

ISSN 1414-3984

Revista Trimestral — Jan/Mar - 2008 — Volume 16 — Número 01

Engenharia na Agricultura

*Associação dos Engenheiros Agrícolas do Estado de Minas Gerais
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa*

VARIAÇÃO REGIONAL DO DECLÍNIO NA PRODUÇÃO DE LEITE DURANTE O VERÃO NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Thieres George Freire da Silva¹, Sílvia Helena Nogueira Turco², Sérgio Zolnier³, Magna Soelma Beserra de Moura⁴, Ivan Ighour Silva Sá⁵.

RESUMO

O índice de temperatura e umidade (ITU) tem sido utilizado freqüentemente para prever o nível de conforto ou desconforto térmico animal. O objetivo deste trabalho foi determinar a variação regional do ITU no período de verão no Estado de Pernambuco e, posteriormente, as possibilidades de declínio na produção de leite. Os níveis normais de produção considerados para o cálculo dos valores do declínio de produção foram: 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Complementarmente, também foi estimada a variação regional da redução no consumo alimentar. Condições estressantes para todos os níveis de produção considerados foram constatadas nas microrregiões de Petrolina, Salgueiro, Araripina e Itaparica. Para os níveis de produção adotados, os valores máximos estimados do declínio de produção foram respectivamente 0,85, 1,82, 2,78, 3,75, 4,71 e 5,70 kg animal⁻¹ dia⁻¹, enquanto o valor máximo da redução no consumo alimentar atingiu 2,3 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Condições favoráveis para produção de leite foram identificadas nas microrregiões de Garanhuns e nos Vales do Ipojuca e Ipanema.

Palavras-chave: conforto térmico, ITU, bovinocultura leiteira, sistema de informações geográficas.

ABSTRACT

Regional variation in milk decline during summer in the state of pernambuco, Brazil

The temperature humidity index (THI) has been frequently used to predict the level of thermal comfort or discomfort of animals. The objective of this work was to determine the regional variation of the THI during summer season in the state of Pernambuco, and relate it to decline of milk production. The normal yield levels of 10, 15, 20, 25, 30 and 35 kg animal⁻¹ day⁻¹ taken to calculate yield decline. The regional variations in feed intake decline were also estimated. Stressful conditions for all yield levels were observed in the regions of Petrolina, Salgueiro, Araripina and Itaparica. For the adopted yield levels, estimated declines in milk yield were, respectively, 0.85, 1.82, 2.78, 3.75, 4.71 and 5.70 kg animal⁻¹ day⁻¹, whereas the maximum decline in feed intake reached 2.3 kg animal⁻¹ day⁻¹. Appropriate conditions for milk production were identified in the regions of Garanhuns and Valleys of Ipojuca and Ipanema.

Keywords: thermal comfort, THI, dairy cattle, geographic information system.

Recebido para publicação em 02.04.2007

¹ Doutorando do curso de Meteorologia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Hofls, s/n, Viçosa / MG, e-mail: thieresfreire@vicosa.ufv.br

² Professora do DTCS da UNEB, Doutora, UNEB/Juazeiro/BA, e-mail: sturco@uneb.br

³ Professor do DEA da UFV; P.h.D; DEA, UFV, Av. P.H. Hofls, s/n, Viçosa /MG, e-mail: zolnier@ufv.br

⁴ Pesquisadora; Doutora; EMBRAPA/Semi-Árido, Petrolina/PE, e-mail: magna@cpatsa.embrapa.br

⁵ Engenheiro Florestal; bolsista da EMBRAPA/Semi-Árido, Petrolina/PE, e-mail: ighour@cpatsa.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Avaliações regionais de condições climáticas favoráveis à produção de leite, por meio das respostas dos animais às variáveis ambientais, são informações imprescindíveis à implantação de sistemas produtivos em regiões tropicais e subtropicais, pois permite subsidiar o uso de técnicas de climatização e de manejo que elevam a eficiência do empreendimento (Damasceno & Targa, 1997).

Condições de calor excessivas promovem redução no consumo alimentar, na produção de leite e na performance reprodutiva do gado em escala sazonal, causando prejuízos para os produtores e indústrias do setor leiteiro de vários países (Avendaño-Reyes et al., 2006; Hahn, 1999). Estas condições são bastante comuns no Estado de Pernambuco, onde as temperaturas podem atingir valores bastante elevados, principalmente nos meses mais quentes do ano.

Vários índices têm sido desenvolvidos, para prever o nível de conforto ou desconforto térmico animal como, por exemplo, o ITGU que é um dos mais utilizados e envolve os efeitos da radiação solar ou radiação de ondas longas emitida no interior das instalações, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Por outro lado, existem índices mais simples, que não têm apresentado diferenças estatísticas, em relação aos valores de ITGU em alguns tipos de instalações (Buffington et al., 1977; Buffington et al., 1979). Dentre eles, destaca-se o ITU (índice de temperatura e umidade), originalmente desenvolvido por Thom (1959). Por combinar os efeitos de temperatura e umidade relativa do ar em um único valor, esse índice tem sido bastante aplicado em estudos visando avaliar sua relação com a temperatura corporal do animal (Verwoerd et al., 2006) e o estresse dos mesmos, durante o período de gestação (García-Ispierto et al., 2006). Também tem sido aplicado para avaliar o desempenho de animais submetidos a ambientes com ou sem sistema de resfriamento (Avendaño-Reyes et al., 2006), sombreamento (Brown-Brandl et al., 2005) ou alimentação fornecida durante o período noturno (Aharoni et al., 2005).

Silva et al. (2002) relatam que alterações nas condições de temperatura e de umidade

relativa do ar, fora da zona de termoneutralidade, podem afetar as características fisiológicas e o desempenho produtivo do animal, sendo necessário o acionamento de sistemas de climatização do ambiente. No entanto, Mota et al. (1997) salientam que qualquer modificação no ambiente, para mitigar o efeito do estresse térmico, deve ser avaliada pelos produtores, de acordo com a relação custo/benefício, levando em consideração as estimativas de decréscimo na produção.

A temperatura ótima para exploração leiteira depende da espécie, raça, idade, consumo alimentar, aclimatação, nível de produção, pelame e grau de tolerância do animal ao calor e ao frio. A raça holandesa, que é especializada em produção leiteira, possui zona de termoneutralidade situada entre 4 e 26°C (Huber, 1990), em que a homeotermia é mantida, indiretamente, pelos processos de transferência de calor por radiação, convecção, condução e evaporação que ocorrem à superfície do animal (Azevedo et al., 2005). Com o aumento da temperatura, as vacas da raça holandesa reduzem, significativamente, a produção de leite, pois esta atividade gera grande quantidade de calor (Berbigier, 1988). Este efeito pode ser mais significativo em animais que apresentam maior nível de produção (Huber et al., 1994). Em condições de estresse calórico, as vacas mais produtivas reduzem a produção em até 40%, dependendo da continuidade do estresse (Baêta & Souza, 1997).

