

ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS SOB ESTRESSE TÉRMICO

Charles R. Staples

Department of Animal Sciences

University of Florida

RESUMO

- Formulação de dietas contendo concentrações um pouco maiores de FDN e FDA para minimizar o risco de acidose ruminal, cuja ocorrência é mais freqüente durante o estresse térmico.
- A inclusão de gordura em dietas mais ricas em fibras pode ajudar a manter o consumo de energia. A temperatura retal e a produção de leite podem ser melhoradas.
- O fornecimento *ad libitum* de água fresca e limpa estimulará o consumo de água, a ingestão alimentar e a produção de leite.
- As faixas recomendadas de concentrações de macrominerais na dieta para clima quente incluem 1,5 a 1,6% de K, 0,45 a 0,60% de Na, e 0,35 a 0,4% de Mg de MS.
- O fornecimento excessivo de proteína total e degradável em condições de calor intenso piorou o desempenho das vacas, provavelmente devido ao aumento nos gastos de energia envolvidos na excreção de N.
- O fornecimento de culturas de fungos promoveu o desempenho das vacas em praticamente a metade dos estudos revisados. O uso de culturas de leveduras melhorou a eficiência alimentar associada à produção de leite.
- A alimentação nas primeiras horas da manhã e ao final do dia impedirá que o aumento no calor corporal resultante da ingestão de MS coincida com o aumento da temperatura ambiente, reduzindo, assim, a carga térmica máxima sobre o animal.

INTRODUÇÃO

As raças mais utilizadas pela indústria leiteira dos Estados Unidos desenvolveram-se em climas temperados e tornam-se mais produtivas a temperaturas entre 5 e 15°C. À medida que as temperaturas aumentam de 15 para 25°C as vacas sofrem uma pequena queda na produção (Hahn, 1985). Contudo, quando as temperaturas ultrapassam 25°C podem ocorrer reduções drásticas na ingestão alimentar e na produção de leite. Conseqüentemente, 25,5°C é normalmente considerada a temperatura crítica máxima para vacas de leite em lactação (Berman et al., 1985).

Além da temperatura ambiente, a umidade relativa também precisa ser levada em conta ao se avaliar o efeito do estresse térmico no ambiente das vacas leiteiras. Um índice de temperatura-umidade (THI) foi desenvolvido para ajudar a definir as condições ambientais que podem comprometer a produtividade e o bem-estar dos animais. Este THI também é conhecido como “Índice do Desconforto”. Acredita-se que as vacas de alta produtividade não sofram estresse com THI inferior a 72 e estejam sujeitas a estresse intenso com THI superior a 88. Essas diretrizes podem variar um pouco, dependendo da quantidade de leite produzida, do grau de movimentação do ar e da radiação solar direta. O THI pode ser calculado através das seguintes equações (Chambers, 1970) (temperatura em °F ou °C e umidade relativa expressa no sistema decimal):

$$\text{THI} = (0,81 \times \text{temperatura de bulbo seco, } ^\circ\text{C}) + (\text{umidade relativa} \times (\text{temperatura de bulbo seco} - 14,4)) + 46,6$$

$$\text{THI} = (\text{temperatura de bulbo seco, } ^\circ\text{F} \times 0,45) + (0,55 \times \text{temperatura de bulbo seco} \times \text{umidade relativa}) - (31,9 \times \text{umidade relativa}) + 31,9$$

De acordo com Bohmanova *et al.* (2007), talvez a atual equação THI tenha que ser modificada para ajustar-se a regiões com diferentes graus de umidade. O estresse térmico em Athens, Geórgia, ocorre a temperatura inferior ($\geq 23^\circ\text{C}$), quando a umidade encontrava-se em 75%, e a temperatura mais elevada em Phoenix, Arizona ($\geq 30^\circ\text{C}$), quando a umidade foi registrada em 25%.

Embora o THI seja uma ferramenta útil para avaliar o grau do potencial de estresse térmico na vaca, as respostas da própria vaca ao clima quente são indicadores mais fiéis do grau de estresse térmico. Quando a temperatura retal é superior a $39,16^\circ\text{C}$ e a frequência respiratória supera 60 por minuto, as vacas estão à beira de estresse térmico significativo; nessas condições, a vaca acabará sujeita a aquecimento exponencial se permanecer exposta a aumentos na temperatura e umidade. Estratégias de manejo devem ser adotadas para evitar que a temperatura corporal aumente ainda mais. Caso contrário, as perdas econômicas poderão ser significativas.

Para que a vaca possa lidar melhor com o estresse adicional associado ao forte calor e/ou umidade, o ambiente ao seu redor deve ser modificado (sombrites, ventiladores, aspersores, resfriadores, etc.). Shearer *et al.* (1996) fizeram uma revisão excelente, que descreve uma série de modificações ambientais e seus benefícios. A modificação no ambiente será muito mais útil para minimizar as perdas na produção de leite e ingestão alimentar provocadas pelo estresse térmico contínuo e intenso do que qualquer alteração na dieta. Mesmo assim, mudanças estratégicas no manejo nutricional e na formulação das dietas poderão ter impacto significativo na produção e no bem-estar da vaca durante o estresse térmico.

Mudanças no Manejo Nutricional para Atenuar os Efeitos do Estresse Térmico

Ingestão Alimentar e Manejo Nutricional. À temperatura crítica máxima de $25,5^\circ\text{C}$ - e acima dela - a vaca começa a apresentar dificuldades para dissipar a carga de calor e o consumo de ração começa a diminuir. A elevação da temperatura corporal pode enviar sinais para que o hipotálamo reduza a ingestão voluntária. A Tabela 1 mostra o desafio enfrentado pelas vacas leiteiras para manter a produção de leite a alta temperatura ambiente. À medida que a temperatura aumenta, a quantidade de energia consumida pela vaca para manter a homeotermia também aumenta (por exemplo, 20% a mais a 35° em comparação a 20°C). A respiração ofegante aumenta de 7 a 25% as exigências para a manutenção (NRC, 1981). Portanto, a ingestão de MS precisa aumentar de 18,19 para 19,41 kg/d para cobrir este custo adicional com energia. Entretanto, quando o calor é intenso, a ingestão de MS cai para 16,69 kg/d. Assim, os níveis energéticos da vaca são duplamente afetados - maiores custos com energia para tentar manter a homeotermia e menor consumo de energia. Não é de surpreender, portanto, que a produção de leite acabe diminuindo.

Tabela 1. Mudanças relativas nas exigências para manutenção e na ingestão de matéria seca (IMS) necessária, à medida que a temperatura aumenta, com efeitos na IMS real e na produção de leite (NRC, 1981).

Temperatura	Energia manutenção ¹	IMS necessária, kg/d	IMS real, kg/d	Leite, kg/d
20°C	100	18,19	18,19	27
25°C	104	18,37	17,69	25
30°C	111	18,91	16,92	23
35°C	120	19,41	16,69	18

¹Expressa como porcentagem das exigências de energia para a manutenção de uma vaca leiteira exposta a 20°C , produzindo 27 kg de leite.

A mudança não ocorre apenas na quantidade, mas também no padrão de consumo de ração em condições amenas ($50 \pm 12.6^{\circ}\text{F}$) ou de calor intenso ($86 \pm 12.6^{\circ}\text{F}$). Em condições de calor intenso, a ingestão de novilhos caiu de 8,12 para 7,39 kg/d e o número de refeições aumentou de 8 para 13 vezes por dia. Apesar das baixas ingestões distribuídas ao longo de refeições menores, os novilhos expostos ao calor intenso apresentaram aumento líquido mais expressivo na temperatura do ouvido interno após se alimentarem do que as vacas em ambientes mais amenos (aproximadamente 2.7 vs. 0.8°F em condições mais amenas) (Hahn, 1999). Quando o calor é intenso, as vacas podem consumir refeições menores e mais frequentes, reduzindo a ingestão diária, mas sem deixar de apresentar aumentos maiores na temperatura corporal.

O que podemos fazer para reverter pelo menos em parte a queda na ingestão de MS provocada pelo calor intenso? Resfriar fisicamente as vacas, alimentando-as nas primeiras horas do dia ou ao final da tarde, quando o pior período de estresse térmico tiver passado, para atenuar a intensidade da carga de calor sobre a vaca.

