

ESTRATÉGIAS FARMACOLÓGICAS, NUTRICIONAIS E DE MANEJO PARA AUMENTAR A FERTILIDADE DE VACAS LEITEIRAS SOB ESTRESSE TÉRMICO

Todd R. Bilby¹, Ph.D., Lance H. Baumgard², Ph.D., Michelle L. Rhoads², Ph.D. e Robert J. Collier², Ph.D.

¹Texas A&M AgriLife Extension e Research Center, Texas A&M System, Stephenville, TX, 76401

²Department of Animal Sciences, The University of Arizona, Tucson 85701

INTRODUÇÃO

O estresse calórico ou estresse térmico (ET) afeta negativamente todos os aspectos da produção de vacas leiteiras. A queda da produção de leite e as perdas reprodutivas durante o verão afetam significativamente o potencial econômico das granjas leiteiras. O impacto econômico anual do ET sobre a produção animal nos EUA foi estimado em 2 bilhões de dólares, sendo que apenas a indústria leiteira é responsável por prejuízos de 900 milhões de dólares. O estresse térmico ocorre em diferentes combinações de nível de radiação solar, temperatura ambiente e umidade relativa. A situação é complicada ainda mais pela produção de calor metabólico (gerado pela própria vaca). Geralmente, a vaca fica mais sensível ao ET à medida que sua produção de leite aumenta, pois produz mais calor metabólico. A indústria leiteira continua a manter o foco na seleção de características genéticas para produção de leite, o que pode aumentar ainda mais a suscetibilidade das vacas leiteiras ao ET e intensificar ainda mais as quebras na produção de leite durante o verão e a piora do desempenho reprodutivo. Além disso, a seleção para rendimento leiteiro reduz a tolerância de termo-regulação da vaca leiteira (Berman et al., 1985). As raças predominantes nos EUA foram desenvolvidas para climas temperados e são mais produtivas em temperaturas entre 5 e 15°C (41 e 59°F). As vacas apresentam queda de produção quando expostas a temperaturas entre 15 e 25°C (59 a 77°F) (Hahn, 1985). Entretanto, reduções dramáticas ocorrem quando a temperatura supera 25°C (77°F). Consequentemente, estratégias devem ser implementadas para atenuar os efeitos do ET sobre a reprodução e a produção de leite para melhorar o desempenho das vacas e a rentabilidade da granja.

MELHORA DO DESEMPENHO REPRODUTIVO ATRAVÉS DO RESFRIAMENTO DE VACAS SECAS

Tradicionalmente, as vacas secas prenhez recebem pouca proteção contra o ET, pois não estão produzindo leite e incorretamente se supõe que sejam menos suscetíveis aos efeitos do calor. Fatores adicionais de estresse são impostos durante este período devido a mudanças abruptas no estado fisiológico, nutrição e ambiente, que podem aumentar a suscetibilidade da vaca ao ET e têm uma influência crítica sobre sua saúde, produção de leite e reprodução no pós-parto. O período seco é especialmente importante, uma vez que envolve a involução e subsequente desenvolvimento da glândula mamária, rápido crescimento fetal e indução da lactação. O estresse térmico durante este período de tempo pode afetar as respostas endócrinas, levando a abortos, antecipar o parto, reduzir o peso do bezerro ao nascer e reduzir a maturação de folículos e ovócitos associada ao ciclo reprodutivo pós-parto.

Muitos estudos relatando efeitos sutis do ET sobre a fertilidade subsequente foram publicados há mais de 20 anos, quando o rendimento leiteiro médio era muito inferior ao atual. Além disso, nossos sistemas de resfriamento e o conhecimento das estratégias de redução de temperatura (quando, onde e quanto) para

atenuar o ET avançaram significativamente nestes últimos anos. Um estudo conduzido na Arábia Saudita em três granjas relatou melhora em pico de produção de leite (41,23 vs. 39,55 kg), redução do número de serviços por concepção (3,1 vs. 3,7 serviços) e redução da taxa de descarte por falha reprodutiva (7,7 vs. 19 %) para vacas secas submetidas a resfriamento evaporativo vs. apenas sombra (Wiersma e Armstrong, 1988). Mais recentemente, Avendano-Reyes et al. (2006) concluíram que o resfriamento de vacas secas com sombra, ventiladores e aspersão de água vs. vacas que tinham apenas sombra à disposição reduziu o número de serviços por concepção e os dias abertos e aumento o rendimento leiteiro durante o período pós-parto. Em 2006, Urdaz et al. compararam vacas secas expostas a aspersores de água em linha junto ao cocho, ventiladores e sombra com vacas que tinham apenas os aspersores de água à disposição e observaram aumento do rendimento leiteiro de 60 dias sem diferenças em escores de condição corporal (ECC), incidência de distúrbios pós-parto ou concentrações séricas de ácidos graxos não esterificados. Neste estudo, não foram medidos os parâmetros reprodutivos; entretanto, o resfriamento das vacas secas com sombras, ventiladores e aspersores aumentou a produção total de leite aos 60 dias em 84,14 kg/vaca, elevando o lucro estimado anual em US\$2.131/vaca (apenas em base de produção de leite).

O problema dos efeitos residuais (*carry over effects*) do ET durante o verão sobre a fertilidade do outono pode ser acentuado por ET durante o período seco. Sabe-se bem que são necessários cerca de 2 meses para que a baixa fertilidade do outono seja restaurada até o nível médio do inverno. Os folículos antrais levam 40-50 dias para se desenvolver até folículos dominantes e ovular (Roth et al., 2001). Se o ET ocorrer durante este período, tanto o folículo quanto o ovócito em seu interior são danificados. Uma vez que ocorra a ovulação, o ovócito danificado tem poucas chances de ser fertilizado e formar um embrião viável. O resfriamento de vacas secas pode reduzir os efeitos do ET sobre o folículo antral destinada a ovular 40-50 dias depois, que é a época de início da estação de cobertura, aumentando possivelmente as taxas de concepção ao primeiro serviço.