Estimativas da redução do desempenho produtivo em escala regional se constituem em importantes instrumentos indicativos do conforto ou desconforto a que os animais podem estar sendo submetidos, auxiliando os produtores na escolha dos meios mais adequados de acondicionamento térmico (Klosowski et al., 2002). Por outro lado, a expansão de áreas para a criação do gado leiteiro deve ser realizada, levando-se em consideração, primeiramente, o conhecimento das condições climáticas da região em estudo, para se evitar o insucesso da atividade. De acordo com Zolnier et al. (1993), o desempenho produtivo do animal pode ser estimado por meio da quantificação do declínio na produção de leite (DPL) e da redução no consumo alimentar (RCA).

Com base na estimativa do DPL e da RCA do animal em diversas localidades, suficientemente distribuídas numa região, torna-se possível a realização de um zoneamento bioclimático, o qual é uma ferramenta imprescindível para o levantamento do potencial produtivo em larga escala. Além disso, os zoneamentos bioclimáticos são utilizados nas ações de seguridade rural e concessão de crédito aos produtores. Adicionalmente, são indispensáveis para a exploração sustentável da atividade leiteira.

Por requerer apenas dados de temperatura e umidade relativa do ar, o ITU tem apresentado grande relevância em trabalhos, que visam estimar o risco de redução da produção de animais leiteiros, mediante a utilização de dados históricos dessas variáveis (Brown-Brandl et al., 2005). Normalmente, esses dados meteorológicos estão disponíveis em muitas localidades do Brasil, ou podem ser estimados para aplicação em escala regional.

Turco et al. (2006) e Pires et al. (2006), com os dados climáticos do Estado da Bahia e região Sudeste do Brasil, elaboraram o zoneamento bioclimático para a criação de vacas leiteiras. Adicionalmente, Turco et al. (2006) quantificaram as possibilidades de declínio na produção de leite no Estado da Bahia.

Mota et al. (1997), avaliando o risco de perdas de produção por estresse térmico nas condições do Rio Grande do Sul, durante os meses de novembro e março, obtiveram declínio máximo de produção de 0,02, 0,3, 0,7, 1,1, 1,6 e 2,1 kg animal⁻¹dia⁻¹, para vacas com nível de produção de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 kg de leite dia⁻¹, respectivamente. Esses valores foram estimados para o município de Uruguaiana, que apresenta temperaturas mais amenas nos meses mais quentes do ano, em comparação com a maioria das localidades situadas no Estado de Pernambuco.

A influência climática na produção de leite também foi observada por McDowell et al. (1976), que verificaram decréscimo de 17% na produção, durante o verão, em comparação com o período de inverno, assim como por Igono et al. (1992) para as condições climáticas do Arizona. Nessa região, foram encontradas reduções de 11,5 a 16,0 kg animal⁻¹dia⁻¹ para

as produções de verão, em comparação com aquelas dos meses com temperaturas mais amenas.

A realização de um estudo avaliativo do potencial bioclimático do Estado de Pernambuco, para a criação de vacas leiteiras, é de fundamental importância como base para um programa de expansão e aprimoramento da atividade dentro do Estado. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a variação regional do ITU, no período do verão, no Estado de Pernambuco e, posteriormente, as possibilidades de declínio na produção de leite (DPL) e redução no consumo alimentar (RCA) de vacas da raça holandesa, com níveis normais de produção de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal⁻¹dia⁻¹.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu o Estado de Pernambuco, que está localizado entre os paralelos de 7° 15' e 9° 27'S e os meridianos de 34° 49' e 41° 22'O. Apesar de apresentar apenas o quarto maior rebanho da região Nordeste do Brasil, é o segundo maior produtor de leite, perdendo apenas para o Estado da Bahia (IBGE, 2007). É um Estado que apresenta dezoito microrregiões e uma grande variação nas condições de temperatura e umidade relativa do ar, devido sua localização em áreas de transição do litoral, agreste e semi-árido nordestino. Em decorrência disso, pode-se caracterizar por diferentes ambientes de conforto ou desconforto animal.

Para identificar as condições de conforto ou desconforto térmico no Estado de Pernambuco, para a criação de vacas leiteiras, foram utilizados os valores históricos observados e estimados de temperatura e umidade relativa média do ar nos três meses mais quentes do ano, referentes a 252 postos de observação, distribuídos por todo o Estado (Figura 1). Desse total, oito são classificados como Estações Climatológicas Principais, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (BRASIL, 1992) e os demais são postos pluviométricos pertencentes à Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990).

No presente trabalho, os dados de precipitação pluviométrica observados nos postos da Sudene, juntamente com os valores estimados de temperatura nesses mesmos postos, foram usados para determinação dos componentes do balanço hídrico climatológico. Em seguida, os valores estimados do índice de umidade, obtido a partir do cálculo da disponibilidade de água, foram utilizados na estimativa da umidade relativa do ar.

Devido à ausência de dados de temperatura do ar para os postos da Sudene, os valores mensais dessa variável foram estimados a partir das coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), as quais foram utilizadas na equação proposta por Cavalcanti e Silva (1994). Esta equação, cujos parâmetros dependem do mês considerado, pode ser escrita como:

$$t = a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\varphi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\varphi + a_8\lambda h + a_9\varphi h \quad (1)$$

em que,

t = temperatura média mensal, em °C;

λ = longitude, em graus negativos;

φ = latitude, em graus negativos;

h = altitude, em metros; e

a_0, a_1, \dots, a_9 = coeficientes obtidos por meio do método dos mínimos quadrados.

