

CAPÍTULO 1

<http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.2013B004.1>

Interação Animal-Ambiente

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Introdução

Os animais vivem em um ambiente comprometido por vários fatores que afetam seus aspectos físicos e fisiológicos. O *ambiente térmico* tem uma grande influência sobre os animais da fazenda, com a temperatura do ar apresentando o principal efeito, sendo alterada pelo vento, precipitação, umidade e radiação. O impacto do ambiente térmico pode ser descrito em termos de *temperatura ambiente efetiva*, que combina os vários eventos climáticos. Os animais compensam, dentro de limites, variações na temperatura ambiente efetiva mediante alterações no consumo de alimentos, no metabolismo e na dissipação de calor, que por sua vez altera a partição da energia pelos animais (NRC, 1981a). A eficiência de utilização da energia decresce durante estresse térmico, possivelmente devido ao aumento das exigências para manutenção (CUMMINS, 1992), o que pode requerer mudanças quanto às relações entre os diferentes nutrientes e a energia da dieta (NRC, 1981a).

Balanco térmico

Os animais homeotérmicos mantêm a temperatura corporal relativamente constante com variação em torno de até 1°C (BERMAN et al., 1985), pelo

balanço entre o calor produzido no metabolismo e o ganho do ambiente, funcionando a temperatura corporal como a principal via de regulação da dissipação de calor. Este balanço térmico é obtido pelos efeitos dos mecanismos termorregulatórios fisiológicos, morfológicos e de comportamento. Sob muitas condições há perda líquida contínua de calor sensível da superfície corporal por condução, convecção, e radiação, e sob todas as condições há perda contínua de calor insensível (perda evaporativa) a partir do trato respiratório e superfície epidérmica (NRC, 2000).

As resistências à troca de calor que afetam a habilidade do animal a regular a temperatura corporal são tecidos, cobertura corporal, resistência do ar e resistência evaporativa. A resistência à transferência de calor não evaporativo é proporcional aos gradientes de temperatura dentro do corpo animal e entre o corpo e o ambiente, e inversamente proporcional ao fluxo de calor entre estes gradientes. Na resistência evaporativa, o gradiente através do qual o vapor d'água move-se é a umidade absoluta entre a pele e o ar (FINCH, 1986). Estes gradientes e os fluxos de calor entre os mesmos estão ilustrados na Figura 1.

Quanto às reações dos bovinos de corte às condições de temperatura elevada, o NRC (2000) destaca como mudanças de comportamento o decréscimo da atividade, busca por sombra para reduzir a exposição ao calor radiante, busca de colinas para aumentar a exposição ao vento, ou entrar na água para aumentar a dissipação de calor, e como mecanismos de adaptação fisiológica, mudanças no metabolismo basal, taxa respiratória, distribuição do fluxo sanguíneo para a pele e pulmões, consumo de alimento e água, taxa de passagem do alimento através do trato digestivo, cobertura de pelos e composição corporal. Mudanças fisiológicas usualmente associadas com temperaturas agudas incluem arrepios e sudorese, assim como mudanças no consumo de alimento e água, taxa respiratória, frequência cardíaca e atividade. Também se verifica que os animais diferem muito em respostas de comportamento e na habilidade para adaptação fisiológica ao ambiente térmico, com grande destaque para as diferenças genótípicas.

Segundo SILVA (2000), dentre as respostas fisiológicas dos ruminantes ao estresse térmico destaca-se a diminuição do fluxo sanguíneo ao epitélio

ruminal, quantificado em 76% sob estresse severo e 32% sob estresse moderado.

A taxa líquida de perda de calor, caracterizada como demanda de calor ambiental, depende da demanda térmica do meio ambiente e resistência ao fluxo de calor dos tecidos, pele e sua cobertura. Esta demanda ambiental é função dos fatores meteorológicos e reflete o poder de resfriamento do meio ambiente. Quando a temperatura ambiente excede à temperatura corporal, os animais podem ganhar calor líquido do ambiente, mas demandam energia para liberar o calor por evaporação (NRC, 1981a).