A maior oportunidade de atenuar os efeitos negativos do ET durante o pré e pós-parto é através do resfriamento. Como mencionado acima, o resfriamento de vacas secas com aspersores junto à linha de cocho, ventiladores e sombra é comprovadamente benéfico para a redução do número de serviços por concepção, de descartes por razões reprodutivas, dias abertos e aumento do rendimento leiteiro, com retorno significativo sobre o investimento se comparado a vacas só expostas a sombra ou aspersores (Wiersma e Armstrong, 1988; Avendano-Reyes et al., 2006; Urdaz et al., 2006). Além do resfriamento adequado, a mudança de certas práticas de manejo pode ajudar a atenuar o impacto do ET em áreas de ondas de calor intermitentes. Por exemplo, muitas vacas também são vacinadas quando secas, o que pode causar febre que, se associada ao ET, pode resultar em temperatura corporal acima da normal (38,5 – 39,3°C). Na onda de calor que assolou a Califórnia em 2006, muitas vacas morreram (não só as recém-paridas, como esperado) nos primeiros dias do período seco (observações pessoais não publicadas). Possivelmente, seria benéfico adiar vacinações de vacas secas durante ondas intensas de calor se o curral de vacas secas não estiver equipado para resfriamento.

MELHORANDO A REPRODUÇÃO DA VACA LEITEIRA DURANTE O ESTRESSE TÉRMICO

Como já foi mencionado anteriormente, a seleção genética para produção de leite resultou em aumento da produção de calor metabólico nas vacas leiteiras, aumentando sua suscetibilidade ao ET. Além disso, durante os primeiros dias a semanas após o parto, a vaca está mais vulnerável a doenças infecciosas e distúrbios metabólicos. Os fatores de estresse, associados às mudanças fisiológicas, nutricionais e ambientais, podem afetar o desempenho reprodutivo pós-parto.

Balanço de Energia

Muitos experimentos indicam que o ET reduz tanto o consumo de alimento quanto o rendimento leiteiro e a redução do apetite é comprovadamente uma das principais causas da menor produção. Recentemente, uma série de estudos conduzidos na Universidade do Arizona demonstrou que vacas holandesas submetidas a ET em fase intermediária de lactação vs. vacas alojadas em condições de termoneutralidade e alimentadas igualmente apresentaram maior redução de rendimento leiteiro (14 kg/d vs. 5,9 kg/d, respectivamente; Tabela 1.), apesar de redução semelhante na IMS (4,9 kg/d vs. 5,9 kg/d, respectivamente; Rhoads et al., 2007; Tabela 2.). Em um experimento semelhante, vacas expostas ao ET entraram e se mantiveram em balanço negativo de energia (BEN; ~4-5 Mcal/d) durante toda a duração do ET (Wheelock et al., 2006; Tabela 3). Entretanto, ao contrário do BEN em condições termo-neutras, o BEN induzido pelo ET não resultou em elevação dos níveis plasmáticos de ácidos graxos não esterificados, mas elevou a utilização de glicose (entrada de glicose nas células) em comparação a vacas recebendo a mesma dieta, mas mantidas em condições de termoneutralidade. Estes estudos indicam que a redução na IMS só é responsável por 40-50 % da redução na produção quando as vacas são submetidas ao ET e 50-60 % podem ser explicados por outras alterações induzidas pelo ET. Além disso, o mecanismo adaptativo faz com que a glicose seja utilizada como fonte de energia em vez dos ácidos graxos não esterificados para manter a produção de leite e satisfazer as necessidades diárias de manutenção durante o ET. Este processo pode ter implicações sobre a fertilidade, uma vez que ovócito, embrião e feto utilizam a glicose como fonte de energia. Leroy et al., (2006) demonstraram que a taxa de clivagem e o desenvolvimento de blastocistos foram significativamente reduzidos *in vitro* em ambiente de baixo teor de glicose, comparado a um meio contendo níveis fisiológicos de glicose.

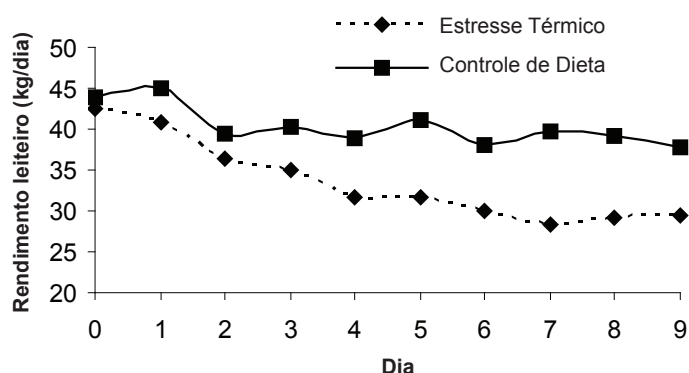


Figura 1. Efeitos do ET, controle de dieta e condições de termoneutralidade sobre o rendimento leiteiro de vacas holandesas em lactação. Adaptado de Rhoads et al., 2007.

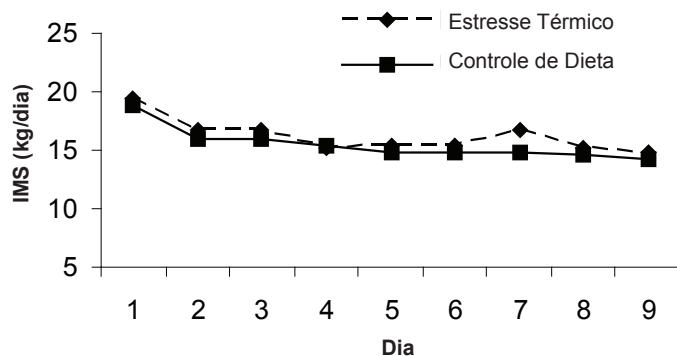


Figura 2. Efeitos do ET, controle de dieta e condições de termoneutralidade sobre o consumo de matéria seca de vacas holandesas em lactação. Adaptado de Rhoads et al., 2007

