da IATF com os resultados obtidos da inovulação de embriões frescos ou criopreservados produzidos *in vitro*, em vacas de leite submetidas ao estresse térmico. Vacas que receberam embriões frescos apresentaram porcentagem de prenhez maior do que vacas que receberam embriões criopreservados e IATF.

SARTORI et al. (2006) sincronizaram vacas Holandesas com o protocolo GnRH-7d-PGF<sub>2</sub> $\alpha$ -3d-GnRH, que foram aleatoriamente distribuídas para receberem IA imediatamente após a segunda aplicação de GnRH (dia 0) ou TE sete dias depois. Vacas que ovularam um único folículo apresentaram taxas de concepção similares, nos dias 25 ou 32, com TE (40,3%) e IA (35,6%). Quando os dados de animais que apresentaram ovulação única ou múltipla foram comparados, independente do tratamento (IA x TE), verificou-se que a concentração circulante de P<sub>4</sub> no dia sete foi maior nas vacas com múltiplas ovulações, que tiveram uma tendência de obter maior índice de concepção (50,9 x 38,1% para vacas com ovulação múltipla x única, respectivamente). Entretanto, também não houve diferença nas taxas de concepção decorrentes de IA e TE nas fêmeas que ovularam mais de um folículo (50,0 x 51,7%, respectivamente).

Tecnologias mais avançadas, como congelamento de embriões e fertilização *in vitro* também são opções disponíveis para amenizar os efeitos do estresse térmico sobre a reprodução (SILVA et al., 2010).

### **c. Formulações de Dietas Específicas para Animais sob os Efeitos do Estresse Térmico**

O uso de antioxidantes na dieta tem sido estudado para aumentar a fertilidade dos animais no verão. Pesquisas comprovaram que o estresse térmico reduz a concentração intracelular de antioxidantes em mórulas de camundongos (ARÉCHIGA et al., 1995), e que a adição de vários antioxidantes em meio de cultivo (taurina, glutatona e vitamina E) promove alguma termoproteção em mórulas de bovinos (EALY et al., 1992) e camundongos (ARÉCHIGA et al., 1995).

Porém, EALY et al. (1995) verificaram que embriões bovinos de duas células não foram protegidos do calor quando cultivados em um meio contendo glutatona, éster de glutatona ou taurina, indicando a possibilidade dos embriões neste estágio de desenvolvimento serem refratários a esta terapia.

ARÉCHIGA et al. (1998) relataram que a suplementação com  $\beta$  caroteno por 90 dias aumentou a taxa de prenhez em um rebanho da Flórida. A proporção de animais gestantes com 120 dias pós-parto foi de 21% (grupo controle) e 35% (grupo suplementado com  $\beta$  caroteno).

Vacas expostas ao estresse térmico são mais susceptíveis à acidose ruminal. Desta forma, dietas muito concentradas devem ser oferecidas com cuidado em épocas de calor. A qualidade da fibra passa a ser vital no verão, por causar tamponamento e estimular a produção de saliva. (BILBY et al., 2009).

## **SOMATOTROFINA BOVINA**

Segundo LUCY (2000) a maior influência da bST na reprodução é feita de modo indireto, através do IGF-1. A bST acarreta o aumento de receptores para o IGF-1, favorecendo o recrutamento folicular ovariano (LUCY, 2000).

GONG et al. (1991), estudando novilhas, verificaram que a aplicação diária de rbST dobrou seletivamente a população de folículos ovarianos de 2-5 mm de diâmetro. Segundo esses pesquisadores, esse efeito não parece ser mediado por mudanças nas gonadotrofinas circulantes. Entretanto, PAVLOK et al. (1996) não observaram esse efeito, que pode ter sido prejudicado pelo baixo tempo de exposição à bST exógena antes do abate dos animais e isolamento dos folículos (72 h) ou pela injeção ter sido realizada em dia inapropriado do ciclo estral (dia 0).