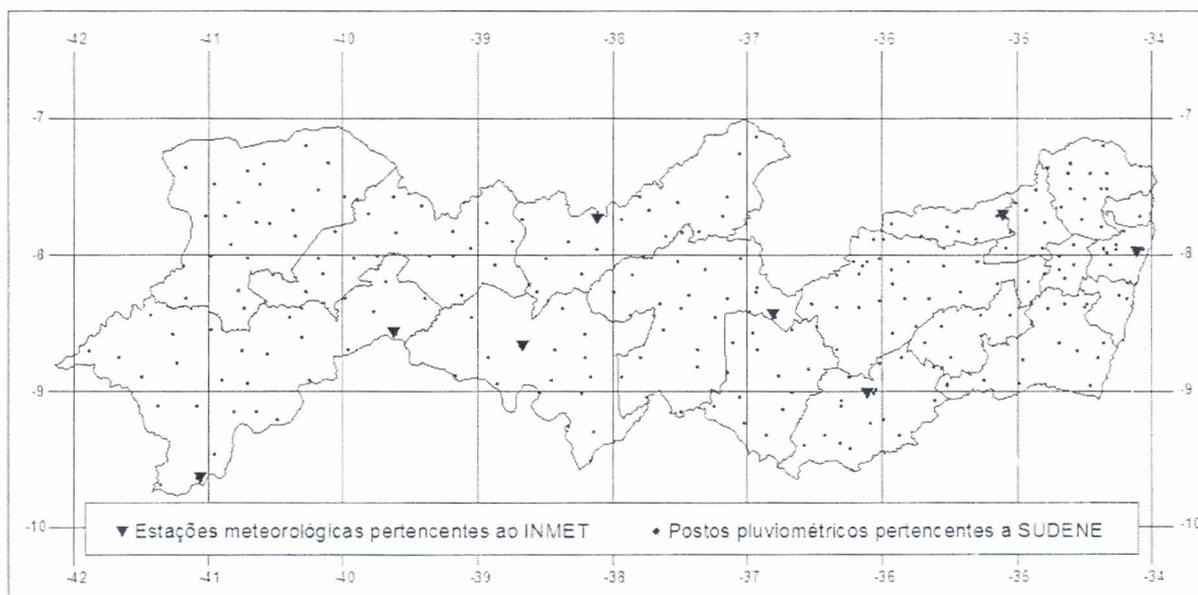


Figura 1. Distribuição das estações meteorológicas e dos postos pluviométricos no estado de Pernambuco, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e à Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), respectivamente.

Com os valores mensais de temperatura média do ar e os totais de precipitação, foi realizado o balanço hídrico climatológico (BHC), aplicando-se a metodologia de Thornthwaite & Mather (1955). As estimativas foram realizadas a partir de uma equação elaborada no presente trabalho, com base na metodologia

proposta por Teixeira (1999). O autor considerou a existência de uma relação quadrática entre os valores de umidade relativa do ar (UR) e o do índice de umidade mensal (I_U), o qual é calculado a partir do BHC. Assim, para o Estado de Pernambuco, obteve-se a seguinte equação

$$UR = -0,0005I_U^2 + 0,1608I_U + 76,643 \quad (R^2 = 0,90) \quad (2)$$

em que,

I_U = índice efetivo de umidade de Thornthwaite & Mather (1955), adimensional.

Posteriormente, a partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar das oito estações meteorológicas do INMET e estimativas dessas variáveis para os 244 postos de observação da Sudene, o Índice de Temperatura e Umidade foi determinado por meio da equação proposta por Thom (1959)

$$ITU = t_{bs} + 0,36t_{po} + 41,5 \quad (3)$$

em que,

t_{bs} = temperatura média do ar, em °C, e;

t_{po} = temperatura do ponto de orvalho, em °C.

Para o cálculo das variáveis psicrométricas, foram utilizadas as equações apresentadas por Vianello e Alves (2000). Os valores de " t_{po} " foram obtidos por

$$t_{po} = \frac{186,4905 - 237,3 \log_{10} e}{\log_{10} e - 8,2859} \quad (4)$$

em que,

e = pressão parcial de vapor d'água no ar, em hPa, calculada a partir da relação:

$$e = es \frac{UR}{100} \quad (5)$$

em que,

UR = umidade relativa do ar, em %, obtida pela Equação 2;

e_s = pressão de saturação de vapor d'água no ar, em hPa.

A pressão de saturação de vapor d'água no ar foi estimada por meio da equação de Tetens, apresentada por Berry et al. (1945), a qual é escrita como

$$e_s = 6,1078 \cdot 10^{\left(\frac{7,5 t}{237,3 + t}\right)} \quad (6)$$

Para estimar as perdas de produção de leite de vacas holandesas, decorrentes dos fatores climáticos no Estado de Pernambuco,

foi utilizada a equação proposta por Berry et al. (1964), a qual tem sido adotada por vários autores para prever as respostas biológicas dos animais, em função da modificação no ambiente (Klosowski et al., 2002; Pires et al., 2006; Zolnier et al., 1996). Esta equação é dada por

$$DPL = -1,075 - 1,736NP + 0,02474NP \cdot ITU \quad (7)$$

em que,

DPL = declínio absoluto na produção de leite, em kg animal⁻¹ dia⁻¹;

NP = nível normal de produção de leite, kg animal⁻¹ dia⁻¹; e

ITU = valor médio diário do índice de temperatura e umidade, adimensional.

O nível de produção (NP) é utilizado como referência, para representar uma situação em que o animal não está sofrendo estresse térmico, ou seja, o animal apresenta produtividade normal sob condições de termoneutralidade. Para este trabalho, foram considerados os seguintes níveis de produção: 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹.

Com os valores de ITU , foi quantificada também a redução no consumo alimentar dos animais, a partir da equação citada por Hahn & Osburn (1969)

$$RCA = -28,23 + 0,391 \cdot ITU \quad (8)$$

em que,

RCA = redução do consumo alimentar, em kg animal⁻¹ dia⁻¹;

Foi elaborado um banco de dados com as coordenadas geográficas e os valores de ITU , DPL e RCA para cada um dos 252 postos de observação, visando à delimitação regional das áreas com maiores possibilidades de perdas na produção e de redução no consumo alimentar do gado leiteiro.

Com base na equação proposta por Berry et al. (1964), os valores críticos de ITU para os níveis de produção de leite de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹ são 74,3, 73,1, 72,3, 71,9, 71,6 e 71,4, respectivamente. Estes valores marcam o início da redução na produção de leite de acordo com o nível de produção do animal, mostrando que os animais mais especializados na produção são mais sensíveis ao estresse térmico.

Para delimitação das áreas com maiores possibilidades de perdas de produção e redução no consumo alimentar do gado leiteiro, foram espacializados os valores de DPL e RCA, estimados para os seis níveis de produção.

Na geração de todos os mapas elaborados neste estudo, foi utilizado o software Arcview 3.2a, que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) desenvolvido pela empresa americana ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). Com o objetivo de estimar os valores de ITU, DPL e RCA para as regiões que não apresentam essas informações, foi utilizado o método de interpolação denominado Inverso do Quadrado da Distância (IDW).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação regional do ITU para os três meses mais quentes do ano, no Estado de Pernambuco, é apresentada na Figura 2. As microrregiões denominadas Brejo, Garanhuns, Vales do Ipanema e do Ipojuca se destacam por apresentar a maior parte de seus territórios com ITU na faixa compreendida entre 70 e 74. Em áreas da região semi-árida e litorânea, observam-se valores de ITU variando entre 75 e 80. Portanto, constata-se que a maior parte do Estado, em torno de 81%, apresenta condições estressantes para o gado leiteiro.