A queda nas temperaturas retais (média de $40,38^{\circ}\text{C}$ para $39,11^{\circ}\text{C}$) aumentou a ingestão média de MS de 16,19 para 19,59 kg/d, e a produção média de leite de 17,60 para 20,18 kg/dia (Johnson et al., 1991; Mallonee et al., 1985; Schneider et al., 1984; Schneider et al., 1986; Schneider et al., 1988). Obviamente, a produtividade dessas vacas era menor. As vacas de maior produtividade são mais susceptíveis ao estresse térmico, portanto é provável que a queda na produção do leite seja ainda mais significativa. A produção de 34,79 kg/d caiu para 27,89 kg/d e as temperaturas retais aumentaram de $38,5$ para $40,27^{\circ}\text{C}$ quando as vacas foram mantidas em câmaras com alterações na temperatura durante o dia (Knapp e Grummer, 1991). A ingestão de MS caiu de 20 para 14,51 kg /d. O resfriamento de vacas Jersey com ventiladores e aspersores reduziu a temperatura do úbere em aproximadamente $1,84^{\circ}\text{C}$ ($37,22$ x $35,38^{\circ}\text{C}$), diminuiu a frequência respiratória de 102 para 80 respirações por minuto e aumentou a produção de leite de 19,14 para 22,40 kg/dia (Keister et al., 2002).

As vacas com temperaturas mais elevadas evitaram voluntariamente o consumo da maior parte da dieta nos picos de estresse térmico. Em dois estudos realizados na Flórida, vacas leiteiras em lactação com temperatura retal média de 41°C consumiram 79% da ingestão diária total de MS no período mais fresco do dia (16h às 8h), enquanto as vacas em temperaturas mais amenas, com temperatura retal média de $39,33^{\circ}\text{C}$, consumiram 59% neste período mais fresco (Mallonee et al., 1985; Schneider et al., 1984). Além disso, a ingestão total de MS foi aproximadamente 15 a 23% menor nas vacas com temperaturas mais elevadas. Apesar da mudança no período de consumo de ração do dia para a noite, a quantidade de ração consumida à noite, nas condições em que o THI ainda superava a temperatura crítica máxima, de $22,22^{\circ}\text{C}$, não compensou a grande queda de ingestão ocorrida durante o dia. Noites extremamente quentes (com falta de resfriamento noturno, por exemplo) podem impedir que as vacas compensem a ingestão de MS perdida ao longo do dia. A ingestão diária de MS começou a cair quando a temperatura ambiental mínima encontrava-se acima de $18,88^{\circ}\text{C}$ nas vacas holandesas em lactação (Cummins, 1986). Tratadores do Arizona relataram que a ingestão de MS e a produção de leite de vacas Jersey caiu vertiginosamente (2,8 kg por dia) quando o THI noturno permaneceu acima de 75 (Keister et al., 2002). A capacidade de resfriamento das vacas à noite é provavelmente um fator importante, que influencia sua capacidade de se alimentar bem no dia seguinte.

O pico da produção de calor da vaca ocorre cerca de 3-4 horas após a refeição, embora tal fator seja influenciado pela quantidade de ração consumida na refeição. Portanto, alimentar a vaca às 17-18h permitirá que ela fique na porção decrescente da curva de produção de calor, à medida que se aproxima do pico do estresse térmico ambiental. O oferecimento de ração após o término da pior parte do estresse térmico deve evitar que aumentos no calor corporal resultantes da ingestão de MS coincidam com o aumento na temperatura ambiental, reduzindo, assim, a carga máxima de calor no animal de uma única vez. Alimentar a vaca imediatamente antes da elevação prevista no THI poderá agravar os efeitos negativos do THI no desempenho animal. Novilhas Hereford de sobreano foram alimentadas com dietas de alta ou baixa densidade energética no período da manhã ou da tarde. As temperaturas retais medidas durante o período quente do dia em animais

não mantidos à sombra foram aparentemente maiores nos animais alimentados com a dieta de alta densidade energética na parte da manhã em comparação ao período da tarde ($\sim 39,5 \times 39,22^\circ\text{C}$) (Brosh et al., 1998). Portanto, a alimentação no período da manhã elevou a carga de calor nessas novilhas durante o calor do dia. Em outro estudo, novilhos holandeses alimentados no período mais fresco do dia (20h) ganharam peso 18% mais rápido e apresentaram eficiência 17% maior em comparação aos alimentados às 8h (Reinhardt e Brandt, 1994). Os novilhos foram alimentados com restrição de ração, portanto o ganho mais eficiente obtido com as refeições noturnas pode ter resultado da menor energia gasta para se resfriarem no período quente do dia, quando o calor da digestão coincidiria com as temperaturas ambientes mais elevadas. Estes resultados não foram confirmados por um estudo de estresse térmico a curto-prazo com vacas holandesas em lactação alojadas em câmaras com controle ambiental (Ominski et al., 2002). Neste estudo, as vacas holandesas em lactação foram expostas a condições neutras ($23,88^\circ\text{C}$) ou a estresse térmico ($32,22^\circ\text{C}$) por aproximadamente 11 horas por dia (das 7 às 18h). Foram expostas a 20°C pelo resto do dia. As vacas receberam ração mista total (feno de alfafa e concentrado) uma vez por dia, às 8h30 ou às 20h30. A exposição das vacas a ambientes mais quentes elevou a temperatura vaginal média em $0,67^\circ\text{C}$ (de $37,94$ para $38,61^\circ\text{C}$), reduziu a ingestão de MS em $1,40\text{ kg/dia}$ e diminuiu a produção de leite em $1,63\text{ kg/dia}$, independentemente da hora da refeição. Entretanto, nos dias de estresse térmico, o padrão das temperaturas vaginais durante o dia foi afetado pelo horário em que a ração foi oferecida. De um modo geral, as vacas alimentadas às 8h30 ficaram mais quentes entre 18h e 20h, ao passo que as alimentadas às 20h30 apresentaram temperaturas mais elevadas entre 02h e 10h. Quando a temperatura de $32,22^\circ\text{C}$ foi “desligada” às 18h00, a queda na temperatura das vacas alimentadas no período da manhã não foi tão rápida nas oito horas seguintes quanto a das alimentadas às 20h30 (queda de $0,5 \times 1,0^\circ\text{F}$). Neste estudo, a hora da refeição diária em condições de calor moderado e a curto-prazo não afetou a quantidade de ração consumida, a produção de leite ou a temperatura vaginal média. Entretanto, o padrão de ingestão alimentar durante a maior parte do dia foi mais constante quando as vacas foram alimentadas às 20h30 em comparação às 8h30. As vacas alimentadas de manhã tiveram um segundo grande salto na ingestão quando as câmaras resfriaram. Um padrão mais consistente de ingestão alimentar melhorou de fato o desempenho dos novilhos ao permitir o uso mais eficiente dos nutrientes (Soto-Navarro et al., 2000). Se a temperatura das vacas durante o dia estiver excessivamente elevada para que se alimentem (e as vacas preferem consumir uma dieta fresca, principalmente contendo ração úmida e/ou fermentada) então faz sentido oferecer-lhes ração fresca de manhã bem cedo ou no final do dia. Conciliar a produção de calor resultante da digestão de ração com as temperaturas mais amenas do dia através de um manejo nutricional programado faz todo o sentido do ponto de vista biológico.

A quantidade de água consumida por uma vaca está intimamente relacionada à ingestão alimentar, produção de leite e temperatura corporal. A redução da carga de calor na vaca através de refeições nos períodos mais frescos do dia poderá fazer com que ela consuma menos água nesse dia. Novilhos mestiços de sobreano de raças britânicas foram alojados em confinamentos sem aspersores no teto e alimentados com dieta contendo 81% de concentrado às 8h ou às 14h (Mader e Davis, 2004). A ingestão de ração foi a mesma em ambos os grupos de novilhos; entretanto, os novilhos consumiram 11% menos água ($33,69 \times 37,85$ litros/dia) quando a ração foi oferecida às 14h x 8h. A redução no consumo de água pode ser um benefício econômico à granja leiteira em áreas onde a água representa altos custos, desde que a produção de leite não seja comprometida. Este padrão não foi observado em vacas em lactação no estudo de Ominski et al. (2002) descrito acima, porém as temperaturas vaginais não foram afetadas pelo horário da refeição no estudo desses autores.