MOREIRA et al. (2002) compararam os resultados da superovulação de vacas Holandesas que receberam ou não a bST no dia da IA, e obtiveram número de estruturas não fertilizadas/colheita menor no grupo tratado do que no grupo controle ( $1,0 \pm 0,9 < 3,7 \pm 0,9$ ;  $p < 0,04$ ). O número de blastocistos/colheita foi maior para o grupo com bST do que para o controle ( $2,4 \pm 0,7 > 0,4 \pm 0,7$ ;  $p < 0,04$ ). Os pesquisadores desse trabalho concluíram que a administração de bST no momento da IA diminui o número de estruturas não fertilizadas, aumenta a porcentagem de embriões transferíveis e estimula o desenvolvimento embrionário para o estágio de blastocisto. Em adição, o tratamento de receptoras com bST aumenta as taxas de prenhez comparado com fêmeas que não receberam a somatotrofina um dia após o estro. Outro mecanismo pelo qual a bST favorece o crescimento embrionário até o estágio de blastocisto é o de inibir a apoptose (BILBY et al., 2009a).

De um modo geral, a bST favorece o desenvolvimento e a sobrevivência do embrião até 17 dias, porém parece ter efeitos adversos sobre a fertilidade de animais que já possuem níveis sanguíneos suficientes de IGF-I, tais como novilhas, vacas de corte e de leite secas (BILBY et al., 2009a).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vacas com elevada produção de leite apresentam várias características que resultam em uma baixa taxa de concepção, tais como: baixos níveis circulantes de hormônios ovarianos, sinais de estro menos perceptíveis, assim como duração diminuída, menor resistência corpórea aos efeitos prejudiciais do calor, maior ocorrência de balanço energético negativo no período pós-parto e prevalência aumentada de doenças periparto. Desta maneira, é fundamental a aplicação de estratégias de manejo para reverter os efeitos negativos destas particularidades. Dentre as mais importantes, pode-se destacar a aplicação de métodos para melhorar a detecção do estro, o uso de biotécnicas da reprodução, como IATF e TE, resfriamento do ambiente e o fornecimento de uma dieta adequada para minimizar o balanço negativo de nutrientes.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, N.G., PEREIRA, M.N., COELHO, R.M. Nutrição e reprodução em vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Reprodução Animal.**, n. 6, p. 118-124, 2009.
- AMBROSE, J. D., DROST, M., MONSON, R. L., RUTLEDGE, J. J., LEIBFRIED-RUTLEDGE, M. L., THATCHER, M. J., KASSA, T., BINELLI, M., HANSEN, P. J., CHENOWETH, P. J., THATCHER, W. W. Efficacy of timed embryo transfer with fresh and frozen in vitro produced embryos to increase pregnancy rates in heat-stressed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 2369-2376, 1999.
- ARÉCHIGA, C. F., EALY, A. D., HANSEN, P. J. Efficacy that glutathione is involved in thermotolerance of preimplantation mouse embryos. **Biology of Reproduction**, v. 52, p. 1296-1301, 1995.
- ARÉCHIGA, C. F., VÁZQUEZ-FLORES, S., ORTÍZ, O., HERNÁNDEZ-CERÓN, J., PORRAS, A., McDOWELL, L. R., HANSEN, P. J. Effect of injection of  $\beta$  caroteno or vitamin E and selenium on fertility of lactating dairy cows. **Theriogenology**, v. 50, p. 65-76, 1998.
- BACCARI Jr., F. **Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente**. In: SILVA, I. J. O. *Ambiência na produção de leite*. Piracicaba: FEALQ, p. 24-65, 1998.
- BEAM, S. W., BUTLER, W. R. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 121-131, 1998.
- BEAM, S. W., BUTLER, W. R. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 54, p. 411-424, 1999.

BERTAN, C.M., BINELLI, M., MADUREIRA, E.H., TRALDI, A.S. Mecanismos endócrinos e moleculares envolvidos na formação do corpo lúteo e luteólise – revisão de literatura. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 6, p. 824-840, 2006.

BILBY, T.R., THATCHER, W.W., HANSEN, P.J. Efeito do hormônio do crescimento na fertilidade: dependência de variações sazonais, dosagem e fase da lactação. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, XIII, 2009. **Anais...** Uberlândia, 2009 a, p. 31-41.