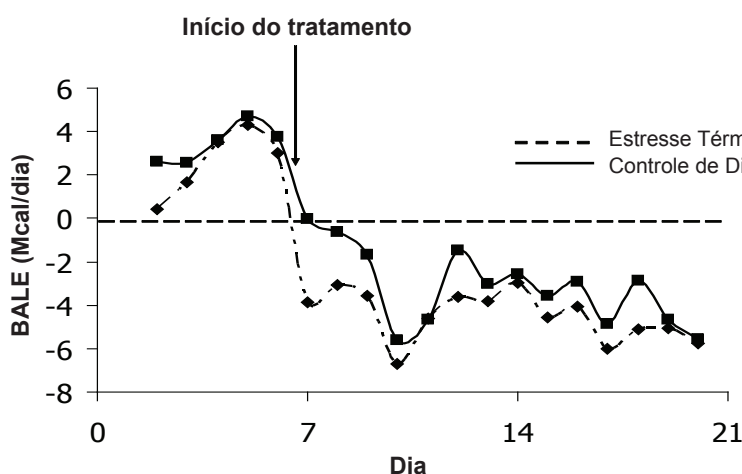


Figura 3. Efeitos do ET, controle de dieta e condições de termoneutralidade sobre o balanço líquido de energia de vacas holandesas em lactação. Adaptado de Wheelock et al., 2006.

As alterações do sistema endócrino afetam não só o rendimento leiteiro, como também o desempenho reprodutivo. A vaca leiteira em lactação direciona inicialmente os nutrientes para o crescimento e ganho de peso (vacas de 2 a 3 anos de idade), manutenção e lactação antes de suprir os órgãos reprodutivos com nutrientes para a função ovariana e crescimento embrionário. Como mencionado acima, o ET induz balanço negativo de energia e vários estudos indicam que vacas leiteiras em lactação que perdem mais de 0,5 unidades de ECC aos 70 dias pós-parto apresentam um prolongamento do intervalo entre parto e primeiro estro detectado e (ou) ovulação (Butler, 2000; Beam e Butler, 1999). Garnsworthy e Webb (1999) relataram que as taxas de concepção mais baixas foram observadas em vacas que perderam mais de 1,5 unidades de ECC entre o parto e a inseminação. Além disso, Butler (2000) relatou que as taxas de concepção variaram entre 17 e 38 % quando o ECC caiu 1 unidade ou mais, entre 25 e 53 % se a perda era de 0,5 a 1 unidade e > 60 % se as vacas não perdiam mais de 0,5 unidade ou ganhavam peso.

Outro aspecto interessante além do ET que também prejudica a fertilidade de vacas leiteiras é o aumento das concentrações plasmáticas de uréia. Em termos de efeitos sobre a fertilidade, a maior parte das pesquisas avaliou a uréia produzida como resultado do metabolismo de proteínas no rúmen. Entretanto, concentrações elevadas de uréia também ocorrem em consequência de catabolismo de músculos esqueléticos. Efeitos diretos do ET sobre o catabolismo muscular foram relatados em vacas em lactação (Kamiya et al., 2006), com elevação dos níveis plasmáticos de uréia decorrentes das alterações fisiológicas que ocorrem em vacas expostas ao ET em comparação a vacas submetidas a restrição alimentar em condições de termoneutralidade (Wheelock et al., não publicado). Desta forma, a elevação dos níveis plasmáticos de uréia pode exacerbar a redução da fertilidade que frequentemente ocorre após períodos de ET.

Atividade Estral, Função Hormonal e Desenvolvimento Folicular

O estresse térmico reduz a duração e a intensidade do estro. Por exemplo, no verão, a atividade motora e outras manifestações do estro são reduzidas (Hansen e Arechiga, 1999) e a incidência de anestro e ovulações silenciosas é maior (Gwazdauskas et al., 1981). Nebel et al. (1997) relataram que vacas holandesas em estro durante o verão apresentavam 4,5 montas/estro vs. 8,6 montas durante o inverno. Em uma granja comercial na Flórida, eventos estrais não detectados foram estimados em 76 a 82 % durante o verão (junho a setembro), contra 44 a 65 % durante o inverno (outubro a maio) (Thatcher e Collier, 1986).

O estresse térmico afeta a seleção do folículo e aumenta a duração das ondas foliculares, reduzindo assim

a qualidade dos ovócitos e modulando a esteroidogênese folicular (Roth et al., 2001). Sabe-se que o ET do verão reduz o número de folículos subordinados e também o grau de dominância do folículo dominante, além de reduzir os níveis de inibina e estrógeno (Wolfenson et al., 1995; Wilson et al., 1998). O aumento da duração da dominância folicular induzido pelo ET foi associado a piora da fertilidade em novilhas de corte (Mihm et al., 1994). Ryan e Boland (1991) observaram maior incidência de gestações gemelares em vacas leiteiras durante o verão vs. inverno. O ET durante o verão reduz a dominância folicular, permitindo o desenvolvimento de mais de um folículo dominante, o que explica a maior incidência de gestações gemelares no verão. Como mencionado anteriormente, o folículo destinado a ovular emerge 40-50 dias antes da ovulação. Desta forma, se o ET ocorrer em algum momento durante este período, pode comprometer o crescimento folicular e a capacidade esteroidogênica. Além disso, por ação direta das altas temperaturas ou por alterações da função folicular, a qualidade do ovócito também pode ser comprometida.