De acordo com a Equação 7, proposta por Berry et al. (1964), valores de ITU acima de 74,3 comprometem o desempenho produtivo, não somente de vacas especializadas na produção de leite, mas também de animais menos produtivos. Regiões críticas para a produção de leite

estão situadas, especificamente, nas microrregiões de Petrolina, Araripina, Salgueiro e Itaparica.

Valores de ITU abaixo de 74,3, limite crítico aproximado para animais com NP de 10 kg animal⁻¹ dia⁻¹, são evidenciados em parte das microrregiões do Pajeú, Alto Capibaribe, Médio Capibaribe, Vitória de Santo Antão, Mata Meridional, Brejo, Garanhuns e Vales do Ipojuca e do Ipanema. Nessas quatro últimas microrregiões, os valores de ITU variam entre 70 e 74, predominantemente, apresentando as melhores condições para exploração da atividade leiteira no Estado.

Com exceção da microrregião denominada Brejo, nas microrregiões de Garanhuns e nos Vales do Ipojuca e Ipanema estão localizados os principais municípios produtores de leite do Estado de Pernambuco, respondendo por 61% da produção (IBGE, 2007). A temperatura amena, associada a valores adequados de umidade relativa do ar, favorece a exploração da atividade leiteira nessas áreas.

Nas Figuras 3, 4 e 5, observa-se a variação regional do declínio na produção de leite, durante as condições de verão do Estado, para vacas leiteiras com níveis de produção de 10 e 15, 20 e 25 e 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente. Complementarmente, no Quadro 1, são mostrados os valores máximos estimados do declínio na produção de leite para os diversos NPs.

Na Figura 3, nota-se que até animais com baixo nível de produção de leite são afetados pelo estresse térmico no Estado de Pernambuco. Os valores máximos de DPL para os níveis de produção de 10 e 15 kg animal⁻¹ dia⁻¹ foram, respectivamente, 0,85 e 1,82 kg animal⁻¹ dia⁻¹, conforme o Quadro 1.

Comparando todos os mapas de espacialização do declínio na produção de leite para os diferentes níveis de produção, observa-se que à medida que os valores de NP aumentam, ocorre também um incremento na magnitude do DPL, assim como na extensão territorial afetada pelo estresse térmico.

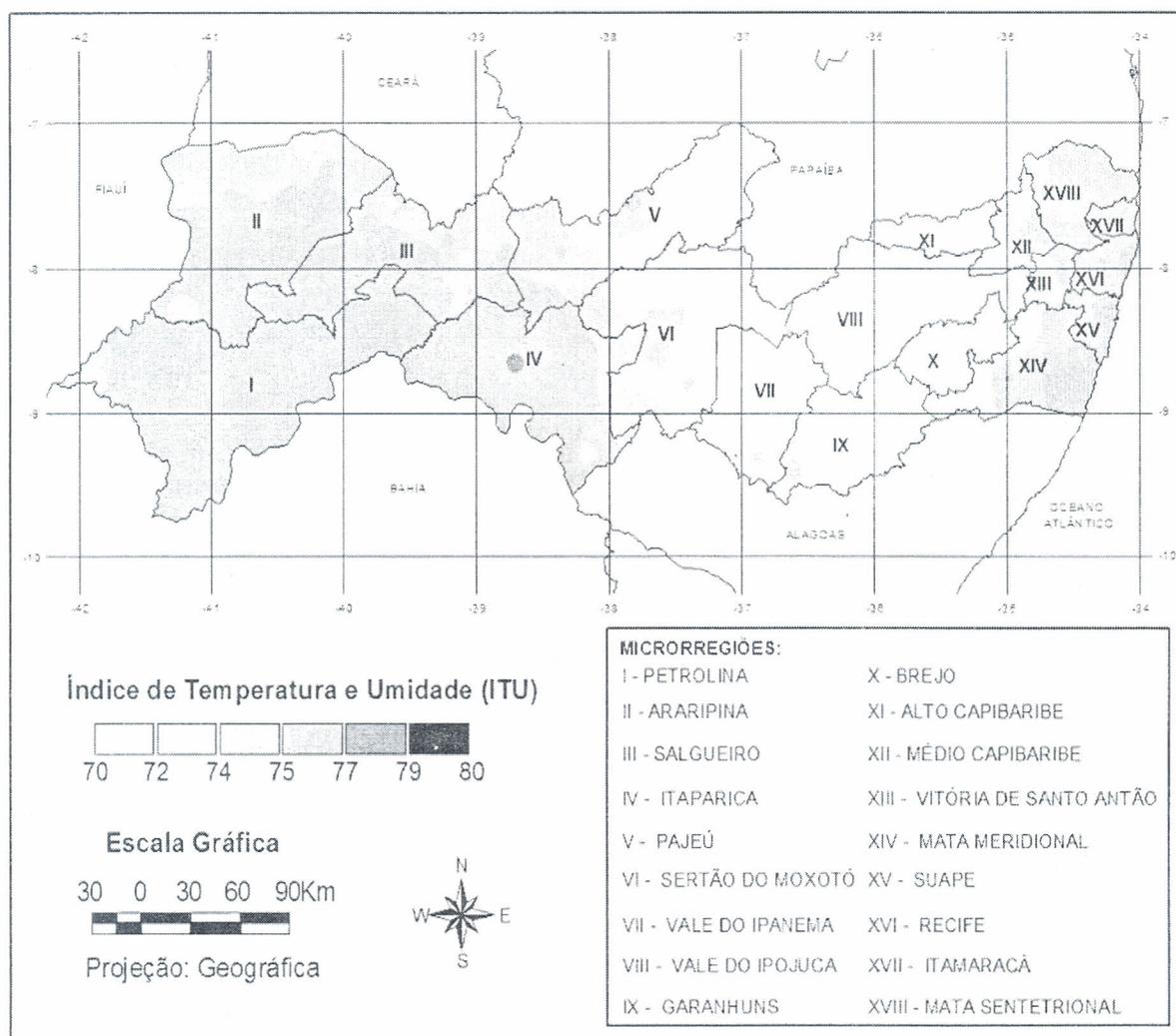


Figura 2. Variação regional do índice de temperatura e umidade durante o período do verão, no Estado de Pernambuco.

