

## IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO LEITEIRA DO ESTADO DE PERNAMBUCO: ANÁLISE PARA OS CENÁRIOS B2 E A2 DO IPCC

THIERES G. F. DA SILVA<sup>1</sup>, MAGNA S. B. DE MOURA<sup>2</sup>, IVAN I. S. SÁ<sup>3</sup>, SÉRGIO ZOLNIER<sup>4</sup>, SÍLVIA H. N. TURCO<sup>5</sup>, FLÁVIO JUSTINO<sup>4</sup>, JOSÉ F. A. DO CARMO<sup>2</sup>, LUCIANA S. B. DE SOUZA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), Serra Talhada, PE.

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido), Petrolina, PE.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Engenharia Agrícola (UFV/DEA), Viçosa, MG.

<sup>5</sup>Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Juazeiro, BA

thieres@uast.ufrpe.br, magna@cpatsa.embrapa.br,  
ighour@hotmail.com, zolnier@ufv.br, silvia.turco@univasf.edu.br, fjustino@ufv.br,  
jose.alves@cpatsa.embrapa.br, luciana.souza@cpatsa.embrapa.br

Recebido Abril 2008 - Aceito Junho 2009

### RESUMO

A partir das informações dos cenários B2 e A2 propostos pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) foram avaliados os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a produção leiteira do Estado de Pernambuco. Para tal fim, foram calculados os valores do índice de temperatura e umidade (ITU), considerando os cenários de temperatura e umidade relativa. Em seguida, foram estimados os dados de declínio da produção de leite (DPL) para três níveis de produção (10, 20 e 30 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e os valores de redução do consumo alimentar (RCA). Verificou-se que os cenários de mudanças climáticas promoveram alterações expressivas nas áreas com possibilidades de criação de vacas leiteiras, inclusive para as principais mesorregiões produtoras do Estado (Garanhuns, Vale do Ipanema e do Ipojuca). Os resultados obtidos auxiliarão produtores e governo na avaliação da vulnerabilidade do sistema de produção, bem como na elaboração de ações de mitigação e de adaptação da pecuária leiteira do Estado de Pernambuco frente aos cenários de mudanças climáticas.

**Palavras chave:** DPL, ITU, risco climático, vacas leiteiras

**ABSTRACT:** IMPACTS OF THE CLIMATE CHANGE ON REGIONAL VARIATION OF MILK PRODUCTION IN THE PERNAMBUCO STATE, BRAZIL: ANALYSIS FOR THE B2 AND A2 IPCC SCENARIOS

Based upon climate projections provided by the B2 and A2 IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) scenarios, the impacts of climate change on regional milk production in the Pernambuco State have been evaluated. Thus, the values of the temperature and humidity indexes (THI) have been computed considering the temperature and relative humidity modelling projections. Afterwards, the milk production decline (MPD) has been estimated for three production levels (10, 20 e 30 kg animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>). The values of the feed intake reduction (FIR) were also calculated. It has been demonstrated that climate change as projected by the A2 and B2 scenarios leads to substantial modifications in the present day areas suitable for livestock, particularly at the main Pernambuco production regions (Garanhuns, Ipanema and Ipojuca Valley). The results may, therefore, help farmers and government on the evaluation of the production system vulnerability, as well as suggesting mitigation and adaptation policies for the dairy husbandry in the State of Pernambuco, taking climatic change into account.

**Keywords:** MPD, THI, climate risk, milk livestock

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar de possuir o quarto maior rebanho bovino da região Nordeste do Brasil, o Estado de Pernambuco é o segundo maior produtor de leite (18,81%), perdendo apenas para o estado da Bahia (31,80%) (IBGE, 2007). Devido a sua localização em áreas de transições entre o litoral e agreste, e o agreste e semiárido nordestino, Silva et al. (2008) constataram que, em torno de 81% do território do estado de Pernambuco, apresentam condições estressantes para o gado leiteiro, especialmente para animais que possuem altos níveis de produção (NP). Para as condições atuais do clima do Estado de Pernambuco, esses autores estimaram valores máximos de perdas de produção de leite na ordem de 0,85, 1,82, 2,78, 3,75, 4,71 e 5,70 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para animais com NP de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

O quarto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC-AR4-WG1), Grupo de trabalho 1, tem sugerido que as alterações do clima, especialmente o aquecimento global, são causadas pelo incremento da emissão dos gases carbônico, metano e óxido nitroso na atmosfera (IPCC, 2007). Devido ao clima agir como um fator determinante na distribuição e produção das atividades agropecuárias, esse fenômeno potencialmente pode provocar efeitos negativos, sobretudo na atividade leiteira.