Ovócitos, Fertilização e Desenvolvimento Inicial do Embrião

Durante o verão, o ET reduz as taxas de concepção e prenhez e este efeito se mantém nos meses de outono (Wolfenson et al., 2000). Os ovócitos obtidos de vacas leiteiras durante o ET do verão apresentam menor competência *in vitro* (Rocha et al., 1998). Rutledge et al. (1999) também relataram redução no número de ovócitos de vacas holandesas que se desenvolviam até o estágio de blastocisto nos meses quentes em comparação a meses mais frescos. Em ambos os estudos, a taxa de fertilização não foi afetada pela estação do ano, mas a menor taxa de desenvolvimento após a fertilização durante o verão foi indicativa de danos sofridos pelo ovócito. Quando novilhas doadoras superovuladas foram expostas ao ET por 16 horas a partir da manifestação do estro, não houve efeito sobre a taxa de fertilização. Entretanto, o número de embriões normais recuperados no dia 7 após o estro foi reduzido (Putney et al., 1988a). Isto demonstra que mesmo um curto período de ET pode afetar a competência do ovócito no folículo pré-ovulatório. Além disso, a exposição de cultura de ovócitos a temperaturas elevadas durante a maturação reduz a taxa de clivagem e a proporção de ovócitos que evoluem até blastocistos (Edwards e Hansen, 1997).

O estresse térmico também pode afetar o embrião em suas fases iniciais de desenvolvimento. Quando as vacas foram submetidas ao ET entre o dia 1 e 7 depois do estro, houve redução da qualidade dos embriões e atraso de desenvolvimento dos embriões coletados do trato reprodutivo no dia 7 pós-estro (Putney et al., 1989). Além disso, os embriões coletados de vacas doadoras superovuladas durante os meses de ET do verão foram menos capazes de se desenvolver em cultura que embriões coletados de vacas superovuladas durante o outono, inverno e primavera (Monty e Ravacasky, 1987). Drost et al. (1999) demonstraram que a transferência de embriões produzidos *in vivo* por vacas em condições de termoneutralidade resultava em maior taxa de prenhez em receptoras submetidas ao ET em comparação às vacas sob ET submetidas à IA. Os embriões parecem ser mais suscetíveis aos efeitos do ET em certos estágios do desenvolvimento, como demonstrado *in vitro*. ET *in vitro* no estágio de 2 a 4 células resultou em maior perda embrionária que ET no estágio de mórula (Paula-Lopes e Hansen, 2002). Um estudo anterior também demonstrou que ET retardava mais o desenvolvimento embrionário quando aplicado no estágio de 2 células que no estágio de mórula (Edwards e Hansen, 1997) ou aos 3 dias após a fertilização que no dia 4 (Ju et al., 1999).

Estágios Mais Avançados de Desenvolvimento Embrionário

O ET afeta não só o ovócito e o embrião em fase inicial de desenvolvimento, também pode reduzir o crescimento embrionário até o dia 17, que é um momento crítico para a produção embrionária de interferon-tau. Níveis adequados de interferon-tau são fundamentais para reduzir a secreção pulsátil de prostaglandina $F_{2\alpha}$, bloquear a regressão do CL e manter a prenhez. Biggers et al. (1987) indicaram que o ET reduzia o peso de embriões recuperados no dia 17 de vacas de corte. Esta redução do tamanho do embrião foi associada a níveis mais baixos de interferon-tau para a inibição da secreção pulsátil de prostaglandina $F_{2\alpha}$. Putney et

al. (1988b) incubaram embriões e explantes endometriais obtidos no dia 17 de gestação em temperaturas de termoneutralidade (39 °C, 24 h) ou ET (39 °C, 6 h; 43 °C, 18 h). As condições de ET resultaram em redução da síntese de proteínas e secreção de interferon-tau em 71 % dos embriões; entretanto, a secreção endometrial de prostaglandina $F_{2\alpha}$ e secreção embrionária de prostaglandina E_2 aumentaram em resposta ao ET em 72 %. Estes estudos demonstram de forma coletiva que tanto o embrião quanto o ambiente uterino podem ser afetados pelo ET, inibindo a capacidade do embrião de secretar interferon-tau (sinal para o bloqueio da regressão do CL) e manter a prenhez e (ou) manipular a produção de importantes proteínas endometriais.

As concentrações plasmáticas de insulina, fator de crescimento 1 semelhante à insulina (IGF-1) e glicose são reduzidas no verão em comparação ao inverno; provavelmente, devido à baixa IMS e ao balanço negativo de energia. Esta redução em importantes fatores de crescimento e nutrientes para a reprodução impede o desenvolvimento normal do embrião e a produção de interferon-tau. Bilby et al. (2006) relataram que a suplementação de vacas leiteiras em lactação com hormônio de crescimento recombinante no momento da IA e 11 dias depois resultou em maior liberação de fatores de crescimento, maior comprimento do concepto, produção de interferon-tau e maiores taxas de prenhez em vacas leiteiras em lactação comparadas a vacas que não receberam suplementação de bST. Possivelmente, a maior disponibilidade de importantes fatores de crescimento durante épocas de ET pode promover melhor sobrevivência e desenvolvimento embrionários.

A perda embrionária é outro importante fator que afeta a fertilidade e cuja incidência é mais elevada durante o ET. Vacas leiteiras que concebem um embrião ou gêmeos tem, respectivamente, 3,7 e 5,4 vezes maior probabilidade de perder seus embriões durante na estação quente comparada à fria (Lopez-Gatius et al., 2004). Além disso, a probabilidade de perda da prenhez comprovadamente aumenta 1,05 vezes para cada unidade de aumento no índice médio temperatura máxima-umidade (THI) entre os dias 21 – 30 de gestação (Figura 4).

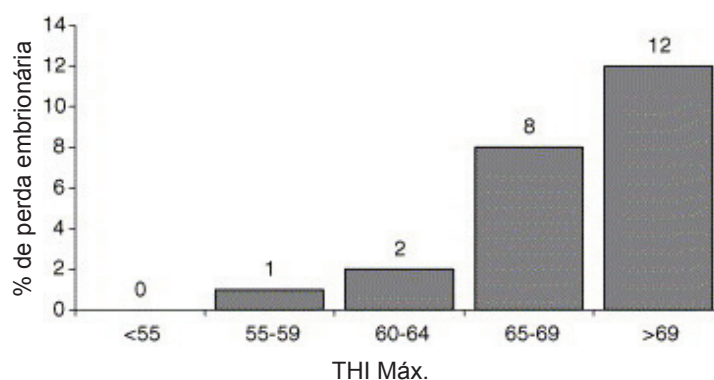


Figura 4. Taxas de perda embrionária para diferentes índices de temperatura máxima-umidade durante os dias 21 – 30 de gestação. Adaptado de Garcia-Ispuerto et al., 2006.