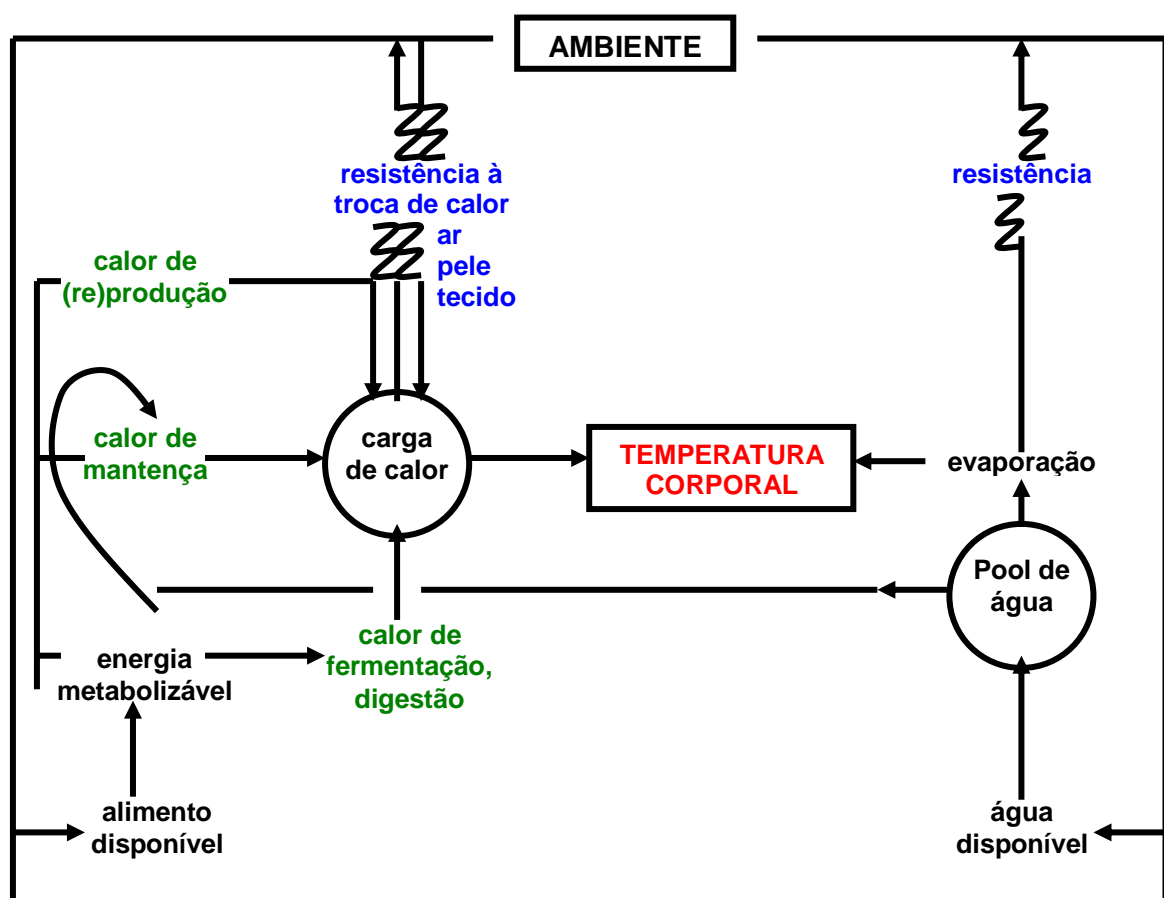


Figura 1 – Inter-relação entre calor, água e metabolismo energético nos herbívoros (FINCH, 1986).