Logo, estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas têm recebido atenção especial em muitas pesquisas e discussões políticas, visando reduzir a vulnerabilidade dos sistemas produtivos, a qual pode se diferenciar, dependendo do local de exploração. Considerações sobre as modificações do ambiente e dos padrões de produção, bem como a contínua demanda por alimentos, têm exigido a aplicação de técnicas que permitam avaliar os possíveis efeitos das alterações do clima. As mudanças climáticas podem afetar a pecuária leiteira por meio da redução da disponibilidade e aumento dos preços de grãos, pela alteração na distribuição de pragas e doenças e pela diminuição da produção e qualidade de plantas forrageiras. De uma maneira mais direta, em termos de produção de leite, essas mudanças podem diminuir a eficiência dos processos de perda de calor pelo animal (Sirohi & Michaelowa, 2007), resultando em intensificação do estresse térmico, o qual pode promover reduções no consumo alimentar, na reprodução, na gestação, na lactação e, conseqüentemente, na eficiência produtiva das vacas leiteiras (Avendaño-Reyes et al., 2006; García-Ispuerto et al., 2006; Hahn, 1999; West et al., 2003).

Os zoneamentos têm sido utilizados para avaliar os efeitos das mudanças climáticas sobre o setor agropecuário, pois fornecem informações como, por exemplo, a identificação das áreas com potencial de criação de vacas leiteiras (Somporn et al., 2004; Turco et al., 2006). Por outro lado, o zoneamento também

é imprescindível para a seguridade rural e concessão de crédito aos produtores. Uma aplicação do zoneamento agrícola, como ferramenta de análise dos impactos dos cenários de mudanças climáticas, foi realizada por Assad et al. (2004), em que esses autores inseriram os cenários propostos pelo IPCC para a realização de zoneamento agroclimático da cultura do cafeeiro para estados das regiões Centro-oeste, Sul e Sudeste. No Brasil, estudo similar é inexistente para pecuária leiteira.

Para avaliar o risco climático sobre vacas leiteiras, são utilizados os valores de declínio da produção de leite (DPL) e redução do consumo alimentar (RCA), obtidos mediante a estimativa dos valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Esse índice tem sido bastante utilizado em estudos de avaliação do conforto e/ou desconforto térmico animal (Mader et al., 2007), especialmente em análise de risco climático (Casa e Ravelo, 2003; Pires et al., 2006). Isto se deve ao fato do ITU requerer apenas dados de temperatura e umidade relativa (UR) do ar (Brown-Brandl et al., 2005), diferente de índices como o ITGU (Índice de temperatura do globo negro e umidade), que requer dados de temperatura do globo negro, os quais não são medidos em estações meteorológicas sinóticas. Outro aspecto, favorável à utilização do ITU, deve-se ao fato deste índice não possuir, em alguns tipos de instalações, diferenças significativas em relação aos valores do ITGU (Buffington et al., 1977 citado por Klosowski et al., 2002).

Diante do exposto, esse trabalho quantifica os impactos das variações climáticas resultantes da inclusão dos cenários SRES IPCC B2 e A2 (Nakicenovic et al., 2000) sobre a produção leiteira do Estado de Pernambuco. Em particular, estimam-se os valores do declínio da produção de leite (DPL) para três níveis de produção (10, 20 e 30 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>); e os valores de redução do consumo alimentar (RCA).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Elaboração do Banco de Dados Climáticos e Estimativa dos Valores de ITU, DPL e RCA

Foram utilizados os dados históricos de temperatura ( $t_m$ ) e umidade relativa (UR) do ar e os valores de precipitação (P), referentes a 252 postos de observação distribuídos por toda área do estado de Pernambuco (Figura 1). Oito desses postos correspondem a estações meteorológicas principais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os demais (244) são postos pluviométricos oriundos da Rede Hidrometeorológica da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Devido a esses 244 postos apresentarem apenas dados de precipitação, estimaram-se os valores mensais de temperatura média do ar ( $t_m$ ) a partir dos dados geográficos (latitude,  $\phi$ ;

longitude,  $\lambda$ ; altitude,  $h$ ) e da equação de regressão proposta por Cavalcanti e Silva (1994), representada por meio da seguinte expressão:

$$t_m = a_0 + a_1 \lambda + a_2 \varphi + a_3 h + a_4 \lambda^2 + a_5 \varphi^2 + a_6 h^2 + a_7 \lambda \varphi + a_8 \lambda h + a_9 \varphi h \quad (1)$$

em que,  $a_0, a_1, \dots, a_9$  são os coeficientes de regressão obtidos através do método dos mínimos quadrados.