BILBY, T. R., THATCHER, W.W., HANSEN, P.J. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, XIII, 2009. **Anais...** Uberlândia, 2009 b, p. 59-71.

BISINOTTO, R.S., GRECO, L.F., RIBEIRO, E.S., MARTINEZ, N., LIMA, F.S., STAPLES, C.R., THATCHER, W.W., SANTOS, J.E.P. Influências da nutrição e metabolismo sobre a fertilidade de vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE EMBRIÕES, XXVI, 2012. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2012, p. 158-169.

BUTLER, W. R. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 2533-2539, 1998.

BUTLER, W. R. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 60-61, p. 449-457, 2000.

BUTLER, W. R. Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in post-partum dairy cows. **Animal Science**, v. 26, p. 133-145, 2001.

BÓ, G.A, MAPLETOFT, R.J. Estado del arte de las técnicas de control de desarrollo folicular y la ovulación para el empleo de las biotecnologías. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO APLICADA, 4, 2010. **Anais...** Londrina, 2010, p. 23-48.

CRUZ, L.V., ANGRIMANI, D.S.R., RUI, B.R., SILVA, M.A. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 9, n. 16, 2011.

CURTINAZ, A.; SILVEIRA, P.; **Deteção do cio em vacas de leite**: aspectos clínicos e práticos. 2010. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/nupeec/anexos/caba29d27.pdf>>. Acesso em 24 set. 2013.

EALY, A. D., DROST, M., BARROS, C. M., HANSEN, P. J. Thermoprotection of preimplantation bovine embryos from heat shock by glutathione and taurine. **Cell Biology International Reports**, v. 16, p. 125-131, 1992.

EALY, A. D., HOWELL, J. L., MONTERROSO, V. H., ARÉCHIGA, C. F., HANSEN, P. J. Developmental changes in sensitivity of bovine embryos to heat shock and use of antioxidants as thermoprotectants. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1401-1407, 1995.

EUSTÁQUIO FILHO, A., FARIAS, M.S., SANTOS, P.E.F., SILVA, M.W.R. Balanço energético negativo. **PUBVET**, v. 4, n. 11. Disponível em: <<[http://www.pubvet.com.br/artigos\\_det.asp?artigo=665](http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=665)>. Acesso em 30 set. 2013.

FERREIRA, M. R., AYRES, H. **Fatores que afetam a eficiência reprodutiva de vacas leiteiras – produção de leite.** Disponível em: <<http://static.ourofino.com/files/articles/download/>>. 2010. Acesso em 23 set. 2013.

FRIGOTTO, K.O. **Monitoramento clínico e reprodutivo em vacas leiteiras no período de transição.** 2010. 61p. Tese (Mestrado em Produção Animal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

GALVÃO, K.N. Enfermidades uterinas durante o período pós-parto em vacas de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE EMBRIÕES, XXVI, 2012. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2012, p. 185-191.

GONG, J. G., BRAMLEY, T., WEBB, R. The effect of recombinant bovine somatotropin on ovarian function in heifers: follicular populations and peripheral hormones. **Biology of Reproduction**, v. 45, p. 941-949, 1991.

GUIMARÃES, J. D., ALVES, N. G., COSTA, E. P., SILVA, M. R., COSTA, F. M. J., ZAMPERLINI, B. Eficiências reprodutiva e produtiva em vacas da raça Gir, Holandês e cruzadas Holandês x zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 641-647, 2002.

KIRBY, C. J., WILSON, S. J., LUCY, M. C. Response of dairy cows treated with bovine somatotropin to a luteolytic dose of prostaglandin F<sub>2</sub>α. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 286-294, 1997.

LEFEBVRE, D. M., BLOCK, E. Effect of recombinant bovine somatotropin on estradiol-induced estrous behavior in ovariectomized heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 1461-1464, 1992.

LEITE, T. E., MORAES, J. C. F., PIMENTEL, C. A. Eficiência produtiva e reprodutiva em vacas leiteiras. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 467-472, 2001.