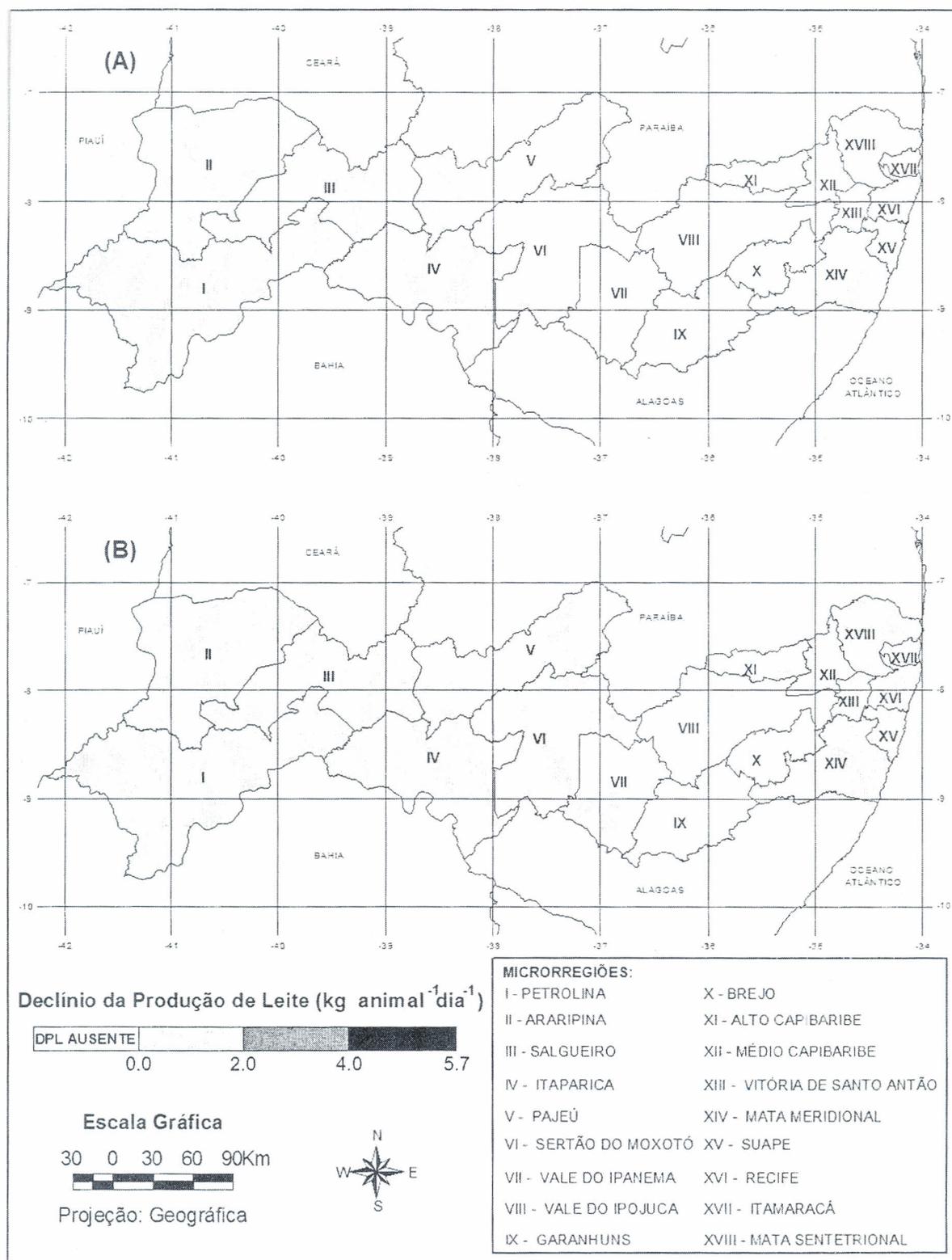


Figura 3. Variação regional do declínio na produção de leite durante o período de verão, no Estado de Pernambuco, referente aos níveis de produção de 10 (A) e 15 (B) $\text{kg animal}^{-1}\text{dia}^{-1}$.

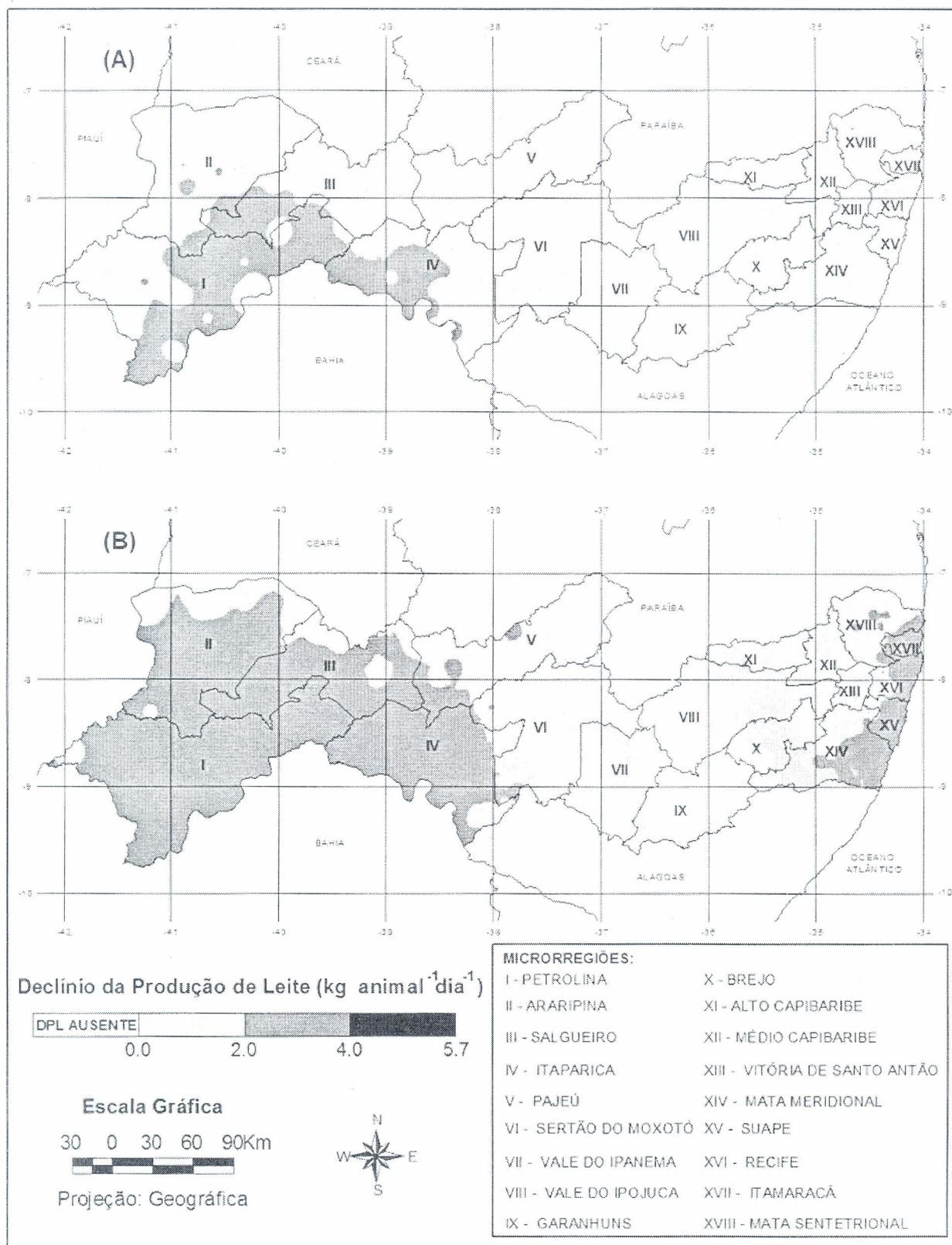


Figura 4. Variação regional do declínio na produção de leite durante o período de verão, no Estado de Pernambuco, referente aos níveis de produção de 20 (A) e 25 (B) $\text{kg animal}^{-1}\text{dia}^{-1}$.