REDUÇÃO DOS EFEITOS NEGATIVOS DO ESTRESSE TÉRMICO PÓS-PARTO

O manejo da vaca leiteira em ambientes de calor intenso melhorou consideravelmente com a publicação de resultados de inúmeras pesquisas. Duas estratégias fundamentais são minimizar o ganho de calor pela redução da carga resultante da insolação e maximizar a perda de calor através da redução da temperatura do ar ao redor do animal ou promover maior perda evaporativa de calor diretamente pelos animais. A seguir discutimos diversas estratégias que podem potencialmente ajudar a atenuar os impactos negativos do ET sobre a reprodução de vacas leiteiras em lactação.

Conforto e Resfriamento das Vacas

Identificar os pontos de ET na granja permite implantar estratégias adequadas para o resfriamento ou manejo para eliminar os *hot spots* (áreas de maior concentração de calor). Os dispositivos usados para monitorar a temperatura corporal de vacas utilizam um monitor ligado a um dispositivo intravaginal inerte (CIDR®, Pfizer Animal Health, New York, NY). O dispositivo é inserido na vagina da vaca e mede a temperatura a cada minuto por até 6 dias, permitindo que se identifiquem as áreas de ET.

Oferecer sombra e resfriamento é fundamental para assegurar o conforto das vacas. A área mínima de sombra é de 3,5 a 4,1 m²/vaca leiteira adulta para reduzir a incidência de radiação solar. Sistemas de pulverizadores/aspersores de água e ventiladores devem ser usados na baia, sobre os cochos, em freestalls e sob coberturas em granjas de climas áridos. Uma maneira de baixo custo de resfriar as vacas é no corredor de saída da sala de ordenha. Além disso, é fundamental garantir acesso a água durante épocas de ET, aumentando a quantidade por animal 1,2 a 2 vezes durante o calor. Vacas em lactação necessitam de 132 a 170 litros de água por dia. Recomenda-se localizar os bebedouros na saída da sala de ordenha, em dois pontos do drylot e entre as áreas de cocho e descanso em granjas tipo freestall. Não se pode esquecer que o leite é composto de 90 % de água; o consumo de água é vital para a produção de leite e para a manutenção da homeostase.

O curral de espera é geralmente uma área de ET. As vacas ficam agrupadas em um espaço confinado por minutos a horas, embora não devam passar mais de 60 a 90 minutos no curral de espera. Recomenda-se instalar uma cobertura para sombra, ventiladores e aspersores. Um estudo do Arizona demonstrou uma queda de 2°C na temperatura corporal e um aumento de 0,8 kg na produção de leite/vaca/dia quando as vacas foram resfriadas com ventiladores e aspersores antes de entrar na sala de ordenha (Wiersma e Armstrong, 1983). Práticas de manejo como apartação, inclusão de vacas ao rebanho, exames veterinários e outros procedimentos devem ser sempre realizadas cedo pela manhã. As vacas apresentam a maior temperatura corporal entre as 6 da tarde e meia-noite. A redução dos horários de manejo pode reduzir o ET, especialmente em granjas que não dispõem de dispositivos de resfriamento no galpão.

Modificações Nutricionais

O impacto da nutrição sobre a reprodução já foi bem documentado. O controle dos distúrbios metabólicos permite melhorar a reprodução durante os meses de calor. Algumas estratégias simples de formulação e manejo nutricional podem ser implantadas para atenuar os efeitos negativos do ET sobre a reprodução.

As necessidades de manutenção de vacas leiteiras em lactação aumentam significativamente com a elevação da temperatura ambiente. Sempre que possível, deve-se aumentar o número de refeições para estimular a IMS. Além disso, fornecer alimento nas horas mais frescas do dia e elevar o teor de umidade da dieta de 35 a 40 % para 45 a 50 % estimula o consumo.

A vaca sob ET é mais suscetível à acidose e muitos dos efeitos do calor (laminite, redução do teor de gordura do leite, etc.) podem provavelmente ser relacionados ao baixo pH ruminal durante o calor. Assim, dietas muito concentradas devem ser fornecidas com extrema cautela em épocas de calor. Obviamente, a qualidade da fibra é sempre importante, mas passa a ser vital durante o verão, uma vez que tem capacidade de tamponamento e estimula a produção de saliva. Além disso, a suplementação da dieta com HCO₃⁻ pode ser bastante importante para manter o pH ruminal.

O fornecimento de gordura na dieta (gordura inerte no rúmen/ bypass) continua a ser uma boa estratégia de fornecer energia adicional durante o balanço negativo de energia. Em comparação ao amido e fibra, a gordura resulta em incremento calórico muito mais baixo no rúmen, fornecendo energia sem o efeito térmico adverso.

Wheelock et al. (2006) já tinham demonstrado que a maximização da produção ruminal de precursores de

glicose (propionato) pode ser uma estratégia eficaz para manter a produção durante o ET. Entretanto, devido a questões de saúde ruminal, é preciso fornecer os grãos com muito cuidado. Um método seguro e eficaz de maximizar a produção ruminal de propionato é através da administração de monensina (aprovada para vacas leiteiras em lactação em 2004). Além disso, a monensina pode ajudar a estabilizar o pH ruminal em situações de estresse. Muitas vezes o propileno glicol é fornecido às vacas em início de lactação e pode ser um método eficaz de aumentar a produção de propionato durante o ET. Com a crescente demanda por biocombustíveis e a disponibilidade de glicerol, seria interessante avaliar sua segurança e eficácia para ruminantes.

Uma boa estratégia para manter a saúde e maximizar a produção é manter a diferença entre cátions e ânions da dieta (**DCAD**) negativa durante o período seco e positiva durante a lactação. Parece que a manutenção da DCAD em níveis normais durante a lactação (aprox. +20 a +30 meq/100 g MS) é uma boa estratégia para os meses de calor (Wildman et al., 2007).