Tanto os fatores ambientais quanto os relacionados ao próprio animal contribuem para diferenças nas perdas de calor pelo animal (NRC, 2000). Fatores ambientais incluem movimento do ar, precipitação, umidade, superfícies de contato e radiação térmica. Embora os resultados não sejam

totalmente satisfatórias, vários esforços têm sido feitos no sentido de relacionar estes efeitos com as respostas animais. Os fatores que contribuem para diferenças na perda de calor pelo animal por condução, convecção e radiação são área superficial, que inclui superfície ou isolamento externo, e internos ou isolamento tissular. As perdas evaporativas são influenciadas pelo volume respiratório, assim como pela área superficial, isolamento externo e isolamento tissular. As perdas respiratórias por bovinos de corte representam 5 a 25%, enquanto as perdas evaporativas totais de calor representam de 20 a 80% das perdas de calor.

Temperatura ambiente efetiva

Devido os animais se encontrarem expostos e afetados por vários componentes do ambiente climático, há vantagens em se avaliar respostas dos animais a um índice que represente o impacto térmico destes componentes ambientais.

Temperatura ambiente efetiva é um índice descrito em termos de demanda de calor ambiente: a temperatura de um ambiente isotérmico sem apreciável movimento de ar ou ganho de radiação. A maior dificuldade em se estabelecer uma maneira de quantificação da temperatura ambiente efetiva se deve principalmente aos recursos dos animais em combater o estresse térmico por reações fisiológicas e de comportamento, que por sua vez influenciam a demanda de calor ambiente. Embora os efeitos combinados de variáveis ambientais selecionadas tenham sido reportadas, não se tem desenvolvido fórmulas específicas para o cálculo da temperatura ambiente efetiva para cada espécie, como por exemplo, fatores vento-frio e o índice de temperatura e umidade (ITU).

Partindo-se do princípio que os efeitos da temperatura ambiente elevada são potencializados pela elevada umidade relativa do ar (WEST, 1997), devido sob elevada umidade relativa se tornar mais difícil a dissipação de calor corporal quando a temperatura ambiental se aproxima da temperatura do corpo (WEST, 1994), assim, o ITU é comumente usado para indicar o grau de estresse em bovinos leiteiros (ARMSTRONG, 1994). Dentre as fórmulas para

cálculo do ITU, recentemente se tem adotado no Nordeste brasileiro (OLIVEIRA NETO et al., 2001) a fórmula proposta por PIRES et al. (1998):

$$ITU = 0,72 (Tbs + Tbu) + 40,6$$

Onde: Tbs = temperatura do bulbo seco (°C) e Tbu = temperatura do bulbo úmido (°C)

Quando o ITU excede 72, vacas leiteiras de produção elevada são afetadas adversamente (JOHNSON e VANJONACK, 1976 e NRC, 1981a). Frank Wiersma, do Department of Agricultural Engineering, da University of Arizona, desenvolveu um esquema, apresentado de forma modificada por PENNINGTON e VANDEVENDER (2002), para estimar a severidade do estresse térmico sobre vacas leiteiras (Figura 2). Da mesma forma, OLIVEIRA NETO et al. (2001), consideram como valores limites para estresse ameno ITU = 72-79, estresse moderado ITU = 80-89 e estresse severo: ITU = 90-98.

TEMP. °C	UMIDADE RELATIVA (%)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
23,9																					
26,7																					
29,4																					
32,2																					
35,0																					
37,3																					
40,6																					
43,3																					
46,1																					
48,9																					

Figura 2 - Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para vacas de leite (PENNINGTON e VANDEVENDER, 2002).

Segundo o NRC (1981a), a temperatura ambiente efetiva é um conceito útil quando da predição do efeito do ambiente térmico sobre os animais, embora vários fatores, além da temperatura do ar, influenciem a demanda térmica ambiental, destacando-se:

1. *Radiação térmica.* A radiação térmica recebida por um animal provém de duas fontes principais: radiação solar (direta, ou refletida das superfícies das nuvens ou do ambiente em torno) e radiação terrestre. O impacto líquido da radiação térmica no animal depende da diferença entre a combinação da radiação solar e a radiação recebida pelo animal e a radiação emitida pelo animal. Sombras, estruturas aproximadas e outros animais, cobertura do solo, nuvens, características da superfície dos animais, e isolamento pelas superfícies internas das instalações, são exemplos de fatores que influenciam o impacto líquido da radiação térmica.