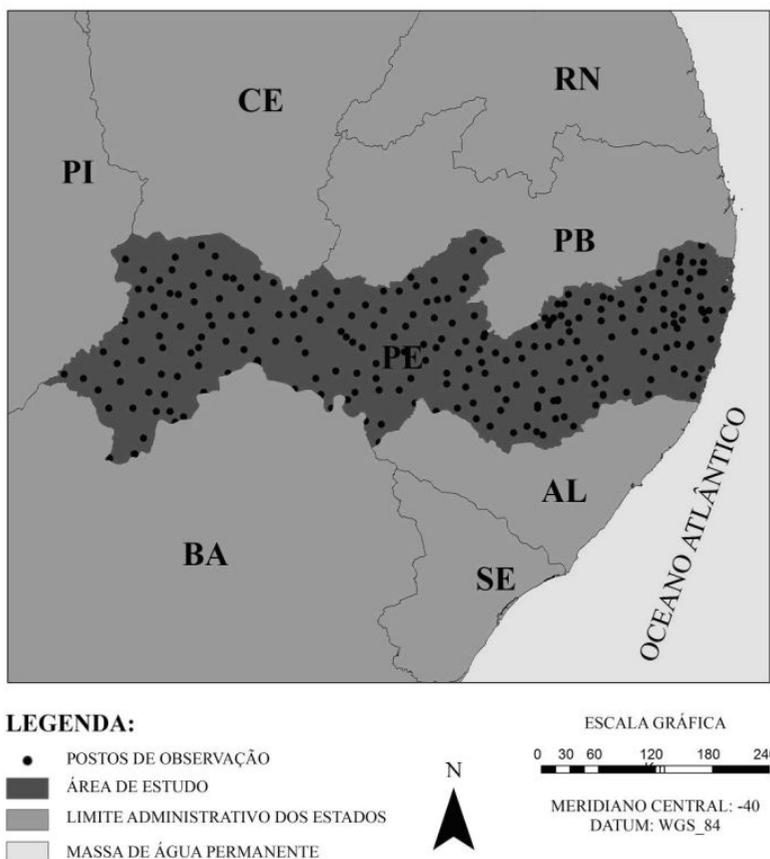
A partir dos valores observados e estimados de  $t_m$  e dos dados de  $P$ , foram estimados os valores históricos de UR, utilizando o modelo multiplicativo proposto por Silva et al. (2007a):

$$UR = a \exp \left\{ - \exp \left[ \frac{-(I_m - b)}{c} \right] \right\} \cdot [d + e(t_m \lambda)] \quad (2)$$

em que,  $I_m$  = índice efetivo de umidade,  $\lambda$  = longitude dos postos pluviométricos e  $a, b, c, d$  e  $e$  são os coeficientes

ajustados regionalmente para o estado de Pernambuco (Silva et al., 2007b).

Esse modelo foi proposto por Silva et al. (2007a), e tem como objetivo suprir a ausência de dados de UR para a utilização em estudos agro e bioclimáticos, semelhante às equações obtidas por diferentes autores para estimativa da temperatura do ar (Cavalcanti e Silva, 1994; Sedyama et al., 1998; Medeiros et al., 2005). Neste modelo, os valores de  $I_m$  representam a disponibilidade hídrica mensal de determinado local, sendo função da precipitação ( $P$ ) e da evapotranspiração (ETP) médias mensais ( $I_m = [P / ETP] \times 100$ ). Com isso, nos períodos de maior e de menor disponibilidade hídrica, os valores de UR tendem a ser maiores e menores, respectivamente (Silva et al., 2007a,b). Por outro lado, tem-se que a temperatura é inversamente proporcional a UR, e que as regiões litorâneas são mais úmidas do que as áreas continentais, ou seja, para alguns estados do Nordeste, os dados de UR diminuem com a longitude (Silva et al., 2007a,b). O modelo multiplicativo citado acima foi calibrado para o Estado de Pernambuco por Silva et al. (2007b), e apresentou excelente desempenho estatístico e consistência



**Figura 1** - Distribuição espacial dos postos de observação contendo dados climáticos, observados e estimados, na área do Estado de Pernambuco e regiões limítrofes.

física, permitindo estimar os valores normais mensais de UR para qualquer localidade dentro do Estado.