Às vezes as ondas intermitentes de calor são mais perigosas que os episódios regulares de estresse térmico. Em 1997, mais de 100 bovinos confinados morreram em consequência de um THI extremamente elevado ao longo de 4 dias. Foi a terceira onda de calor intenso em 3 semanas. O que pode ter provocado esta onda mortal de calor foi um aumento na IMS dos animais imediatamente antes do terceiro evento. O clima tornou-se relativamente mais fresco logo após a segunda onda de calor, portanto os animais haviam compensado

a redução de ingestão durante a segunda onda de calor consumindo mais ração. O maior preenchimento intestinal durante a terceira onda elevou a carga de calor metabólico acima da carga de calor ambiental, o que pode ter impedido os animais de dissiparem o calor necessário à sobrevivência (Hahn, 1999).

Fibra na Dieta e Acidose. Alguns autores sugeriram que o teor de fibra das dietas deveria ser reduzido em épocas de estresse térmico para diminuir a carga de calor metabólico na vaca, uma vez que o incremento calórico da fibra é maior que o do concentrado. Mesmo assim, a ingestão e a digestibilidade totais da dieta também influem diretamente na carga de calor total. Novilhas Hereford de sobreano alimentadas com dieta contendo 80% de concentrado apresentaram frequência cardíaca mais elevada (94 x 52 batimentos por minuto) e maior gasto energético (653 x 380 kJ/kg de PC⁷⁵) em comparação a novilhas alimentadas com dieta contendo 100% de forragem (Brosh et al., 1998). A Tabela 2 indica que a produção de calor metabólico da dieta é maior em vacas em lactação que receberam dietas com maior densidade energética. As vacas alimentadas com a dieta de maior densidade energética (baixos níveis de FDA na dieta) foram as que mais precisaram diminuir a ingestão de MS para reduzir a carga de calor metabólico a níveis toleráveis em períodos de THI mais elevado.

Tabela 2. Efeito do estresse térmico na ingestão de MS de vacas tratadas com diferentes concentrações de FDA na dieta.

Referência	% FDA na dieta	THI moderado IMS	THI intenso IMS	Diferença entre THI (moderado e intenso)
West <i>et al.</i> , 1999	16,0	4,75 % do PC	3,80 % do PC	0,95 % do PC
	17,9	4,58 % do PC	3,84 % do PC	0,74 % do PC
	19,4	4,30 % do PC	3,70 % do PC	0,60 % do PC
	21,2	4,06 % do PC	3,55 % do PC	0,51 % do PC
Cummins, 1992	14,0	22,40 kg/d	20,68 kg /d	-1,67 kg /d
	16,1	21,90 kg/d	21,50 kg/d	-0,40 kg /d
	19,0	22,31 kg /d	22,90 kg/d	+0,58 kg /d

West et al. (1999) forneceram a vacas leiteiras em lactação uma entre quatro dietas com diferentes concentrações de FDA durante períodos de calor moderado (THI de 64 a 77) ou estresse (THI 72 a 84). A concentração de FDA nas dietas foi alterada pela substituição parcial de silagem de milho por Capim Bermuda Tifton 85. Em condições mais estressantes de THI, a ingestão de MS foi reduzida dentro das expectativas, porém de forma mais dramática nas vacas alimentadas com menores concentrações de FDA na dieta (maior densidade energética). A ingestão diminuiu 0,95% do PC na dieta com baixos níveis de FDA, porém apenas 0,51% do PC na dieta com altos níveis de FDA (Tabela 2). Isto indica que a ingestão de energia total e a digestibilidade da dieta podem ter mais impacto na produção de calor metabólico e na redução da ingestão de MS do que apenas a concentração de fibras na dieta. Este padrão de maior redução na ingestão de MS em condições de estresse térmico à medida que a densidade energética da dieta aumenta confirma os trabalhos realizados na Universidade de Auburn (Cummins, 1992) (Tabela 2).

Se as vacas estiverem recebendo uma dieta que não está próxima da deficiência de fibra efetiva (ex.: uma dieta para vacas de baixa produtividade), então parece razoável aumentar a porção de concentrado da dieta em períodos de estresse térmico para tentar manter o consumo de energia. Entretanto, se as vacas receberem uma dieta que corresponda à atual recomendação mínima do NRC para FDA, obviamente não será aconselhável reduzir ainda mais o teor de fibras. É pouco provável que isto aumente o consumo de energia, sem falar que poderá desencadear uma acidose clínica ou subclínica, já que as vacas estão mais propensas a esta condição durante o estresse térmico.

As vacas sujeitas ao estresse térmico correm maior risco de acidose ruminal. Aparentemente, as vacas com estresse térmico podem apresentar líquido ruminal de pH inferior, menor atividade de ruminação, menor porcentagem de gordura no leite e capacidade de tamponamento reduzida pela saliva. Vacas holandesas fistuladas foram mantidas a 18,33°C e 50% de umidade relativa ou 29,38°C e 85% de umidade relativa durante cinco semanas. O líquido ruminal foi medido 12 vezes após as refeições para verificação do pH e concentração de ácido láctico. As vacas mantidas no ambiente mais quente apresentaram pH ruminal inferior ($\sim 5,8 \times \sim 6,3$) e maior teor de ácido láctico ($\sim 1,9 \times \sim 0,45$ meq/L) (Mishra et al., 1970). Novamente, o pH médio do líquido ruminal (média de 24 h) foi menor (6,53 x 6,66) nas vacas holandesas que não puderam ficar à sombra (Niles et al., 1980). O pH ruminal médio não foi diferente entre as vacas em lactação expostas a diferentes temperaturas em câmaras ambientais, no entanto o número de horas ($n = 26$ no total) com pH abaixo de 6,0 foi de aproximadamente 15 para as vacas em condições de calor intenso e 11 para as vacas em condições amenas (Schneider et al. 1988). O pH fecal foi mais baixo (5,92 x 6,08) nas vacas não mantidas à sombra em comparação às vacas em lactação com acesso à sombra (Schneider et al., 1986).

Tratadores da Flórida (Collier et al., 1981) relataram que as contrações ruminais foram negativamente afetadas por temperaturas ambientais elevadas. O número de contrações ruminais caiu de 2,4 para 1,7 por minuto quando as vacas em lactação não tiveram acesso à sombra (temperaturas retais de 38,72 x 39,61°C). Esses resultados confirmam o trabalho anterior realizado em Missouri (Attebery e Johnson, 1969). Vacas holandesas com fístulas no rúmen mantidas à temperatura ambiente de 38°C durante 5 dias em comparação a 18°C (temperaturas retais de 40,88 x 38,38°C) apresentaram contrações ruminais menos rigorosas, comprovadas por redução de 50% na amplitude média. A frequência das contrações (2,2 x 1,7 por minuto) acompanhou muito bem o padrão registrado por Collier *et al.* (1981), porém não foi significativa. A menor ingestão de MS verificada nas vacas com temperaturas mais elevadas no estudo de Missouri não foi o fator responsável pela diferença no movimento ruminal, uma vez que as ingestões de MS foram equalizadas ao se inserir a ração não consumida no rúmen através de fístulas. Da mesma forma, caprinos mantidos a 35°C em câmaras consumiram feno de alfafa a uma frequência semelhante (~ 16 minutos/hora), porém com taxas de ruminação inferiores (80 x 90 por minuto) em comparação aos caprinos mantidos a 30°C (Appleman e Delouche, 1958). O número ou intensidade menor de contrações ruminais, bem como reduções na ruminação provocadas pelo estresse térmico podem exercer efeito negativo na produção de saliva, comprometendo, assim, a atividade de tamponamento no rúmen e diminuindo o pH ruminal. Esta menor atividade da musculatura ruminal de vacas com estresse térmico pode estar relacionada a redução na concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen. Os AGVs podem exercer um papel essencial na estimulação da motilidade ruminal ao influenciarem os receptores neurais na parede ruminal e isto pode explicar, em parte, a redução na motilidade observada em condições em estresse térmico. Vacas holandesas com fístulas ruminais foram mantidas a 18,22 ou 37,72°C com ingestões equivalentes de MS, garantidas pela inserção da ração não consumida no interior do rúmen (Kelley et al., 1967). A concentração de AGV foi reduzida em mais de 50% nas vacas com estresse térmico, apesar da ingestão equivalente de MS.

Outro mecanismo fisiológico que ocorre em condições de estresse térmico também pode contribuir para a acidose ruminal: à medida que as vacas são afetadas pelo estresse térmico e a frequência respiratória aumenta, o CO_2 é eliminado dos pulmões mais rapidamente do que é produzido. Isto leva a queda no CO_2 sanguíneo. Para tentar manter a relação CO_2 /bicarbonato (HCO_3) constante no sangue, o rim aumenta a excreção de HCO_3 . Com mais CO_2 saindo dos pulmões e mais bicarbonato excretado pela urina, a concentração sérica de bicarbonato é reduzida, tornando o pH do sangue mais alcalino (é o que chamamos de alcalose respiratória). Esta queda pode, por sua vez, reduzir a concentração de bicarbonato na saliva, diminuindo a atividade de tamponamento no rúmen e aumentando o risco de acidose ruminal. Para corrigir esta situação, o rim excreta mais ácido (H^+), que ajuda a reabsorver HCO_3 de volta ao sangue e normalizar o pH sanguíneo.