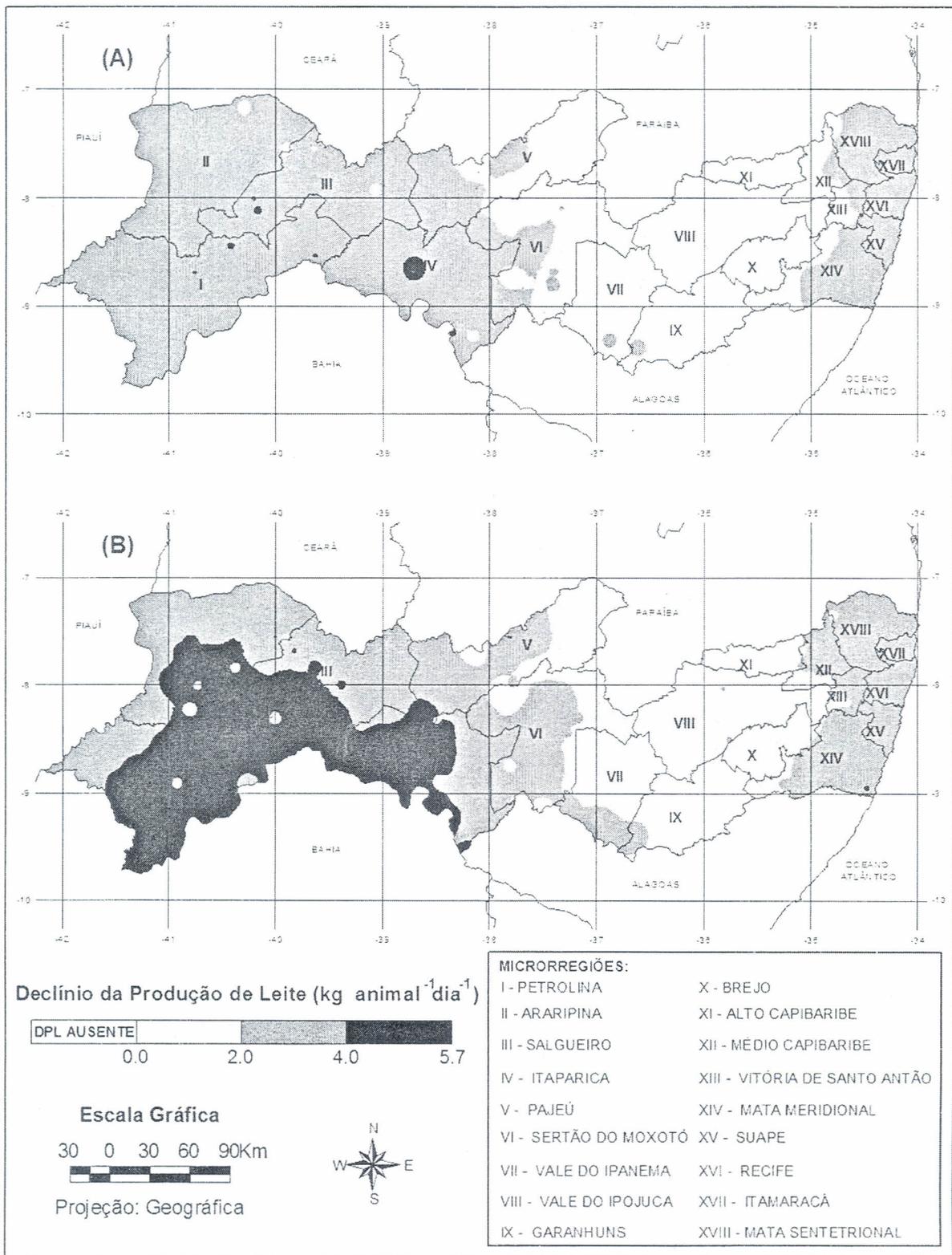


Figura 5. Variação regional do declínio na produção de leite durante o período de verão no Estado de Pernambuco, referente aos níveis de produção de 30 (A) e 35 (B) $\text{kg animal}^{-1}\text{dia}^{-1}$.

No litoral do Estado, os elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar podem promover condições de estresse para o animal. Nesta região, foram observados valores de ITU acima de 75 (Figura 2), o que afeta até o desempenho produtivo de animais, que apresentam baixo potencial genético de produção de leite. As microrregiões situadas nesta região são: Mata Setentrional, Médio Capibaribe, Vitória de Santo Antão, Itamaracá, Recife, Suape e Mata Meridional. Segundo os dados do IBGE, as menores produções de leite estão concentradas nas regiões semi-árida e litorânea do Estado.

Turco et al. (2006) constataram que os altos valores de temperatura, observados nas regiões semi-árida e litorânea do Estado da Bahia, podem promover condições ambientais estressantes para a criação de vacas da raça holandesa, reduzindo a produção de leite em até 1 e 4,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹, para as vacas com nível de produção de 10 e 15 kg animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente.

Para os níveis de produção de 20 e 25 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Figura 4), os animais podem reduzir a produção de leite em até 2,78 e 3,75 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Quadro 1), respectivamente. As melhores condições climáticas para os animais com esses níveis de produção ocorrem nas microrregiões de Garanhuns, Brejo, Vales do Ipojuca e do Ipanema. Similamente, observam-se importantes extensões territoriais com condições adequadas para a criação de vacas leiteiras altamente especializadas, com níveis de produção de 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Figura 5). Entretanto, em regiões climaticamente desfavoráveis, as perdas máximas podem atingir valores de 4,71 e 5,70 kg animal⁻¹ dia⁻¹, para os NPs de 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente (Quadro 1).

Complementarmente, os valores da redução no consumo alimentar (RCA) foram

estimados e especializados para o Estado de Pernambuco. A partir dos valores de RCA, foi possível observar que, durante os meses mais quentes do ano, os animais podem apresentar reduções no consumo alimentar de até 2,3 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Conforme era esperado, as regiões mais críticas estão situadas no semi-árido nordestino e litoral (Figura 6).