Com os valores  $t_m$  e UR de cada um dos 252 postos de observação, foram calculados os valores do índice de temperatura e umidade ITU (Thom, 1959):

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

em que,  $t_m$  é a temperatura do ar média, em °C, e  $t_{po}$  é a temperatura do ponto de orvalho média, em °C. Os valores de  $t_{po}$  foram obtidos por meio de equações psicrométricas citadas por Vianello e Alves (2000), sendo função dos dados de UR média. A partir dos valores de ITU, foi possível calcular as possibilidades de declínio da produção de leite (DPL, kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) utilizando a equação proposta por Berry et al. (1964):

$$DPL = -1,075 - 1,736 NP + 0,02474 NP ITU \quad (4)$$

em que NP é o nível normal de produção de leite, kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, que se refere a um valor de 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. Foram considerados no presente trabalho os seguintes níveis de produção: 10, 20 e 30 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Os valores da redução do consumo alimentar dos animais (RCA), em kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, foram calculados utilizando a equação proposta por Hahn e Osburn (1969):

$$RCA = -28,23 + 0,391 ITU \quad (5)$$

## 2.2. Projeções de Mudanças Climáticas

Nas últimas décadas, o interesse pelos estudos das mudanças climáticas tem crescido substancialmente, sobretudo devido à associação de tais impactos na atividade humana. Embora exista um consenso considerável com respeito às projeções climáticas provenientes dos modelos numéricos, pouco se vem discutindo sobre os cenários econômicos – B2, A1T, B2, A1B e A2 – que servem como condições iniciais e forçantes para estruturar as projeções do clima. Como estes cenários estabelecem diferentes padrões no consumo de materiais fósseis, como combustíveis, para o período compreendido entre 1990 e 2100, faz-se necessário que as análises e discussões também tomem como premissa fundamental o cenário econômico utilizado como condição inicial e forçante. Por exemplo, a projeção da temperatura média global para 2100, baseada no cenário B2, é 1,5 K menor que as projeções feitas se escolhido o cenário A2, um cenário mais pessimista. Note-se que as diferenças na escala regional podem ser ainda mais significativas. As análises aqui discutidas têm como base dois cenários que são usados com maior frequência, e podem ser

entendidos como limítrofes entre os cenários do IPCC, como descrito por Nakicenovic et al. (2000). Estes cenários estão amplamente discutidos em Justino e Amorim (2007).

Os dados aqui utilizados são provenientes do modelo acoplado do Hadley Centre for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM3), descrito em Gordon et al. (2000). O modelo de circulação geral atmosfera-oceano HadCM3 foi desenvolvido no Hadley Centre e sua componente atmosférica tem 19 níveis com uma resolução horizontal de 2,5167° de latitude e 3,75° de longitude, que produz uma grade global de 96 x 73 células. Isto é equivalente a uma resolução de superfície de aproximadamente 417 km x 278 km no Equador, reduzindo até 295 km x 278 km em 45° de latitude. A componente oceânica do HadCM3 tem 20 níveis com uma resolução horizontal de 1,25° x 1,25°.

## 2.3. Distribuição Espacial do ITU, DPL e RCA

Os dados de anomalias de temperatura do ar e UR obtidos pelo modelo HAdCM3 foram incorporados aos valores de  $t_m$  e UR do banco de dados climáticos, elaborado (como citado no item 2.1) com o objetivo de estimar os valores de ITU, DPL e RCA futuros para os 252 postos de observação. Esse procedimento foi adotado em virtude do banco de dados elaborado possuir um número e distribuição de postos de observação bastante expressivo, permitindo com isso realizar estudos suficientemente detalhados, especialmente para áreas de grande extensão (Sediyama et al., 1998; Silva et al., 2007a), como é o caso do estado de Pernambuco.