O teor adequado de fibras pode ser mais importante em climas quentes, pois as vacas tendem a ser mais susceptíveis à acidose ruminal em condições de estresse térmico. Mais uma vez, no estudo de West et al. (1999), as vacas alimentadas com as duas dietas com menor teor de fibras estavam, de fato, consumindo dietas com deficiência de fibras, de acordo com as diretrizes do NRC (19 a 21%). Estas dietas com níveis marginais de FDA não pareciam ser prejudiciais à produção de leite quando fornecidas em ambientes quentes. Entretanto, a produção de leite seguiu um padrão quadrático quando as vacas foram submetidas a condições de estresse térmico, com menor produção de leite quando o teor de FDA na dieta esteve abaixo de 19% da MS disponível na dieta (Tabela 3). Os autores sugerem que uma leve acidose foi corrigida com a dieta mais rica em fibras, que promoveu a eficiência ruminal e a digestão. As concentrações de gordura no leite poderiam confirmar esta explicação. A porcentagem de gordura no leite permaneceu inalterada pela dieta no período de temperaturas quentes, porém anterior ao estresse térmico. Entretanto, as vacas com estresse térmico produziram leite com menor teor de gordura à medida que o teor de fibras da dieta era reduzido, principalmente quando alimentadas com as dietas com deficiência de fibras (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito do estresse térmico na produção de leite (kg/d) e na % de gordura no leite de vacas alimentadas com concentrações variadas de FDA na dieta (West et al., 1999).

	Produção de leite, kg/d		Gordura no leite, %	
% FDA da dieta	THI ^{1,a}	THI ^{2,b}	THI ¹	THI ^{2,a}
16,0	32,29	24,58	1,46	1,45
17,9	32,61	25,80	1,58	1,48
19,4	31,38	26,39	1,62	1,58
21,2	28,89	22,67	1,64	1,67

¹ THI mínimo e máximo foram 64 e 77, respectivamente.

² THI mínimo e máximo foram 72 e 84, respectivamente.

^a efeito linear; ^b efeito quadrático.

Alguns autores (Bandaranayaka e Holmes, 1976; Mohammed e Johnson, 1985; Moody et al., 1967; Rodriguez et al., 1985), mas não outros (Collier et al., 1981; Knapp e Grummer, 1991) registraram queda na % de gordura no leite em vacas com estresse térmico. Um estudo com quase 23.000 observações em granjas leiteiras na Flórida examinou as relações entre muitas variáveis, inclusive composição do leite e temperatura ambiental. À medida que as temperaturas aumentaram de 9,4 para 36,1°C os autores verificaram que a gordura no leite caiu de 3,85 para 3,31%, e a proteína no leite diminuiu de 3,42 para 2,98% (Beede et al., 1985). Os componentes do leite não foram influenciados pelo grau de umidade relativa. A diferença nos resultados desses estudos podem ser explicadas por diferenças na relação forragem/grão das dietas fornecidas. Stanley et al. (1975) descobriram que a queda na concentração de gordura no leite foi ainda mais marcante durante o estresse térmico, quando a dieta continha uma proporção maior de concentrado. As vacas alimentadas com dietas cujos níveis de fibras são adequados ou próximos ao adequado podem produzir leite com menor teor de gordura quando o calor é intenso.

Outro fator que pode aumentar consideravelmente a acidose é o hábito das vacas de reduzir seletivamente a ingestão de forragem muito mais do que a ingestão de concentrado em condições de estresse térmico (McDowell, 1972). O fornecimento de uma boa ração total mista pode minimizar a seleção de concentrado em relação à forragem, principalmente quando os ingredientes são fornecidos separadamente, agravando o risco de acidose.

Concluindo, o fornecimento de dietas com teor suficiente de fibras efetivas torna-se ainda mais importante durante o estresse térmico devido ao maior risco de acidose ruminal provocado por mudanças na fisiologia ruminal. Apesar da menor ingestão alimentar durante o calor intenso, é importante formular dietas que

tenham níveis um pouco mais elevados de FDA e FDN para manter a boa saúde ruminal. Tratar bem o rúmen permitirá que a vaca recupere a vitalidade rapidamente quando as temperaturas ficarem mais amenas. Use sempre a forragem de melhor qualidade que puder encontrar.

Água. Sem dúvida alguma, a água é o nutriente mais importante em climas quentes. As vacas consomem mais água em condições de estresse térmico. Obviamente, isto ajuda a resfriar a parte central do organismo da vaca. Além disso, a vaca perde ainda mais água através da pele e dos pulmões enquanto trabalha para minimizar o aumento da temperatura corporal. O consumo de água potável pelas vacas em lactação aumentou 29% (17,41 litros/d) e a perda de água através da pele e da respiração aumentou 59 e 50%, respectivamente, quando a temperatura ambiente passou de 18 para 30°C (Tabela 4).

Tabela 4. Ingestão e vias de excreção de água de vacas em lactação a duas temperaturas ambientes diferentes (Collier et al., 1982).

Medição	18°C	30°C	% diferença
Água consum., kg/d	57,87	74,70	29,0
Água ração, kg/d	1,58	1,40	-14,3
Vol urina, kg/d	11,11	12,79	15,0
Água, fecal, kg/d	17,91	12,02	-33,0
Evaporação			
Superf., g/m ² /h	94,3	150,6	59,3
Respiraç., g/m ² /h	60,6	90,7	50,0

O fornecimento *ad libitum* de água fresca e limpa é simplesmente uma questão de bom manejo. Qualquer fator relacionado ao manejo capaz de inibir o consumo de água pelas vacas deve ser eliminado. Se houver restrição no consumo de água em períodos de calor intenso, a queda na produção de leite será vertiginosa. As vacas sentirão mais calor do que o normal e a ingestão de MS cairá ainda mais, já que IMS e água estão intimamente relacionadas. Verifique se todas as unidades de fornecimento de água estão em boas condições de funcionamento antes que o calor intenso comece e verifique regularmente ao longo de todo o verão. As unidades de água devem ser limpas diariamente para remoção de ração e algas. As algas se desenvolvem rapidamente em climas quentes e a ração deteriora a água com maior velocidade a temperaturas mais elevadas, portanto talvez seja necessário acelerar a limpeza de rotina nos meses de verão. Os pontos de água também interferem no consumo. A água deve ficar protegida do sol no mesmo local em que as vacas são mantidas. Se as vacas tiverem que sair da sombra sob o calor intenso do dia para irem ao cocho de água, provavelmente permanecerão na sombra, com sede. Isto ficou bem claro em uma granja comercial da Flórida, onde os sombrites para as vacas ficavam separados dos tanques de água. O consumo de água foi monitorado de maio a setembro. À medida que a temperatura aumentava, o consumo de água caía de ~128 litros/vaca/d em maio para ~68 litros/vaca/d em setembro (Beede, 1991). A temperatura da água pode influenciar o consumo. Vacas em lactação que consumiram água resfriada a 10,55°C apresentaram menor frequência respiratória (70 x 81/minuto), temperaturas retais mais baixas após o meio dia (39,83 x 40,22°C) e maior produção de leite (25,90 x 24,72 kg/d) do que as vacas que consumiram água não resfriada (27°C) em um experimento no Texas (Wilks et al., 1990). Em um segundo estudo realizado pelos mesmos autores para testar a preferência das vacas, mais de 97% da água consumida estava morna. Em um estudo da Flórida, as vacas que beberam água a temperaturas de 23,88 a 26,66°C ou 11,11 a 13,88°C consumiram quantidades semelhantes de água (82,14 x 87,82 litros/d) e produziram um volume semelhante de leite (28,62 x 29,12 kg/d) por um período de 2 meses no verão (Beede, 1991). As respostas obtidas não justificaram os gastos envolvidos no resfriamento da água, mas a prática de colocar os tanques de água sob a sombra e fornecer isolamento deve ser considerada.