Ao contrário de seres humanos, os bovinos utilizam potássio (K^+) como principal regulador osmótico de secreção de água das glândulas sudoríparas. Assim, as necessidades de K^+ se elevam (1,4 a 1,6 % da MS) durante o calor e devem ser compensadas por um ajuste da dieta. Além disso, os níveis de sódio (Na^+) e magnésio (Mg^+) também devem ser elevados, uma vez que competem com o K^+ pela absorção intestinal.

Alterações do Protocolo Reprodutivo

Recomenda-se observar o estro mais frequentemente durante o calor (tempo e número de observações visuais). A aplicação de tinta na região da inserção da cauda é o artifício mais popular para detecção de estro e deve ser usada em quantidade adequada e cores de fácil visualização, juntamente com a detecção visual dos sinais de estro. Existem inúmeras tecnologias disponíveis para melhorar a identificação do estro. O sistema HeatWatch® (CowChips, LLC, Denver, CO) registra o número e o tempo de monta durante o estro através de um transdutor de radiotelemetria de pressão aplicado à região da inserção da cauda para transmitir as informações para um computador. Os pedômetros também podem ser usados para detectar o aumento de atividade física associado ao estro.

O estresse térmico afeta significativamente a fertilidade de touros. A qualidade do sêmen apresenta piora quando os touros são continuamente expostos a temperaturas de 30 °C por 5 semanas ou 37,7 °C por 2 semanas, apesar de não haver efeito aparente sobre a libido. O estresse térmico reduz a concentração espermática e a motilidade e aumenta a porcentagem de espermatozoides morfologicamente anormais por ejaculado. Depois de um período de ET, a qualidade do sêmen só retorna ao normal em cerca de 2 meses devido à duração do ciclo espermático, contribuindo para o efeito de carry-over do ET sobre a reprodução, tornando recomendável a verificação periódica da qualidade do sêmen. Muitos produtores usam um número fixo de IAs (geralmente 3 IAs) e em seguida expõem a vaca ao touro; entretanto, talvez seja melhor continuar a usar IA para procurar evitar os efeitos negativos do ET sobre o touro.

O uso de IA em tempo fixo (**IATF**) para evitar os efeitos negativos da menor detecção de estro já está bem documentado. O uso dos protocolos de IATF (Ovsynch, Cosynch72, ou Ovsynch56), associados ou não à detecção de estro, pode melhorar a fertilidade durante os meses de verão. Um estudo conduzido na Flórida durante o verão obteve aumento da taxa de prenhez aos 120 dias pós-parto (27% vs. 16,5%, respectivamente) e redução no número de dias abertos, no intervalo entre o parto e a primeira cobertura e no número de serviços por concepção em vacas submetidas a IATF versus inseminadas após detecção de estro (De la Sota et al., 1998).

Outra maneira possível de melhorar a fertilidade no verão é através da administração de uma injeção de GnRH ao estro. Ullah et al. (1996) injetaram GnRH em vacas leiteiras em lactação após detecção do estro durante o verão no Mississippi e obtiveram aumento da taxa de concepção de 18% para 29%. Em outro estudo conduzido em Israel, as vacas receberam a injeção de GnRH ao primeiro sinal de estro durante os

meses de verão e outono e houve aumento da taxa de concepção em comparação aos controles não tratados (41 % e 56 %, respectivamente; Kaim et al., 2003).

POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA A MELHORA DA FERTILIDADE DURANTE O CALOR

A transferência de embriões pode melhorar significativamente as taxas de prenhez durante os meses de verão (Drost et al., 1999), evitando o período (antes do dia 7) em que o embrião é mais suscetível ao ET. Mas esta não é uma técnica amplamente utilizada, pois existe a necessidade de aperfeiçoamento na produção *in vitro* de embriões, congelamento, protocolos de transferência e para redução do custo de embriões comerciais antes que se torne uma solução viável.

A seleção de determinados genes que controlam características relacionadas à termotolerância faz com que seja possível selecionar animais mais resistentes sem afetar inadvertidamente a seleção para rendimento leiteiro (Hansen e Arechiga, 1999). As características que poderiam ser selecionadas incluem coloração da pelagem, genes que controlam o comprimento dos pelos e genes que controlam a resistência celular ao choque térmico (consultar revisão de Hansen e Arechiga, 1999). Além disso, a modificação genética ou alteração das propriedades bioquímicas do embrião antes da transferência poderiam melhorar a resistência térmica e a fertilidade.

Alguns aditivos de ração podem atenuar parcialmente os efeitos do ET através de maior dissipação de calor, reduzindo assim a temperatura interna do organismo. Em vários estudos, culturas de fungos adicionadas à dieta reduziram a temperatura corporal e a frequência respiratória durante o calor, mas não em épocas mais amenas (Huber et al., 1994). Um experimento recente no Arizona demonstrou maior sudorese e redução da temperatura corporal quando niacina encapsulada foi fornecida a vacas em lactação, em comparação a controles mantidos em condições de termoneutralidade (Zimbelman et al., 2007). Um estudo complementar foi conduzido em uma granja comercial durante os meses de verão no Arizona com niacina protegida fornecida a vacas em final de lactação. Os resultados demonstram efeitos semelhantes, com redução da temperatura corporal durante as horas mais quentes do dia e maior produção de leite corrigido para gordura e energia (Zimbelman et al., 2008). O fornecimento de ácidos graxos insaturados a ovelhas alterou a composição lipídica dos ovócitos, aumentando a termotolerância (Zeron et al., 2002). O uso de técnicas de encapsulamento para proteger aditivos da ação ruminal poderá resultar em maior perda de calor e (ou) a manipulação da composição bioquímica celular, melhorando a função reprodutiva durante os meses de calor; entretanto, mais estudos são necessários.