LEROY, J.L.M.R., VAN SOOM, A., OPSOMER, G., GOOVAERTS, I.G.F., BOLS, P.E.J. Reduced fertility in high-yielding dairy cows: Are the oocyte and embryo in danger? Part II. Mechanisms linking nutrition and reduced oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, n. 5, p.623-632, 2008.

LEROY, J.L.M.R., VANHOLDER, T., VAN KNEGSEL, A.T.M., GARCIA-ISPIERTO, I., BOLS, P.E.J. Priorização de nutrientes em vacas leiteiras no pós-parto imediato: discrepância entre metabolismo e fertilidade? In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, XIII, 2009. **Anais...** Uberlândia, 2009, p. 3-16.

LOPEZ, H., SATTLER, L. D., WILTBANK, M. C. Relationship between level of milk production and estrous behaviour of lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 81, p. 209-223, 2004.

LOPEZ, H., CARAVIELLO, D. Z., SATTTER, L. D., FRICKE, P. M., WILTBANK, M. C. Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 8, p. 2783-2793, 2005.

LUCY, M. C. Regulation of follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1635-1647, 2000.

MAATJE, K., LOEFFLER, S. H., ENGEL, B. Optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1098-1105, 1997.

MACMILLAN, K. L., KAUFMA, K. V., BARNES, D. R., DAY, A. M., HENRY, R. Detecting estrus in synchronized heifers using tailpaint and an aerosol raddle. **Theriogenology**, v. 30, p. 1099-1114, 1988.

MOREIRA, F., ORLANDI, C., RISCO, C. A., MATTOS, R., LOPES, F., THATCHER, W. W. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1646-1659, 2001.

MOREIRA, F., BADINGA, L., BURNLEY, C., THATCHER, W. W. Bovine somatotropin increases embryonic development in superovulated cows and improves post-transfer pregnancy rates when given to lactating recipient cows. **Theriogenology**, v. 57, p. 1371-1387, 2002.

NÃÃS, I.A., QUEIROZ, M.P.G., MOURA, D.J., BRUNASSI, L.A. Estimativa de estro em vacas leiteiras utilizando métodos quantitativos preditivos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2383-2387, 2008.

NASCIMENTO, R. **Índice estima a necessidade de resfriamento de vacas leiteiras no combate ao estresse térmico. 2013.** Disponível em: <<http://reagro.com.br/plus/módulos/noticias/ler.php?cdnoticia=2551/>> Acesso em 24 set. 2013.

NETO, J.G., FERNANDES, S.A.A., SILVA, F.F., PEDREIRA, M.S. Uso da somatotropina bovina em búfalas: efeitos sobre a produção e composição do leite. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n. 5, p. 1056-1071, 2009.

NOGUEIRA, G. P. **Farmacologia do eixo hipotálamo-hipófise**. In: SPINOSA, H. S., GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. *Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária*, 3. ed., Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, p. 314-332, 2002.

NÓBREGA, G. H., SILVA, E. M. N., SOUZA, B. B., MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 1, p. 67- 73, 2011.

PANCARCI, S. M., JORDAN, E. R., RISCO, C. A., SCHOUTEN, M. J., LOPEZ, F. L., MOREIRA, F., THATCHER, W. W. Use of estradiol cypionate in presynchronized timed artificial insemination program for lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 122-131, 2002.

PASSINI, R., FERREIRA, F.A., BORGATTI, L.M.O., TERÊNCIO, P.H., SOUZA, R.T.Y.B., RODRIGUES, P.H.M. Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos. **Acta Scientiarum**, v. 31, n. 3, p. 303-309, 2009.

PAULA, K.S., SILVA, D.A. Somatotropina: aspectos relacionados à sua aplicação em vacas leiteiras. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 2, n. 1, p. 8-15, 2011.

PAULA-LOPES, F.F., MILAZZOTTO, M., ASSUMPÇÃO, M.E.O.A., VISINTIN, J.A. Heat shock-induced damage in bovine oocytes. **Reproduction and Fertility Development**, v. 43, p. 208, 2008.