Suplementação de gordura. Os ácidos graxos disponíveis na dieta parecem ser o suplemento ideal em épocas de estresse térmico, já que as gorduras são utilizadas com maior eficiência para a produção de leite e possuem menor incremento calórico do que outros nutrientes, como amido e fibras. Neste sentido, devem gerar menor carga de calor no animal em comparação a outros importantes ingredientes na ração. Esta melhor eficiência deve-se, em parte, à menor produção de metano pelos microorganismos ruminais durante a digestão (Chilliard, 1993). Isto resulta em maior quantidade de energia metabolizável da dieta para a vaca. As gorduras não são digeridas no rúmen, portanto a produção de calor no rúmen a partir da digestão de gordura é mínima. Outro fator que promove a eficiência alimentar a partir da suplementação de gordura é o fato de que a gordura necessária para a síntese de gordura no leite ou armazenamento de gordura no organismo pode ser fornecida diretamente pelo suplemento de gordura. Desta forma, os tecidos (inclusive a glândula mamária) não precisam produzir gordura dos pequenos blocos de construção dos ácidos acético e butírico. O calor interno produzido por unidade de energia consumida deve, portanto, ser menor nas vacas suplementadas com gordura. A perda de calor total foi reduzida em 4,9 e 7,0% quando as vacas receberam caroço de algodão integral a 15% da MS da dieta, ou caroço integral + 0,54 kg/d de sais de cálcio de destilado de óleo de palma (Holter et al., 1992). De um modo geral, as temperaturas retais foram menores nas vacas em lactação que receberam sais de cálcio de óleo de palma (Jennings-Croci, 2002) ou gordura amarela (Drackley et al., 2003) e inferiores em novilhos mestiços de raças britânicas alimentados com caroço de algodão integral (O’Kelly, 1987). Embora esses dados sejam animadores, o efeito da suplementação de gordura na produção de leite não tem se mostrado consistente.

Conforme apresentado anteriormente, as vacas leiteiras em lactação são mais susceptíveis à acidose ruminal em condições de estresse térmico. A concentração de fibra na dieta pode aumentar nesse período. Pode-se adicionar gordura a uma dieta com maiores teores de fibras para manter a densidade energética da dieta. A produção de leite manteve-se a mesma entre as vacas (mais do que 150 dias em lactação) alimentadas com uma dieta contendo 50% de forragem e 50% de concentrado e as que receberam uma dieta com 65% de forragem e 35% de concentrado, suplementada com sebo a 2,3% da MS na dieta (27,35 x 28,03 kg/dia; Vazquez-Anon et al., 1997). As dietas apresentaram a mesma densidade energética mas, de um modo geral, a ingestão de MS da dieta com maior teor de forragem foi menor (21,54 x 22,45 kg /dia), melhorando a eficiência da produção de leite nas vacas alimentadas com a dieta contendo mais forragem. O ganho de peso corporal ao longo do estudo de 17 semanas foi o mesmo em ambos os grupos. Assim, a suplementação de gordura pode ser uma boa estratégia, em associação a dietas com um teor de fibras levemente maior, para minimizar o risco de acidose ruminal e manter a produção de leite das vacas na fase intermediária da lactação. No entanto, mais estudos são necessários para comprovar se a mesma estratégia se aplica a vacas no início da lactação.

Duas questões merecem ser investigadas: a suplementação de gordura é eficaz em condições de calor intenso? Em segundo lugar, a suplementação de gordura é mais eficaz quando fornecida sob calor intenso x temperaturas amenas? Em relação à primeira pergunta, as vacas em lactação suplementadas com gordura durante calor intenso parecem responder bem em alguns momentos, mas nem sempre. Vacas na fase intermediária da lactação que receberam “Qual-Fat Dairy Blend” (um produto comercial à base de gordura branca) a 3% da MS disponível na dieta produziram 1,90 kg adicional de leite/dia (0,81 kg/dia de leite corrigido para gordura a 3,5%) durante o verão em Illinois (Drackley et al., 2003). A ingestão de MS da ração foi reduzida em 0,95 kg/dia através do fornecimento de gordura, portanto a eficiência da produção de leite melhorou sem afetar o peso ou a condição corporal. Durante o verão, vacas do Arizona produziram 1,18 kg adicional de leite/dia quando alimentadas com gordura protegida (2,5% de MS na dieta) em um dos estudos realizados (34 x 32,84 kg/dia), mas não responderam à mesma suplementação de gordura em um segundo estudo (resumido por Huber et al., 1994).

É muito difícil realizar um estudo bem delineado para saber até que ponto os suplementos de gordura beneficiam a produção de leite em períodos quentes x amenos, pois ambos os ambientes precisariam ocorrer

ao mesmo tempo e no mesmo local. Como isso é fisicamente impossível, os experimentos foram conduzidos com o uso de câmaras ambientais. Nessas câmaras ambientais, as vacas alimentadas com uma mistura de gordura protegida e sebo a 5% da MS da dieta melhoraram a produção de LCG a 3,5% em 2,72 kg/dia quando alojadas em condições termoneutras e 1,81 kg/dia em condições de estresse térmico (temperaturas retais de 38,5 x 40,27°C, respectivamente) (Knapp e Grummer, 1991). A interação dieta/ambiente não foi significativa. Tratadores em Maryland usaram câmaras ambientais e identificaram resultados semelhantes aos relatados por Knapp e Grummer (1991). Quando as vacas receberam óleo de soja ou óleo vegetal saturado a aproximadamente 6,1% da MS na dieta, a produção de leite corrigido para gordura aumentou com a fonte de gordura saturada (1,40 kg/dia), mas não com o óleo de soja, quando as vacas foram alojadas em condições neutras ou de calor intenso (temperaturas retais de 38,61 x 39,83°C) (Moody et al., 1967). Em um estudo realizado ao longo de duas estações, as vacas alimentadas com gorduras protegidas (Energy Booster) a 5% da MS na dieta começando no período seco, consumiram cerca de 2 kg adicionais de ração/dia e produziram 9,70 kg adicionais de leite/dia na estação quente (de abril a julho) do que na estação mais fria (novembro a março) em Wisconsin (Skaar et al., 1988). A gordura pode ter sido mais eficaz em condições quentes - aparentemente, as vacas cuja parição ocorreu na época passaram por um estresse metabólico mais intenso, conforme comprovado por concentrações plasmáticas mais elevadas de AGNE e ácido -hidroxibutírico. Obviamente, mais estudos precisam ser realizados para avaliar melhor os efeitos da suplementação de gordura na produção de leite em condições de calor intenso.

Minerais. *Potássio.* Conforme mostra a Tabela 4, a excreção de água pela pele aumenta cerca de 59% em condições de estresse térmico. Ao contrário do homem, o principal eletrólito perdido nas secreções cutâneas dos bovinos é o K (K_2CO_3 e $KHCO_3$), e não o Na. Quanto mais intenso o estresse térmico, maior a produção de secreções pela pele e maior a concentração de K nessas secreções, levando a uma perda exponencial de K. Devido a essa grande perda de K e à redução na ingestão de MS quando o calor é intenso, faz sentido aumentar as concentrações de K acima de 1% da MS (NRC, 1989).

O aumento na concentração de K na dieta de 1,0 a 1,5% com o uso de KCl aumentou a produção de leite de 18 para 18,50 kg/dia em vacas da Flórida, mantidas à sombra ou não, sem alterar a ingestão de MS (Schneider et al., 1984). As dietas contendo 1,08% K foram tão eficazes quanto as com 1,64% K para aumentar a produção de leite de vacas drasticamente afetadas pelo estresse térmico na Flórida, em comparação a uma dieta-controle contendo 0,66% K (14,51 e 14,19 x 13,51 kg/d, respectivamente). Contudo, o teor mais elevado de K na dieta não foi suficiente para melhorar a produção de leite das vacas mantidas à sombra (interação dieta/ambiente) (Mallonee et al., 1985). Foi exatamente o oposto que ocorreu nas vacas alimentadas com dietas contendo 1,3 ou 1,8% K na forma de KCl em outro estudo da Flórida. As vacas mantidas à sombra (temperatura retal de 39,77°C) produziram mais LCG (19,18 x 17,50 kg/d) ao receberem mais K, mas as vacas não mantidas à sombra (temperaturas retais de 40,61°C) não responderam a níveis mais elevados de K (17,41 x 17,69 kg/d) (Schneider et al., 1986). As vacas que receberam mais K consumiram mais MS. É possível que as vacas gravemente afetadas pelo estresse térmico necessitassem de níveis ainda mais elevados de K do que os oferecidos. Em um estudo de verão realizado na Texas A & M, vacas tratadas com dietas contendo 1,53% K na forma de KCl e K_2CO_3 consumiram mais MS (19,18 x 18 e 17,91 kg/d) mas não produziram mais leite (24,31 x 22 e 21 kg /d) do que as vacas que receberam dietas contendo 0,93 ou 1,29% K (West et al., 1987). O carbonato de potássio e o bicarbonato de potássio podem ser opções melhores que o cloreto de potássio para elevar os níveis de K na dieta, pois já se demonstrou que a ingestão mais elevada de Cl reduz a ingestão de MS e a produção de leite no verão (Sanchez et al., 1994b). O fornecimento de dietas com diferença cátion-íon (K + Na - Cl) entre 25 e 45 mEq/100 g MS deve promover o desempenho ideal das vacas em lactação (Sanchez et al., 1994b).