Para animais em radiação solar, ocorre usualmente um ganho líquido de calor que resulta em aumento na temperatura ambiente efetiva de 3 a 5°C.

2. *Umidade.* A umidade do ar influencia o balanço térmico do animal, particularmente em ambientes quentes, onde a perda evaporativa de calor é fundamental para a homeotermia. Ao aumentar a pressão do vapor ambiente, se verifica redução do gradiente de pressão de vapor da pele ou do trato respiratório ao ar, e redução da taxa de evaporação. Um aumento na pressão de vapor ambiente geralmente tem menos impacto no balanço térmico das espécies que dependem mais da respiração (e menos da sudorese) para perder calor durante estresse térmico. Assim, são atribuídos pesos diferentes às temperaturas dos bulbos seco e úmido para o cálculo dos índices de temperatura e umidade para diferentes espécies. Para bovinos, que suam em resposta ao estresse térmico, o índice é calculado como:

$$(0,35 \times \text{temperatura do bulbo seco}) + (0,65 \times \text{temperatura do bulbo úmido}).$$

3. *Vento.* O vento afeta as taxas de troca de calor convectivo e evaporativo. No entanto, a magnitude deste efeito é algo moderada pela redução na temperatura da pele devido a vasoconstrição reduzir o gradiente térmico animal-ambiente. O aumento na taxa de perda ou ganho de calor por unidade de aumento na velocidade do ar é maior em baixa velocidade do ar devido à quebra na barreira de proteção do corpo requerer relativamente pouco movimento do ar. Acima de 6 km/h, aumentos na velocidade do ar resultam em pouco aumento adicional na transferência de calor convectivo. Em ambientes

extremamente quentes, quando a temperatura ambiente excede a temperatura da superfície corporal dos animais, estes ganham calor por convecção.

4. *Contato superficial.* A natureza e temperatura do piso e outras superfícies de contato determina a taxa de fluxo de calor condutivo de um animal. Embora isto seja ordinariamente uma pequena parte de troca de calor total, pode ser significativo em algumas situações. Um animal pode responder por mudança de comportamento, por mudança em sua postura e na orientação a componentes ambientais específicos tais como área de contato com um piso frio ou quente, orientação a fontes de radiação e aberturas, e orientação em relação ao vento.

5. *Precipitação.* Algumas vezes os animais são expostos a rigorosas condições meteorológicas. A combinação baixa temperatura, vento, e chuva ou umidade pode afetar adversamente o balanço térmico do animal.

O esforço continuado para melhorar e desenvolver critérios para determinação da temperatura ambiente efetiva será uma meta de pesquisas continuadas, uma vez que embora a temperatura ambiente efetiva seja proposta, deve-se usar a melhor descrição do ambiente disponível em termos de demanda térmica ambiental (NRC, 1981a).

Zonas térmicas

A avaliação das relações entre os animais e seu ambiente térmico inicia com a zona de termoneutralidade. O conceito de termoneutralidade pode ter significados variáveis dependendo do ponto de vista do descritor. Para animais de interesse zootécnico, o NRC (1981a) destaca que este tópico foi revisado por MOUNT (1974), que usou o termo *temperatura ambiente operativa* como similar à *temperatura ambiente efetiva*, onde as seguintes definições foram envolvidas:

1. A faixa de temperatura ambiente efetiva na qual a produção de calor metabólico permanece basal.

2. A faixa de temperatura ambiente efetiva na qual a temperatura corporal permanece normal, sudorese e intensa freqüência respiratória não ocorrem, e a produção de calor permanece mínima. Algumas vezes é referida como zona de mínimo esforço de regulação térmica.
3. A faixa que proporciona uma sensação de conforto máximo. Também definida como zona de conforto térmico.
4. A temperatura ambiente efetiva selecionada para um animal oferece uma irrestrita faixa de ambientes, que compreende o denominado ambiente térmico preferido.
5. O ambiente térmico ótimo do ponto de vista do animal, capaz de promover o máximo desempenho e o mínimo de estresse, incluindo doenças, para o animal.