Mieschke (1979), citado por Silva (2000), observou que vacas das raças German Black Pied e Red Pied, mantidas em câmaras climáticas, apresentaram uma queda de 15% no consumo alimentar e de 18% na produção de leite, quando foram expostas a temperaturas de 30°C e umidade relativa de 40% (ITU = 89) durante 20 dias.

Nas regiões do Estado de Pernambuco, que apresentam condições ambientais estressantes para o gado leiteiro, a aplicação de técnicas de climatização, como, por exemplo, sistemas de resfriamento adiabático- evaporativo (SRAE), pode constituir uma alternativa viável para aumentar a produção. Avendaño-Reyes et al. (2006) constataram que vacas leiteiras da raça Holstein, sob condições de clima quente e seco, reduziram a taxa respiratória e a temperatura retal e, conseqüentemente, apresentaram um aumento na performance produtiva (produção leiteira, nível de gordura do leite e demais variáveis relacionadas) e reprodutiva (serviços por concepção) após o período de parto, quando foram utilizados sistemas de resfriamento nas instalações.

Zolnier et al. (1993), avaliando a potencialidade do uso de SRAE para cinco localidades do Estado de Minas Gerais, observaram que o sistema proporciona maiores benefícios em regiões onde o estresse térmico é mais severo e, paralelamente, são caracterizadas por baixa umidade relativa do ar.

Quadro 1. Valores máximos estimados do declínio na produção de leite, referentes a diversos níveis de produção, para o período de verão do Estado de Pernambuco □

	Níveis de Produção (kg animal ⁻¹ dia ⁻¹)					
	10	15	20	25	30	35
Declínio na Produção de Leite (kg animal ⁻¹ dia ⁻¹)	0,85	1,82	2,78	3,75	4,71	5,70

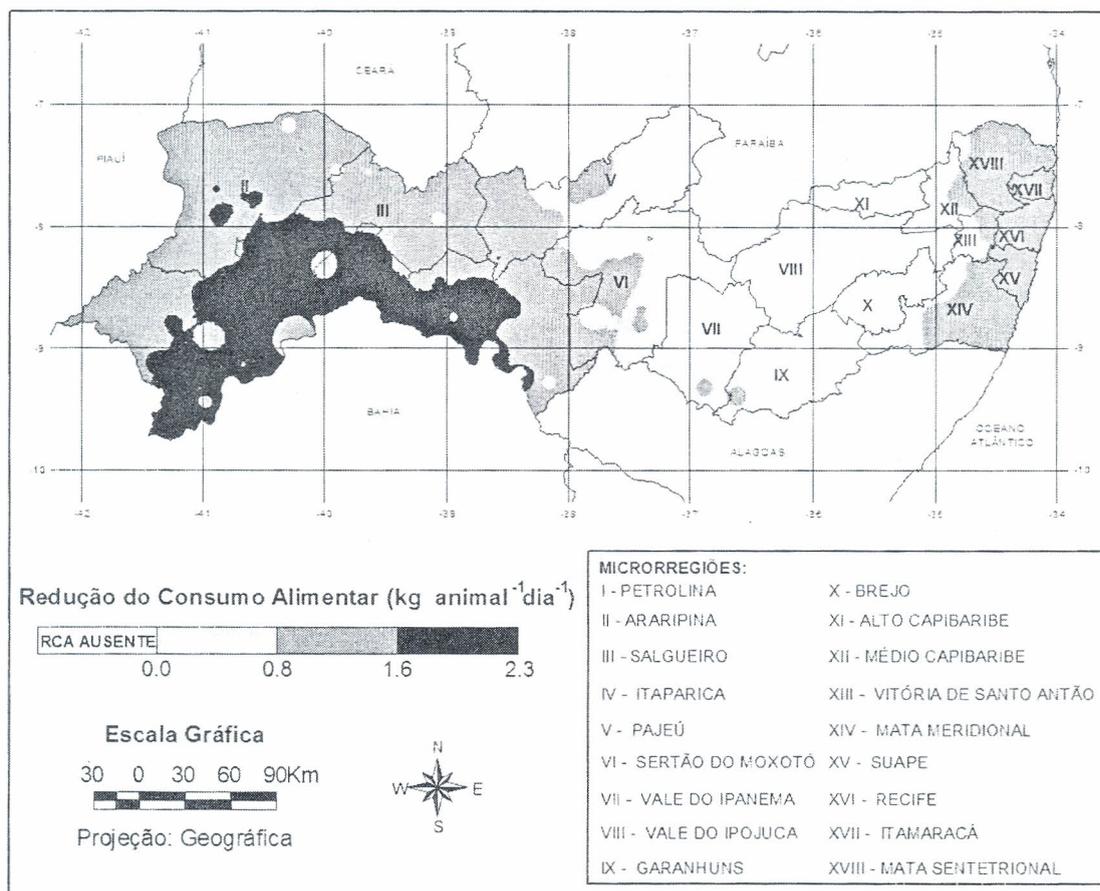


Figura 6. Variação regional da redução no consumo alimentar durante o período de verão no Estado de Pernambuco.

Condições climáticas similares são observadas em localidades situadas na região semi-árida do Estado de Pernambuco, principalmente durante os meses mais quentes do ano. Por outro lado, os benefícios resultantes da implantação desse sistema podem ser menos expressivos, especialmente em localidades onde o desconforto térmico animal não é tão severo, ou em regiões úmidas onde o valor da umidade relativa atinge valores acima de 80% na maior parte do período diurno, conforme constatado no litoral do Estado. Portanto, neste caso, a implantação do SRAE somente seria justificada por meio de um estudo climático detalhado, para verificar se as temperaturas mais elevadas, normalmente observadas nos horários mais quentes do período diurno, estão associadas a baixos valores de umidade relativa do ar (Zolnier et al., 1993).

A utilização de sombra natural ou artificial é outra técnica, que pode ser adotada, para mitigar os efeitos do estresse térmico que, em geral, apresenta custos relativamente baixos. O

sombreamento provido por árvores, isoladas ou em grupos, é o que proporciona os melhores resultados, sendo, portanto, um componente obrigatório nos pastos e piquetes para que as vacas leiteiras possam estar protegidas da incidência de radiação solar direta, principalmente durante o verão (Baccari, 1998). Dependendo do sistema de produção, a ausência de árvores na propriedade pode ser contornada pelo sombreamento artificial, mediante o uso de sombras portáteis ou de abrigos permanentes.

Segundo Damasceno et al. (1998), os benefícios do sombreamento artificial podem ser intensificados, com a proteção das extremidades da instalação contra a incidência direta de radiação solar. O autor verificou que vacas holandesas tiveram um aumento de produção de aproximadamente 8,1 %, em relação a seus pares, que permaneceram em abrigos convencionais, quando lonas plásticas de cor amarela foram estendidas nas extremidades do abrigo.