Sódio. Vacas com estresse térmico excretam mais Na através da urina. O Na acompanha muito mais as concentrações maiores de HCO_3 na urina durante a alcalose respiratória do que K, principalmente para

poupar o K (transpiração). Este fator, aliado à menor ingestão de MS, pode ser uma justificativa para aumentar a concentração de Na na dieta de vacas leiteiras em lactação. O aumento nos níveis de Na de 0,67 para 0,96% da MS na dieta (NaHCO_3 a 0,85% da MS na dieta) elevou a ingestão de MS (18 para 19,41 kg/d) e a produção de leite (17,91 para 18,50 kg/d) das vacas alimentadas com uma dieta contendo 75% de concentrado e 25% de casca de caroço de algodão no verão da Flórida (Schneider et al., 1984). Em um segundo estudo realizado no verão da Flórida, os teores de Na na dieta aumentaram de 0,18 para 0,55% da MS na dieta com o uso de NaCl ou NaHCO_3 . As dietas continham 38% de silagem de milho e 62% de concentrado. A produção de leite aumentou de 16 kg/d para 18 e 18,91 kg/d com o uso de NaCl e NaHCO_3 , respectivamente (Schneider et al., 1986). A produção de leite não aumentou mais com o fornecimento de uma dieta contendo 0,88% Na. Em um estudo da Flórida que cobriu as estações fria e quente, a produção de LCG aumentou de forma linear à medida que o Na disponível na dieta subiu de 0,31 para 0,89% da MS na dieta (Sanchez et al., 1994a). Devido à necessidade extra de Na e bicarbonato quando o calor é intenso, a concentração de Na na dieta deve ser elevada.

Resumindo, as faixas de concentrações de K e Na recomendadas para alimentação durante calor intenso incluem K (1,5 a 1,6%) e Na (0,45 a 0,60%) de MS. O Mg da dieta deve permanecer entre 0,35 e 0,4% de MS para minimizar o risco de os animais desenvolverem uma condição semelhante à tetania hipomagnesêmica causada por níveis mais elevados de K.

Proteína. Devido à queda na ingestão de MS em períodos de calor intenso, é provável que a concentração de proteína bruta (PB) da dieta tenha que ser maior para manter o consumo diário de nitrogênio. Quando o teor de PB de uma dieta à base de feno de alfafa aumentou de 14,3 para 20,8% de PB com o uso de farelo de soja, as vacas consumiram mais MS e produziram mais leite em um verão em Louisiana, sem aumentos correspondentes na temperatura retal (Hassan e Roussel, 1975). A média das temperaturas retais foi de 39,16°C às 10:30h. Embora outros estudos tenham registrado melhor desempenho ao se fornecer mais proteína em condições termoneutras, a particularidade deste trabalho está no registro de uma correlação positiva entre a temperatura retal e o nitrogênio não-protéico (NPN) sérico ($r=0,36$). Uma correlação não implica necessariamente causa e efeito, porém pode-se especular que o processo de detoxificação da amônia (do excesso de aminoácidos deaminados) em uréia pelo fígado gerou calor extra suficiente para elevar a temperatura corporal. O custo energético de converter amônia em uréia aparece sob a forma de incremento calórico e diminui a proporção de energia metabolizável que passa a energia líquida na lactação (NRC, 1989). Além disso, a perda de nitrogênio da dieta sob a forma de uréia na urina reduz a proporção de energia digestível que passa a energia metabolizável (NRC, 1989).

A degradabilidade ruminal da proteína na dieta pode influenciar a quantidade de amônia gerada no rúmen e detoxificada em uréia pelo fígado, podendo aumentar muito a carga de calor das vacas com estresse térmico. Em um estudo realizado no Arizona, as vacas foram mantidas à sombra ou à sombra + galpões resfriados por evaporação durante o verão, recebendo dietas com PB de diferentes níveis de degradabilidade ruminal (Taylor et al., 1991). O farelo de soja foi substituído por farelo de glúten de milho e farinha de sangue para reduzir a proteína degradável no rúmen (PDR) de 61 para 47% da PB da dieta (10,8 para 8,5% da MS na dieta). À medida que a PDR diminuía no leite, a produção de leite aumentava nas vacas em ambos os sistemas de alojamento, porém o aumento foi maior nas vacas mantidas nas baias com resfriamento por evaporação (interação dieta/sistema de resfriamento). A resposta do leite pode ter sido menor em condições de estresse térmico mais intenso devido à maior metabolização de proteína na dieta para fins de energia e à amônia deaminada convertida em uréia, que requer mais energia das vacas. Um segundo estudo de desenho semelhante foi realizado pelos mesmos cientistas. A única diferença foi a não inclusão da farinha de sangue na dieta com níveis inferiores de PDR e o fato de as vacas não estarem tão afetadas pelo estresse térmico como no primeiro estudo (temperaturas retais de 39 x 39,5°C) (Taylor et al., 1991). Ao contrário do primeiro estudo, as vacas alimentadas com a dieta contendo teores mais elevados de PDR (64 x 55% de PB) produziram mais

leite (0,68 a 2 kg/d) em ambos os sistemas de redução de calor. Aparentemente, a qualidade da proteína na dieta e o grau de estresse térmico são fatores importantes que influenciam o efeito da proteína degradável no desempenho da vaca em condições de calor intenso.

Outra série de estudos do Arizona (n = 3) foi realizada entre maio e setembro para determinar o efeito da quantidade e degradabilidade de proteína da dieta no desempenho das vacas (Higginbotham et al., 1989). O estresse térmico das vacas era moderado e a média das temperaturas retais tiradas entre 13h e 15h foi de 39°C em todas as dietas e experimentos. Em média, a PB da dieta correspondeu a 18,4 ou 16,1% da MS. Além disso, o farelo de soja foi substituído por farelo de glúten de milho ou grãos de destilaria + farinha de carne e ossos para reduzir o teor de PDR de 65 para 59% da PB na dieta. As vacas alimentadas com a dieta contendo 18,4% PB, 59% PDR produziram ~3 kg/d menos 3,5% LCG do que as vacas que receberam as três outras dietas (23,49 x 26,48 kg/d). Mesmo as dietas contendo 16,1% PB forneceram níveis mais elevados do que as exigências de PB das vacas, com base na produção média de leite. O fornecimento de proteínas em excesso, principalmente PDR, pode prejudicar o desempenho das vacas.

Para testar se haveria interação entre o perfil de aminoácidos da dieta e os efeitos do resfriamento do ambiente, as vacas receberam dietas com teores semelhantes de PDR (57,5% da PB), porém mantidas à sombra ou à sombra + resfriamento por evaporação durante um verão no Arizona (Chen et al., 1993). As dietas foram caracterizadas como fornecedoras de teor baixo (farelo de glúten de milho) ou alto (farelo de soja, farinha de peixe, e farinha de sangue) de lisina. Temperaturas retais tiradas às 14h revelaram que as vacas mantidas no sistema de resfriamento por evaporação estavam menos quentes que as mantidas apenas à sombra (38,61 x 39,11°C). As vacas alimentadas com mais lisina produziram 3,12 kg adicionais de leite/dia (30,25 x 27,12 kg/dia) e tanto as vacas mantidas apenas à sombra ou à sombra + resfriamento se beneficiaram. O fornecimento adicional de lisina aumentou a produção de leite em 3,8 kg/dia nas vacas com resfriamento por evaporação e 2,4 kg/dia nas vacas mantidas apenas à sombra. Apesar desta diferença, não foi detectado interação entre dieta e resfriamento.

Em suma, deve-se ter muito cuidado para evitar o fornecimento excessivo de proteína total e degradável em períodos de calor intenso. O N consumido acima das necessidades da vaca deverá ser incorporado em uréia e excretado pela urina. Esses processos demandam energia, geram calor e tornam-se uma carga adicional à vaca em períodos de estresse.