O THI é calculado usando tanto a temperatura ambiente quanto a umidade relativa. Até o momento, os pesquisadores sugerem que as vacas passam a sentir estresse a partir de um THI de 72. Os valores de THI foram divididos em níveis de estresse brando, moderado e grave pelo Livestock Conservation Institute (Armstrong, 1994). Berman (2005) ressaltou que os dados que justificam esta classificação não são claros. Por exemplo, o índice é baseado em uma análise retrospectiva de estudos conduzidos na Universidade do Missouri no final dos anos 50 e início da década de 60 com um total de 56 vacas com produção média de 15,4 kg de leite/dia, variando de 2,6 a 31,7 kg/dia. Hoje em dia, a produção média por vaca nos Estados Unidos é superior a 28 kg/dia e muitas vacas produzem mais de 45 kg/dia em pico de lactação. Estudos estão sendo conduzidos na Universidade do Arizona para reavaliar o índice THI usando vacas leiteiras modernas de alta produção. Provavelmente, a nova interpretação do THI será um estímulo ao maior uso de técnicas de resfriamento em temperaturas mais baixas que as atualmente recomendadas, reduzindo os efeitos negativos do ET sobre a reprodução.

CONCLUSÃO

Um bom sistema de resfriamento ainda é a maneira mais eficaz e rentável de melhorar tanto a produção de leite quanto a reprodução durante os meses de calor e ET. Até mesmo regiões de clima geralmente ameno podem ter períodos de ondas de calor e ET, que reduzem dramaticamente a fertilidade. As vacas secas também são suscetíveis ao ET e devem ser submetidas a algum tipo de resfriamento para melhorar a fertilidade após a parição. O ET pós-parto pode reduzir significativamente as taxas de prenhez e seus efeitos podem se prolongar até o os meses de outono. Estratégias para reduzir e atenuar os efeitos negativos do ET sobre a fertilidade como sistemas de resfriamento, ajustes nutricionais e alterações de protocolos reprodutivos podem melhorar a rentabilidade das granjas leiteiras.

REFERÊNCIAS

- Al-Katanani, Y. M., D. W. Webb, and P. J. Hansen. 1999. Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate. *J. Dairy Sci.* 82(12):2611-2616.
- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interactions with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2050.
- Avendano-Reyes, L., F.D. Alvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderon, J.S. Saucedo-Quintero, P.H. Robinson, and J.G. Fadel. 2006. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. *Livestock Sci.* 105:198-206.
- Beam, S. W., and W. R. Butler. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 54:411-424.
- Berman, A. J. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83:1377-1384.
- Berman, A., Y. Folman, M. Kaim, M. Mamen, Z. Herz, D. Wolfenson, A. Arieli, and Y. Graber. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical environment. *J. Dairy Sci.* 68:1488-1495.
- Biggers, B. G., R. D. Geisert, R. P. Wettemann, and D. S. Buchanan. 1987. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:1512-1518.
- Bilby, T. R., A. Sozzi, M. M. Lopez, F. Silvestre, A. D. Ealy, C. R. Staples, and W. W. Thatcher. 2006. Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: I. Ovarian, conceptus and growth hormone – Insulin-like growth factor system responses. *J. Dairy Sci.* 89:3375-3385.
- Butler, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:449-457.
- De la Sota, R.L., J.M. Burke, C.A. Risco, F. Moreira, M.A. DeLorenzo, and W.W. Thatcher. 1998. Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. *Theriogenology* 49:761-770.
- Drost, M., J. D. Ambrose, M. J. Thatcher, C. K. Cantrell, K. E. Wolsdorf, J. F. Hasler, and W. W. Thatcher. 1999. Conception rates after artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows during summer in Florida. *Theriogenology* 52:1161-1167.
- Edwards, J. L., and P. J. Hansen. 1997. Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 46:138-145.
- Garcia-Ispuerto, F. Lopez-Gatius, G. Bech-Sabat, P. Santolaria, J. L. Yaniz, C. Nogareda, F. De Rensis,

- and M. Lopez-Bejar. 2007. Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology* 67:1379-1385.
- Garnsworthy, P. C., and R. Webb. 1999. The influence of nutrition on fertility in dairy cows. In: P.C. Garnsworthy and J. Wiseman (eds), *Recent Advances in Animal Nutrition*, 1999, (Nottingham University Press, UK), 39-57.
- Gwazdauskas, F. C., W. W. Thatcher, C. A. Kiddy, M. J. Paape, and C. J. Wilcox. 1981. Hormonal patterns during heat stress following PGF_{2a}-tham salt induced luteal regression in heifers. *Theriogenology* 16:271-285.
- Hahn, G. L. 1985. Management and housing of farm animals in hot environments. Pages 151-174 in *Stress Physiology in Livestock* (Vol. 2). M. Yousef, ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hansen, P. J., P. Soto, and R. P. Natzke. 2004. Mastitis and fertility in cattle – possible involvement of inflammation or immune activation in embryonic mortality. *Am. J. Reprod. Immunol.* 51:294-301.
- Hansen, P. J., and C. F. Arechiga. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 2):36-50.
- Huber, J. T., G. Higginbotham, R. A. Gomez-Alarcon, R. B. Taylor, K. H. Chen, S. C. Chan, and Z. Wu. 1994. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *J. Dairy Sci.* 77:2080-2090.
- Hulme, M. 1997. Global warming. *Prog. Phys. Geogr.* 21:446-453.
- Ju, J.-C., J. E. Parks, and X. Yang. 1999. Thermotolerance of IVM-derived bovine oocytes and embryos after short-term heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 53:336-340.
- Kaim, H., A. Bloch, D. Wolfenson, R. Braw-Tal, M. Rosenberg, H. Voet, and Y. Folman. 2003. Effects of GnRH administered to cows at the onset of estrus on timing of ovulation, endocrine responses, and conception. *J. Dairy Sci.* 86:2012-2021.
- Kamiya, M. et al. 2006. Effects of high ambient temperature and restricted feed intake on urinary and plasma 3-methylhistidine in lactating holstein cows. *J. Anim. Sci.* 77: 201-207.
- Mihm, M., A. Bagnisi, M. P. Boland, and J. F. Roche. 1994. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *J. Reprod. Fertil.* 102:123-130.
- Monty, D. E., and C. Racowsky. 1987. In vitro evaluation of early embryo viability and development in summer heat-stressed, superovulated dairy cows. *Theriogenology* 28:451-465.
- Nebel, R. L., S. M. Jobst, M.B.G. Dransfield, S. M. Pandolfi, and T. L. Bailey. 1997. Use of radio frequency data communication system, HeatWatch®, to describe behavioral estrus in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80 (Suppl. 1):179. (Abstr.)
- Paula-Lopes, F. F., and P. J. Hansen. 2002. Heat-shock induced apoptosis in bovine preimplantation embryos is a developmentally-regulated phenomenon. *Biol. Reprod.* 66:1169-1177.
- Putney, D. J., M. Drost, and W. W. Thatcher. 1988a. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperature between days 1 to 7 post insemination. *Theriogenology* 30:195-209.
- Putney, D. J., J. R. Malayer, T. S. Gross, W. W. Thatcher, P. J. Hansen, and M. Drost. 1988b. Heat stress-induced alterations in the synthesis and secretion of proteins and prostaglandins by cultured bovine conceptuses and uterine endometrium. *Biol. Reprod.* 39:717-728.