Enquanto estes termos não forem considerados sinônimos, em geral serão concordantes. O NRC (1981a) e ARMSTRONG (1994), definem zona de termoneutralidade como a faixa de temperatura ambiente efetiva em que as funções de manutenção e produção normais do animal não estressado liberam calor para o ambiente sem requerer aumento na taxa de produção de calor metabólico. Segundo o NRC (2000), dentro da zona de termoneutralidade, a temperatura ambiente efetiva é essencialmente independente da temperatura e é determinada pelo consumo e eficiência de uso do alimento.

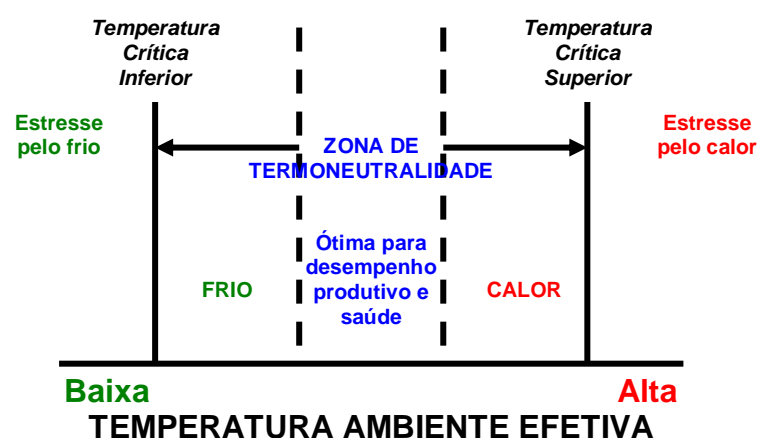


Figura 3 – Representação esquemática da relação entre zonas térmicas e temperaturas (NRC, 1981a).

Quando a temperatura ambiente efetiva aumenta acima da zona de termoneutralidade, a produtividade decresce, principalmente como resultado do menor consumo de alimento (NRC, 2000), sendo considerada pelo NRC (1981a) como zona de calor (Figura 3), onde as reações termorregulatórias são limitadas.

O decréscimo no tecido de isolamento térmico por vasodilatação e o aumento na área superficial efetiva por mudança de postura são os principais mecanismos usados para facilitar a taxa de perda de calor. Quando a temperatura ambiente efetiva excede a temperatura crítica superior, aumenta o trabalho de dissipação de calor e os animais podem empregar os mecanismos de perda de calor evaporativo, tais como sudorese e aumento da frequência respiratória e cardíaca. O animal é então considerado estressado pelo calor, com aumento das exigências energéticas para manutenção, como esquematizado na Figura 4 (NRC, 1981a, 2000).

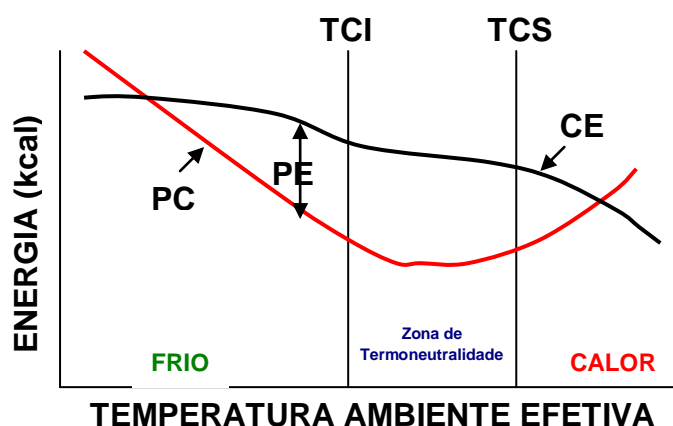


Figura 4 – Relação esquemática de produção de calor (PC), consumo de energia (CE) e energia para produção (EP = CE - PC) com zonas térmicas (NRC, 1981a).