Aditivos Microbianos. Huber et al. (1994) resumiram vários estudos em que *Aspergillus oryzae* foi fornecido a vacas leiteiras em lactação em condições de estresse térmico. As temperaturas retais foram significativamente reduzidas em 5 dos 12 estudos e elevadas em 1 estudo. Os rendimentos leiteiros melhoraram significativamente em 6 dos 14 estudos após o fornecimento de 3 gramas diários de *A. oryzae*, conforme mostra a revisão de Huber et al. (1994). Desde 1994, outros estudos vêm sendo publicados sobre o uso de AO. O fornecimento de *A. oryzae* (3 g/dia) durante um verão no Arizona não influenciou o desempenho de vacas em lactação que receberam milho floculado a vapor ou milho rolado a vapor (Yu et al., 1997). Alguns fungos possuem enzimas esterase capazes de romper as ligações cruzadas entre a hemicelulose e a lignina. Isto confere aos fungos uma vantagem única de degradar forragens lignificadas. Estes organismos podem ter acesso a paredes de células vegetais que não foram bem mastigadas e, portanto, auxiliar as bactérias ruminais na digestão de carboidratos. A melhor digestão pode explicar o aumento na produção de leite verificado nos estudos acima.

A cultura de leveduras (YC; Diamond V Mills “XP”) mostrou-se razoavelmente eficaz quando fornecida na estação quente. Durante um verão em Dakota do Sul (média de 32,77°C), a produção de leite foi mais eficiente quando as vacas receberam cultura de levedura (60 g/dia) em comparação às que não receberam a cultura de levedura (0,67 x 0,63 kg de LCG por kg de IMS) (Schingoethe et al., 2004), embora a ingestão de MS e a produção de leite tenha sido equivalente nos grupos. A eficiência da produção de leite também

melhorou em outros dois estudos. Na Arábia Saudita, a relação kg de leite corrigido para energia/kg de IMS aumentou de 0,82 para 1,08 quando a cultura de levedura foi fornecida às vacas devido a aumento na produção de leite de 20,1 para 22,9 kg/dia (Alshaikh et al., 2002). A eficiência melhorou de 1,50 para 1,60 kg de leite corrigido para energia por kg de ingestão de MS quando a cultura de levedura foi fornecida a vacas na Geórgia devido a aumento na produção de leite de 39,2 para 41,0 kg (Cooke et al., 2007). A digestibilidade da FDA melhorou neste estudo. Por último, vacas Jersey da Universidade de Illinois seguiram um padrão semelhante, porém sem resposta significativa (Dann et al., 2000). Aumentos numéricos na ingestão de MS (15,2 x 16,5 kg/dia) e o rendimento leiteiro (25,9 x 27,2 kg/dia) produziram 1,70 e 1,65 de eficiência na produção de leite nas vacas controle e tratadas com CL, respectivamente. Um produto à base de CL desenvolvido para estresse térmico foi fornecido às vacas em câmaras climatizadas no Arizona (Shwartz et al., 2008). A temperatura corporal diminuiu, porém a ingestão alimentar, a produção de leite e a composição do leite permaneceram inalteradas quando a CI foi suplementada a 10 g/dia.

RESUMO

As vacas leiteiras em lactação começam a sofrer intensamente os efeitos negativos do estresse térmico quanto a temperatura retal ultrapassa 39,16°C. Embora a ingestão alimentar diminua em períodos de calor intenso, é importante formular dietas contendo concentrações um pouco mais elevadas de FDN e FDA para minimizar o risco de acidose ruminal, que ocorre com mais frequência em situações de estresse térmico. O pH ruminal também pode ser inferior devido à menor capacidade de tamponamento do rúmen e à redução na frequência e intensidade das concentrações ruminais. A porcentagem de gordura no leite pode diminuir durante o verão e alterações no teor de fibras da dieta podem ajudar neste sentido. A inclusão de gordura em dietas com maior teor de fibras pode contribuir para manter o consumo de energia. A suplementação de gordura pode reduzir a temperatura retal e melhorar a produção de leite mesmo quando o calor é intenso, porém alguns estudos revelaram falta de consistência entre as respostas, justificando a necessidade de mais pesquisas. A alimentação nas primeiras horas da manhã e ao final da noite evitará o aumento da temperatura corporal, reduzindo a carga máxima de calor sobre o animal. O fornecimento *ad libitum* de água fresca e limpa estimulará o consumo de água, a ingestão de MS e a produção de leite. O resfriamento mecânico da água poderá promover o resfriamento da vaca, mas os benefícios econômicos são questionáveis. As faixas recomendadas para as concentrações de macrominerais na dieta em períodos quentes incluem K (de 1,5 a 1,6%), Na (0,45 a 0,60%) e Mg (0,35 a 0,4%) de MS. Deve-se ter muito cuidado para evitar o fornecimento excessivo de proteína total e degradável em condições de calor intenso. Se o N consumido estiver acima dos níveis exigidos, precisará ser incorporado em uréia e excretado pela urina. Estes processos demandam energia, geram calor e consistem em uma carga adicional à vaca em um período já estressante. O fornecimento de culturas de fungos melhorou o desempenho das vacas em aproximadamente a metade dos estudos realizados. A cultura de levedura em climas quentes aumentou a produção de leite em vários estudos, provavelmente devido à melhor digestibilidade das fibras.

REFERÊNCIAS

- Alshaikh, M.A., M.Y. Alsiadi, S.M. Zahran, H.H. Mogawer, and T.A. Aalshowime. 2002. Effect of feeding yeast culture from different sources on the performance of lactating Holstein cows in Saudi Arabia. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 15:352-356.
- Appleman, R.D. and J.C. Delouche. 1958. Behavioral, physiological, and biochemical responses of goats to temperature of 0° to 40°C. J. Anim. Sci. 17:326.

- Arechiga, C.F., C.R. Staples, L.R. McDowell, and P.J. Hansen. 1998. Effects of timed insemination and supplemental β -carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *J. Dairy Sci.* 81:390.
- Attebery, J.T. and H.D. Johnson. 1969. Effects of environmental temperature, controlled feeding and fasting on rumen motility. *J. Anim. Sci.* 29:734.
- Bandaranayaka D.D. and C.W. Holmes. 1976. Changes in the composition of milk and rumen contents in cows exposed to a high ambient temperature with controlled feeding. *Trop. Anim. Prod.* 8:38.
- Beede, D.K. 1991. Water for dairy cattle: Quality and cooling effects. Page 41 in *Proc. Southwest Nutr. and Management Conf.* Tempe, AZ.
- Beede, D.K., R.J. Collier, C.J. Wilcox, and W.W. Thatcher. 1985. Effects of warm climates on milk yield and composition (short term effects). Chapter 6.1 in *Milk Production in Developing Countries*, Univ. Edinburgh Center for Tropical Veterinary Medicine, p. 322-347.
- Beede, D.K. and J.K. Shearer. 1996. Nutritional management of dairy cattle during hot weather. . Page 15 in *Professional Dairy Management Seminar*, Dubuque, IA.
- 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 climate. *J. Dairy Sci.* 68:1488.
- Bohmanova, J., I. Misztal, and J.B. Cole. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947-1956.
- Brosh, A. Aharoni, A.A. Degen, D. Wright, and B.A. Young. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *J. Anim. Sci.* 76:2671.
- Chambers, A.B. 1970. A psychometric chart for physiological research. *J. Appl. Physiol.* 29:406.
- Chilliard, Y. 1993. Dietary fats and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *J. Dairy Sci.* 76:3897-3931.
- Chen, K.H., J.T. Huber, C.B. Theurer, D.V. Armstrong, R.C. Wanderley, J.M. Simas, S.C. Chan, and J.L. Sullivan. 1993. Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. *J. Dairy Sci.* 76:819.
- Collier, R.J., D.K. Beede, W.W. Thatcher, L.A. Israel, and C.J. Wilcox. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65:2213.
- Collier, R.J., S.G. Doelger, H.H. Head, W.W. Thatcher, and C.J. Wilcox. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 54:309.
- Collier, R.J., R.M. Eley, A.K. Sharma, R.M. Pereira, and D.E. Buffington. 1981. Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 64:844.
- Cooke, K.M., J.K. Bernard, and J.W. West. 2007. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed coated with gelatinized starch plus urea or yeast culture. *J. Dairy Sci.* 90:360-364.
- Cummins, K.A. 1986. Effect of environmental heat stress and breed interactions on milk production and feed intake of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69(Suppl. 1):197.