- Putney, D. J., M. Drost, and W. W. Thatcher. 1989. Influence of summer heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. *Theriogenology* 31:765–778.
- Rensis, F.D., and R.J. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cows—a review. *Theriogenology* 60:1139–1151.
- Rhoads, M.L., R. P. Rhoads, S. R. Sanders, S. H. Carroll, W. J. Weber, B. A. Crooker, R. J. Collier, M. J. VanBaale and L. H. Baumgard. 2007. Effects of Heat Stress on Production, Lipid Metabolism and Somatotropin Variables in Lactating Cows. *J. Dairy Sci.* 90(Suppl. 1):230. (Abstr.)
- Roth, Z., A. Arav, A. Bor, Y. Zeron, R. Braw-Tal, and D. Wolfenson. 2001. Improvement of quality of oocytes collected in the autumn by enhanced removal of impaired follicles from previously heat-stressed cows. *Reproduction* 122:737–744.
- Rocha, A., R. D. Randel, J. R. Broussard, J. M. Lim, R. M. Blair, J. D. Roussel, R. A. Godke, and W. Hansel. 1998. High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos Taurus* but not in *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 49:657–665.
- Roush, W. 1994. Population—the view from Cairo. *Science* 265: 1164–1167.
- Rutledge, J. J., R. L. Monson, D. L. Northey, and M. L. Leibfried-Rutledge. 1999. Seasonality of cattle embryo production in a temperate region. *Theriogenology* 51(Suppl.1):330. (Abstr.)
- Ryan, D.P., and M.P. Boland. 1991. Frequency of twin births among Holstein X Friesian cows in a warm dry climate. *Theriogenology* 36:1–10.
- Thatcher, W. W., and R. J. Collier. 1986. Effects of climate on bovine reproduction. In: D. A. Morrow (Ed.) *Current Therapy in Theriogenology* 2. pp 301–309. W. B. Saunders, Philadelphia.
- Ullah, G., J.W. Fuquay, T. Keawhoong, B.L. Clark, D.E. Pogue, and E.J. Murphy. 1996. Effect of gonadotrophin-releasing hormone at estrus on subsequent luteal function and fertility in lactating Holstein during heat stress. *J. Dairy Sci.* 79:1950–1953.
- Urdaz, J.H., M.W. Overton, D.A. Moore, and J.E.P. Santos. 2006. Technical Note: Effects of adding shade and fans to a feedbunk sprinkler system for preparturient cows on health and performance. *J. Dairy Sci.* 89:2000–2006.
- Wheelock, J.B., S.R. Sanders, G. Shwartz, L.L. Hernandez, S.H. Baker, J.W. McFadden, L.J. Oden, R. Burgos, S.R. Hartman, R.M. Johnson, B.E. Jones, R.J. Collier, R.P. Rhoads, M.J. VanBaale and L.H. Baumgard. 2006. Effects of heat stress and rbST on production parameters and glucose homeostasis. *J. Dairy Sci.* 89. Suppl. (1):290–291. (Abstr.)
- Wiersma, F., and D. V. Armstrong. 1983. Cooling dairy cattle in the holding pen. ASAE paper no. 83-4507. ASAE, St. Joseph, MI.
- Wiersma, F., and D. V. Armstrong. 1988. Evaporative cooling dry cows for improved performance. ASAE paper no. 88-4053, St. Joseph, MI.
- Wildman, C.D., J.W. West, and J.K. Bernard. 2007. Effect of dietary cation-anion difference and dietary crude protein on performance of lactating dairy cows during hot weather. *J. Dairy Sci.* 90:1842–1850.
- Wilson, S. J., R. S. Marion, J. N. Spain, D. E. Spiers, D. H. Keisler, and M. C. Lucy. 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Cows. *J. Dairy Sci.* 81:2139–2144.
- Wolfenson D, W.W. Thatcher, L. Badinga, J.D. Savio, R. Meidan, B.J. Lew, R. Braw-Tal and A. Berman. 1995. Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biol. Reprod.* 52:1106–1113.

- Wolfenson, D., Z. Roth, and R. Meidan. 2000. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Anim. Reprod. Sci.* 60/61:535–547.
- Zeron, Y., D. Sklan, and A. Arav. 2002. Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Mol. Reprod. Dev.* 61:271-278.
- Zimbelman, R. B., J. Muumba, L. H. Hernandez, J. B. Wheelock, G. Shwartz, M. D. O'Brien, L. H. Baumgard, and R. J. Collier. 2007. Effect of encapsulated niacin on resistance to acute thermal stress in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 86(Suppl. 1):231. (Abstr.)
- Zimbelman, R. B., R. J. Collier, and T. R. Bilby. 2008. Effect of encapsulated niacin on resistance to acute thermal stress in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* (Suppl. 1.; Abstr. In press).