Finalmente, é importante salientar que, neste trabalho, leva-se em consideração apenas o efeito combinado da temperatura e umidade relativa do ar. Apesar da importância dessas variáveis climáticas para o conforto térmico animal, a viabilidade de uma atividade leiteira envolve também os fatores agroecológicos, sócioeconômicos e técnico-científicos.

CONCLUSÕES

Com base nas estimativas do índice de temperatura e umidade, do declínio na produção de leite e da redução no consumo alimentar, conclui-se que:

- As áreas com condições climáticas mais apropriadas à exploração da atividade leiteira, no Estado de Pernambuco, estão situadas principalmente nas microrregiões de Garanhuns, Brejo e Vales do Ipojuca e Ipanema;
- Áreas localizadas nas regiões semi-áridas e litorâneas são as que apresentam condições climáticas mais desfavoráveis à atividade leiteira, sendo necessária a implantação de técnicas de climatização para mitigar o efeito do estresse térmico no desempenho produtivo dos animais;
- Os resultados obtidos podem ser utilizados para subsidiar a elaboração de projetos de pesquisas, a implantação de sistemas de produção e o aprimoramento da atividade leiteira no Estado de Pernambuco, possibilitando que a atividade se torne cada vez mais viável do ponto de vista econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHARONI, Y.; BROSH, A.; HARARE, Y. Night feeding for high-yielding dairy cows in hot weather: effects on intake, milk yield and energy expenditure. **Livestock Production Science**, v.92, p.207-219, 2005.

AVENDAÑO-REYES, L.; ALVAREZ-VALENZUELA, F.D.; CORREA-CALDERÓN, A.; SAUCEDO-QUINTERO, J.S.; ROBINSON, P.H.; FADEL, J.G. Effect of cooling Holstein cows during the dry period

on postpartum performance under heat stress conditions. **Livestock Production Science**, v.105, p.198-206, 2006.

AZEVEDO, M. de; PIRES, M. de F.A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A.M.Q.; SAMPAIO, I. B.M.; MONTEIRO, J.B.N; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI JÚNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOCLIMATOLOGIA, 2., 1998, Goiania. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 1998. p.136-61.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 246p.

BERBIGIER, P. **Bioclimatologie des ruminants domestiques en zones tropicales**. Paris: INRA, 1988. 237p.

BERRY, F.A.; BOLLAY, E.; BEERS, N.R. **Handbook of meteorology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1945. 1068 p.

BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D.; JOHNSON, H.D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Transactions of the ASAE**, v.3, p.329-331, 1964.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. **Normais Climatológicas: 1961- 1990**. Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84 p.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators. **Biosystems Engineering**, v.90, n.4, p.451-462, 2005.

- BUFFINGTON, C.S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe-humidity comfort index for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, 1977. 19 p. (Paper 77-4517).
- BUFFINGTON, D.E.; CANTON, G.H.; COLLIER, R.J. Inspired-air-cooling for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, 1979. 25 p. (Paper 79-4510).
- CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, e Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, 1994, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. p. 154-157.
- DAMASCENO, J.C.; TARGA, L.A. Definição de variáveis climáticas na determinação da resposta de vacas holandesas em um sistema "free stall". **Energia na Agricultura**, v.12, n.2, p.12-25, 1997.
- DAMASCENO, J.C.; BACCARI, F., Jr., TARGA, L.A. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso a sombra constante ou limitada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.595-602, 1998.
- GARCÍA-ISPIERTO, I.; LOPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P; YANIZ, J.L.; NOGAREDA, C.; LOPEZ-BEJAR, M.; DE RENSIS, F. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v.65, p.799-807, 2006.
- HAHN, G.L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Dairy Science**, v.82 (Suppl, 2), p.10-20. 1999.
- HAHN, G. L. & OSBURN, D.D. Feasibility of Summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. **Transactions of the ASAE**, v.12, n.4, p.448-451, 1969.
- HUBER, J.T. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico**. In: Bovinocultura Leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.
- HUBER, J.T.; HIGGINBOTHAM, G.; GOMEZ-ALARCON, R.A.; TAYLOR, R.B. Heat stress interactions with protein, supplemental fat and fungal cultures. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2080-2090, 1994.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção pecuária 2004**. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 15/02/2007.
- IGONO, M.O.; BJTVEDE, G., SANFORD-CRANE, H.T. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. **International Journal of Biometeorology**, v.36, p.77-87, 1992.
- KLOSOWSKI, E.S; CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T; GASPARINO, E. Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.2, p.283-288, 2002.
- McDOWELL, R.E., HOOVEN, N.M. CAMEONS, J.K. Effect of climate on performance of Holstein in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v.5, p.965-73, 1976.
- MOTA, F.S. da; ROSKOFF, J.L.R.; SILVA, J.B. da. Risco de perdas por estresse climático na produção de leite no Rio Grande do sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.2, p.265-268, 1997.
- PIRES, M. de F.A.; JUNIOR, J.L.C. da L.; CAMPOS A.T. de; COSTA, L.C.; NOVAES, L.P. **Zoneamento da região sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 21p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa, 13).

- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.
- SILVA, I.J.O. da; PANDORFI, H.; ACARARO J.R.I.; PIEDADE, S.M.S.; MOURA, D.J. de. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, 2002.
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Pernambuco**. Recife, 1990. 363 p. (Série Pluviometria, 6).
- TEIXEIRA, A.H.C. Estimativa da umidade relativa do ar no estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2, 1999, Florianópolis-SC. **Anais...** Florianópolis-SC: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1999. [CD-ROOM].
- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v.8, nº1).
- TURCO, S.H.N.; SILVA, T.G.F. da; SANTOS, L.F.C. dos; RIBEIRO, P.H.B.; ARAÚJO, G.G.L.; JUNIOR, E.V.H.; AGUIAR, M.A. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.20-27, 2006.
- THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, p.57-60, 1959.
- VERWOERD W.; WELLBY, M.; BARRELL, G. Absence of a causal relationship between environmental and body temperature in dairy cows (*Bos Taurus*) under moderate climatic conditions. **Journal of Thermal Biology**, v.31, p.533-540, 2006.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 448 p.
- ZOLNIER, S.; BAÊTA, F.C.; COELHO, D.T.; SEDIYAMA, G.C. Potencialidade da utilização do sistema de resfriamento adiabático-evaporativo-na produção de leite. **Engenharia na Agricultura**, v.2, n.6, 1993.
- ZOLNIER, S.; BAÊTA, F.C.; PEREIRA, A.A. Metodologia alternativa para avaliação do potencial de utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na produção de leite. **Engenharia na Agricultura**, v.5, n.15, 1996.