Tanto a temperatura crítica superior quanto a inferior variam com a taxa de produção de calor em condições de termoneutralidade e com a habilidade dos animais em dissiparem e conservarem calor. A produção de calor pelos animais sob condições de termoneutralidade pode diferir substancialmente em

função do consumo de alimento, estágio fisiológico, genótipo, sexo e atividade (NRC, 2000). Para vacas de leite da raça Holandesa, BERMAN et al. (1985) sugerem 25 a 26°C como limite superior de temperatura ambiente em que estes animais podem manter a estabilidade de temperatura corporal.

O isolamento tissular (IT_i, °C/Mcal/m²/dia) é principalmente função da gordura subcutânea e espessura da pele. Valores típicos são 2,5 para bezerros recém-nascidos, 6,5 para bezerros com um mês de idade, [5,1875 + (0,3125 x escore corporal)] para bovinos de um ano e [5,15 + (0,75 x escore corporal)] para bovinos adultos, segundo o NRC (2001).

O isolamento externo (IE) é proporcionado pela camada de pelos que envolve o corpo. Assim, o isolamento externo é relacionado com o comprimento dos pelos. No entanto, a eficiência dos pelos como isolantes externos é determinada pelo vento, precipitação, lama e espessura da pele. Estes efeitos têm sido descritos como segue:

$$IE = (7,36 - 0,296 \times Vento + 2,55 \times Pelo) \times Lama \times Espessura \text{ da pele}$$

Onde:

IE = °C/Mcal/m²/dia;

Vento = velocidade do vento (km/h);

Pelo = comprimento efetivo do pelo (cm);

Lama e Espessura da pele = ajustes para lama (Tabela 1) e espessura da pele.

Tabela 1 – Fatores de correção para a equação de estimativa do CMS por novilhas de reposição baseados nas condições de piso

Condição do piso	Fator de correção
Limpo e seco	1,00
Pouca lama	1,00
Lamacento	0,85
Coberto por neve/lamacento	0,70

Fonte: NRC (2001).

O isolamento total (*IT*) é assim calculado:

$$IT = ITi + IE$$

Sendo: IT = isolamento total; ITi = isolamento tissular e IE = isolamento externo.

Segundo o NRC (1981a), a temperatura crítica inferior (TCI) pode ser assim calculada:

$$TCI = 39 - IT \times (PC/AS - H_e)$$

Onde: IT = isolamento total, PC = produção de calor, AS = área superficial; e H_e =perda mínima de calor evaporativo total (NRC, 2000), estimada como:

$$PC = EM - ER$$

Onde: EM = energia metabolizável ingerida e ER = energia retida, que pode incluir EL_g , EL_l , etc. (expressas em relação ao $PV^{0,75}$).

$$AS, m^2 = 0,08 PV^{0,67}$$

$$H_e = PC/AS \times 0,15$$

A temperatura crítica inferior predita para ruminantes adultos em níveis elevados de alimentação é consideravelmente menor que para animais jovens (Figura 5). Os valores extremamente baixos para bovinos confinados e vacas leiteiras no pico de lactação resultam das grandes quantidades de calor produzidas como consequência inevitável da digestão e metabolismo em altos níveis de produção, da pequena relação área superficial/massa corporal destes animais relativamente grandes e da grande quantidade de tecido para isolamento térmico.