- Cummins, K.A. 1992. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature. *J. Dairy Sci.* 75:1465.
- Dann, H.M., J. K. Drackley, G. C. McCoy, M. F. Hutjens, and J. E. Garrett. 2000. Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 83:123-127.
- Drackley, J.K., T.M. Cicela, and D.W. LaCount. 2003. Responses of primiparous and multiparous Holstein cows to additional energy from fat or concentrate during summer. *J. Dairy Sci.* 86:1306-1314.
- 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.
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 2):10.
- Hassan, A. and J.D. Roussel. 1975. Effect of protein concentration in the diet on blood composition and productivity of lactating Holstein cows under thermal stress. *J. Agric. Sci. Camb.* 85:409.
- Higginbotham, G.E., M. Torabi, and J.T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.* 72:2554.
- Holter, J.B., H.H. Hayes, W.E. Urban, Jr., and A.H. Duthie. 1992. Energy balance and lactation response in Holstein cows supplemented with cottonseed with or without calcium soap. *J. Dairy Sci.* 75:1480.
- Holter, J.B., J.W. West, M.L. McGilliard, and A.N. Pell. 1996. Predicting ad libitum dry matter intake and yields of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 79:912.
- 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.* 2080-2090.
- Jennings-Croci, J.P. 2002. Effects of carbohydrate sources, calcium propionate, and calcium soaps of palm fatty acids distillate on lactating Holstein cows during summer. M.S. Thesis. University of Florida, Gainesville.
- Johnson, H.D., R. Li, W. Manalu, and K.J. Spencer-Johnson. 1991. Effects of somatotropin on milk yield and physiological responses during summer farm and hot laboratory conditions. *J. Dairy Sci.* 74:1250.
- Kelley, R.O., F.A. Martz, and H.D. Johnson. 1967. Effect of environmental temperature on ruminal volatile fatty acid levels with controlled feed intake. *J. Dairy Sci.* 50:531.
- Keister, Z.O., K.D. Moss, H.M. Zhang, T. Teegerstrom, R.A. Edling, R.J. Collier, and R. L. Ax. 2002. Physiological responses in thermal stressed Jersey cows subjected to different management strategies. *J. Dairy Sci.* 85:3217-3224.
- Knapp, D.M. and R.R. Grummer. 1991. Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress. *J. Dairy Sci.* 74:2573.
- Mader, T.L. and M.S. Davis. 2004. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. *J. Anim. Sci.* 82:3077-3087.
- Mallonee, P.G., D.K. Beede, R.J. Collier, and C.J. Wilcox. 1985. Production and physiological responses of dairy cows to varying dietary potassium during heat stress. *J. Dairy Sci.* 68:1479.
- McDowell, R.E. 1972. Improvement of livestock production in warm climates. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA.

- Mishra, M., F.A. Martz, R.W. Stanley, H.D. Johnson, J.R. Campbell, and E. Hilderbrand. 1970. Effect of diet and ambient temperature-humidity on ruminal pH, oxidation reduction potential, ammonia and lactic acid in lactating cows. *J. Anim. Sci.* 30:1023.
- Mohammed, M.E. and H.D. Johnson. 1985. Effect of growth hormone on milk yields and related physiological functions of Holstein cows exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.* 68:1123.
- Moody, E.G., P.J. Van Soest, R.E. McDowell, and G.L. Ford. 1967. Effect of high temperature and dietary fat on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 50:1909.
- National Research Council. 1981. *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals*. National Academy Press, Washington, D.C.
- National Research Council. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Sixth Revised Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Niles, M.A., R.J. Collier, and W.J. Croom. 1980. Effects of heat stress on rumen and plasma metabolite and plasma hormone concentrations of Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 50(Suppl. 1):152.
- O'Kelly. 1987. Influence of dietary fat on some metabolic responses of cattle to hyperthermia induced by heat exposure. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 87A, No. 3, p. 677.
- Ominski, K.H., A.D. Kennedy, K.M. Wittenberg, and S.A. Moshtaghi Nia. 2002. Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. *J. Dairy Sci.* 85:730-737.
- Reinhardt, C.D. and R.T. Brandt. 1994. Effect of morning vs. evening feeding of limit-fed Holsteins during summer months. Pages 38-39 in *Cattleman's Day Report 704*. Kansas State Agric. Exp. Sta., Manhattan.
- Sanchez, W.K., D.K. Beede, and J.A. Cornell. 1994a. Interactions of sodium, potassium, and chloride on lactation, acid-base status, and mineral concentrations. *J. Dairy Sci.* 77:1661.
- Sanchez, W.K., M.A. McGuire, and D. K. Beede. 1994b. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: Review and original research. *J. Dairy Sci.* 77:2051.
- Schingoethe, D.J., K.N. Linke, K.F. Kalscheur, A.R. Hippen, D.R. Rennich, and I. Yoon. 2004. Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. *J. Dairy Sci.* 87:4178-4181.
- Schneider, P.L., D.K. Beede, and C.J. Wilcox. 1986. Responses of lactating cows to dietary sodium source and quantity and potassium quantity during heat stress. *J. Dairy Sci.* 69:99.
- Schneider, P.L., D.K. Beede, and C.J. Wilcox. 1988. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments. *J. Anim. Sci.* 66:112.
- Schneider, P.L., D.K. Beede, C.J. Wilcox, and R.J. Collier. 1984. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:2546.
- Shearer, J.K., D.R. Bray, D.K. Beede, and R.A. Bucklin. 1996. Utilizing shade and cooling to reduce heat stress. Page 1 in *Professional Dairy Management Seminar*. Dubuque, IA.
- Shwartz, G, J.B. Wheeler, L.L. Hernandez, M.D. O'Brien, K.A. Dawson, M.J. VanBaale, R.P. Rhoades, R.B. Zimelman, and L.H. Baumgard. 2008. The effects of supplementing a dietary novel yeast culture on body temperature indices, production, and metabolism in heat-stressed lactating cows. *J. Dairy Sci.* 91 (Suppl. 1): 134.

- Skaar, T.C., R.R. Grummer, M.R. Dentine, and R.H. Stauffacher. 1988. Seasonal effects of prepartum and postpartum fat and niacin feeding on lactation performance and lipid metabolism. *J. Dairy Sci.* 72:2028.
- Soto-Navarro, S.A., G.C. Duff, C.R. Krehbiel, M.L. Aylean, and K.J. Malcohm-Callis. 2000. Influence of feed intake fluctuation, feeding frequency, time of feeding and rate of gain on performance by limit-fed steers. *Prof. Anim. Sci.* 16:13-20.
- Stanley, R.W., S.E. Olbrich, F.A. Martz, H.D. Johnson, and E.S. Hilderbarne. 1975. Effects of roughage level and ambient temperature on milk production, milk composition and ruminal volatile fatty acids. *Trop. Agr.* 52:213.
- Taylor, R.B., J.T. Huber, R.A. Gomez-Alarcon, F. Wiersma, and X. Pang. 1991. Influence of protein degradability and evaporative cooling on performance of dairy cows during hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.* 74:243.
- Yu, P., J.T. Huber, C.B. Theurer, K.H. Chen, L.G. Nussio, and Z. Wu. 1997. Effect if steam-flaked or steam rolled corn with or without *Aspergillus oryzae* in the diet on performance of dairy cows fed during hot weather. *J. Dairy Sci.* 80:3293-3297.
- Vazquez-Anon, M. S.J. Bertics, R.R. Grummer. 1997. The effect of dietary energy source during mid to late lactation on liver triglyceride and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:2504-2512.
- West, J.W., G.M. Hill, F.M. Fernandez, P. Mandebvu, and B.G. Mullinix. 1999. Effects of dietary fiber on intake, milk yield, and digestion by lactating dairy cows during cool or hot, humid weather. *J. Dairy Sci.* 82:2455.
- West, J.W., C.E. Coppock, K.Z. Milam, D.H. Nave, J.M. Labore, and L.D. Rowe, Jr. 1987. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating Holstein cows during hot weather. *J. Dairy Sci.* 70:309.
- Wilks, D.L., C.E. Coppock, J.K. Lanham, K.N. Brooks, C.C. Baker, W.L. Bryson, R.G. Elmore, and R.A. Stermer. 1990. Responses of lactating Holstein cows to chilled drinking water in high ambient temperatures. *J. Dairy Sci.* 73:1091.