PAULA-LOPES, F.F., LIMA, R.S., RISOLIA, P.H.B., ISPADA, J., ASSUMPÇÃO, M.E.O.A., VISINTIN, J.A. Alterações induzidas pelo estresse térmico em oócitos bovinos: aspectos funcionais e celulares. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE EMBRIÕES, XXVI, 2012. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2012, p. 288-295.

PAVLOK, A., KOUTECKÁ, L., KREJCI, P., SLAVIK, T., CERMAN, J., SLABA, J. DORN, D. Effect of recombinant bovine somatotropin on follicular growth and quality of oocytes in cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 41, p. 183-192, 1996.

PIRES, M. F. A., FERREIRA, A. M., SATURNINO, H. M., TEODORO, R. L. Taxa de gestação em fêmeas da raça Holandesa confinadas em *free stall*, no verão e inverno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 1, p. 57-63, 2002.

PURSLEY, J. R., KOSOROK, M. R., WILTBANK, M. C. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 301-306, 1997.

PURSLEY, R. Synchronization strategies in lactating dairy cows. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, II, 1998. **Anais...** Passos, 1998, p.16-20.

RIBEIRO, E.S., GALVÃO, K.N., THATCHER, W.W., SANTOS, J.E.P. Aspectos econômicos da aplicação de tecnologias reprodutivas a rebanhos leiteiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE EMBRIÕES, XXVI, 2012. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2012, p. 263-280.

RODRIGUES, A. L., SOUZA, B.B., FILHO, J. M. P. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 2, p. 14 - 22, 2010.

RODRIGUES, C.A., RANIERI, A.L., VIEIRA, L.M., SILVA, P.R.L., BARUSELLI, P.S. Aplicação prática das técnicas de reprodução em vacas de leite. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO APLICADA, 4, 2010. **Anais...** Londrina, 2010, p. 143-156.

SANGSRITAVONG, S., COMBS, D. K., SARTORI, R., ARMENTANO, L. E., WILTBANK, M. C. High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 $\beta$  in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 2831-2842, 2002.

SANTOS, J.E.P., CERRI, R.L.A., SARTORI, R. Nutritional management of the donor cow. **Theriogenology**, v.69, p.88-97, 2008.

SANTOS, J.E.P., BISINOTTO, R.S., RIBEIRO, E.S., LIMA, F.S., GRECO, L.F., STAPLES, C.R., THATCHER, W.W. Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. **Society of Reproduction and Fertility Supplement**, v. 67, p. 387-403, 2010.

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**, v. 85, p. 2803-2812, 2002a.

SARTORI, R., ROSA, G. J. M., WILTBANK, M. C. Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 2813-2822, 2002b.

SARTORI, R., GÜMEN, A., GUENTHER, J. N., SOUZA, A. H., CARAVIELLO, D. Z., WILTBANK, M. C. Comparison of artificial insemination versus embryo transfer in lactating dairy cows. **Theriogenology**, v. 65, n. 7, p. 1311-1321, 2006.

SARTORI, R., GUARDIEIRO, M.M. Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 422-432, 2010.

SILVA, E.M.N., SOUZA, B.B., SILVA, G.A. **Estratégias para amenizar o efeito do estresse térmico em animais de produção**. 2010. Disponível em:

<<[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_4/EstresseTermico/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/EstresseTermico/index.htm)>>. Acesso em 30 set. 2013.

SOUZA, A.H., VIECHNIESKI, S., LIMA, F.A., SILVA, F.F., ARAUJO, R., BÓ, G.A., WILTBANK, M.S., BARUSELLI, P.S. Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. **Theriogenology**, v. 72, n. 1, p. 10-21, 2009.

SOUZA, B.B., SILVA, I. J. O., MELLACE, E. M., SANTOS, R. F. S., ZOTTI, C. A., GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2010.

THATCHER, W. W. Manejo de estresse calórico e estratégias para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivo em vacas de leite. XIV CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2010. Uberlândia, MG. **Anais...** 2010, p. 2-25.

WILTBANK, M.C., LOPEZ, H., SARTORI, R.; SANGSRITAVONG, S.; GÜMEN, A. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. **Theriogenology**, v. 65, n. 1, p. 17-29, 2006.