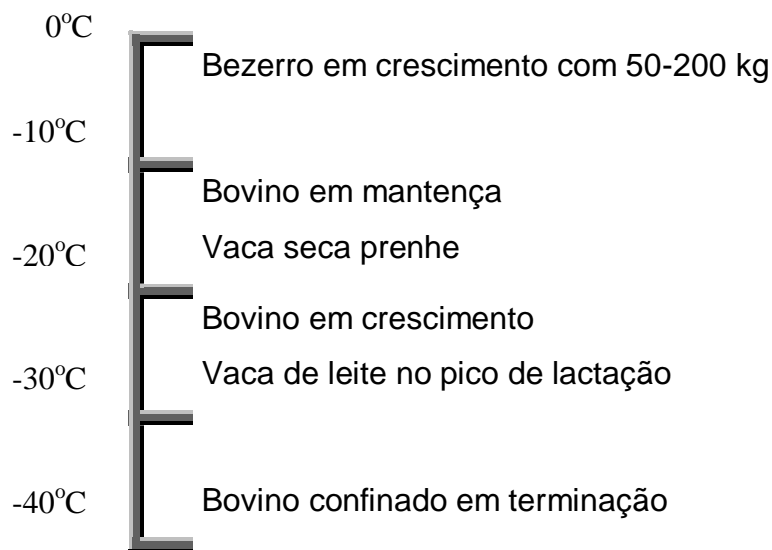


Figura 5 – Representação esquemática das estimativas de temperatura crítica inferior para bovinos em diferentes idades e estágios fisiológicos (YOUNG, 1981a).

Medidas de temperatura crítica inferior têm sido úteis na determinação das exigências de nutrientes, no estabelecimento de critérios de projetos de instalações, e em guias práticos para decisões de criações, particularmente para animais sensíveis ao frio tais como ovinos e bezerros.

A definição das zonas de termoneutralidade depende de muitos fatores, destacando-se como mais importantes, idade, quantidade de alimento ingerido, quantidade de gordura subcutânea, e comprimento e densidade da cobertura pilosa (NRC, 2001).

Na Figura 6 estão apresentadas zonas de termoneutralidade para ovinos e bovinos jovens e adultos, no entanto, mudanças na zona de termoneutralidade resultam da aclimação do animal ao ambiente, que segundo o NRC (2000), descrevem mudanças adaptativas em resposta às mudanças nas condições climáticas, que incluem tanto mudanças de comportamento quanto fisiológicas. Há aproximação entre a zona de termoneutralidade

apresentada na Figura 6 e a estabelecida pelo NRC (2001) para bezerros muito jovens, entre 15 e 25°C.

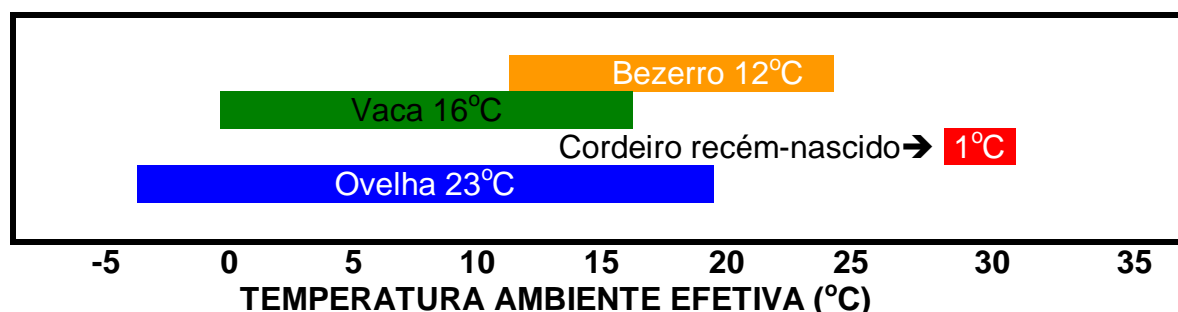


Figura 6 – Variação estimada na zona de termoneutralidade para bovinos e ovinos recém-nascidos e adultos (NRC, 1981a).

A zona de termoneutralidade em bezerros muito jovens varia de 15 a 25°C (NRC, 2001).

Faixas de temperaturas para diferentes espécies ruminantes nas quais animais bem alimentados e submetidos às demais práticas de manejo de maneira correta poderão apresentar eficiência produtiva foram apresentadas por HAHN (1981), no entanto, estas faixas podem ser mais amplas que a zona de termoneutralidade para estas espécies (Tabela 2).

Tabela 2 – Temperaturas médias diárias para produção e eficiência de ruminantes

Espécie/categoria animal	Faixa de temperatura aceitável (°C)
Vacas de leite	
Em lactação ou 2 semanas pós-parto	4 a 24
Paridas	10 a 26
Bovinos de corte	4 a 26
Ovinos	4 a 24

Fonte: HAHN (1981).

Em um ambiente quente, os animais são levados à dissipação de calor metabólico em uma situação onde há um reduzido gradiente térmico entre a superfície corporal e o ambiente, resultando em menor capacidade de perda de calor sensível. A resposta imediata de animais ao estresse térmico é a redução no consumo de alimento, para tentar ajustar a produção de calor metabólico à capacidade de dissipação de calor. Os animais de maior produção, com maior calor metabólico (resultante da síntese de produtos), tendem a ser mais susceptíveis ao estresse térmico.

Sob condições de temperatura ambiente maior que a temperatura corporal, o calor ambiente decorrente da radiação solar direta ou indireta, radiação de ondas longas, condução e convecção resulta em ganho de calor pelo animal (NRC, 1981a, DEVENDRA e BURNS, 1983). No entanto, ganhos por radiação de ondas longas, condução e convecção são verificados apenas se a temperatura das superfícies em torno do animal ou a temperatura do ar forem maiores que a temperatura da superfície do corpo do animal (NRC, 1981a).

A evaporação da umidade da superfície epidérmica ou trato respiratório é o mecanismo principal usado pelos animais para perder o excesso de calor corporal em um ambiente quente: este mecanismo é limitado pela pressão de vapor do ar, mas é alterado pelo vento.

Literatura Consultada

- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.7, p.2044-2050, 1994.
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M. et al. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.6, p.1488-1495, 1985.
- CUMMINS, K.A. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.6, p.1465-1471, 1992.
- DEVENDRA, C.; BURNS, M. *Goat production in the tropics*. UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1983. 183p.

- FINCH, V.A. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science*, v.62, n.2, p.531-542, 1986.
- HAHN, G.L. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. *Journal of Animal Science*, v.52, n.1, p.175-186, 1981.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals*. Washington D.C.: National Academy Press, 1981a. 152p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6th ed. Rev., Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 232p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA NETO, J.B.; MOURA, A.A.A.; NEIVA, J.N.M. et al. Indicadores de estresse térmico e utilização da somatotropina bovina (bST) em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) no semi-árido do Nordeste. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.2, p.360-367, 2001.
- PENNINGTON, J.A.; VANDEVENDER, K. *Heat stress in dairy cattle*. University of Arkansas/Division of Agriculture/Cooperative Extension Service, 2002. 3p. <http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-3040.pdf>.
Acesso em: 6 mar. 2003.
- PIRES, M.F.A; CAMPOS, A.T.; FERREIRA, A.M. Importância do conforto, ambiente e instalações no manejo de matrizes leiteiras. In: SIMPÓSIO – O AGRONEGÓCIO DO LEITE NO NORDESTE: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E PERSPECTIVAS DE MERCADO, 1988, Natal. Anais... Natal, 1998. p.266-282.
- SILVA, R.G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- WEST, J.W. *Balancing diets for dairy cattle during heat stress conditions*. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 1997, Flórida. *Proceedings...* Flórida: University of Florida, 1997. Disponível em: <<http://www.animal.ufl.edu/extension/dairy/Pubs/PDFs/flnutr.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2003.
- WEST, J.W. Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.7, p.2091-2102, 1994.

YOUNG, B.A. Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*, v.52, n.1, p.154-163, 1981.