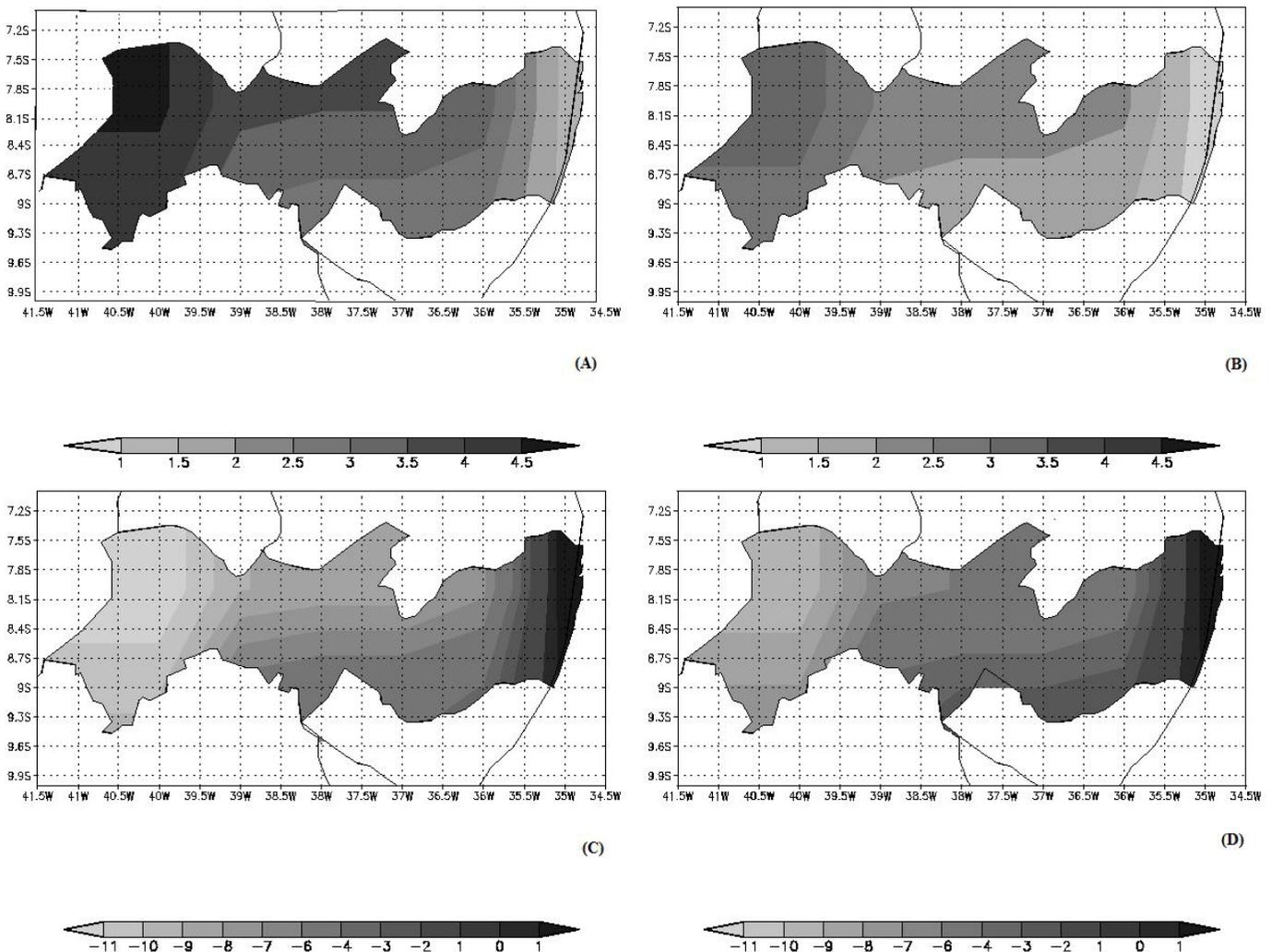
A distribuição espacial dos valores de ITU, DPL e RCA foi obtida por meio da geração de mapas utilizando o software ArcGis 9.0. Utilizou-se o método de interpolação denominado “krigagem ordinária” e o modelo esférico como sugerido por Silva et al. (2007a).

As áreas de risco climático para a produção leiteira, foram caracterizadas em quatro categorias de ITU citadas por Brown-Brandl et al. (2005). Esses autores consideram que para valores de ITU inferior a 74, as condições ambientais são adequadas para a criação de vacas leiteiras; ITU entre 74 e 78, as condições são aceitáveis, podendo resultar em decréscimos da taxa de ganho de peso pelos animais; ITU entre 78 e 84 está associada a condições ambientais com estresse moderado, em que os animais podem apresentar reduções significativas no ganho de peso (ex: situações de manejo, transporte ou aumento da densidade de animais nos lotes de confinamento). Para ITU maior que 84, as condições ambientais são de estresse severo, ou seja, caso não sejam adotadas técnicas de manejo visando reduzir as condições de estresse, a mortalidade animal pode ser intensificada, especialmente se tais condições persistirem por tempo prolongado.

A identificação das áreas adequadas para a produção leiteira, considerando os níveis de produção dos animais, foi obtida estimando os valores críticos de ITU por meio da inversão da Equação 4 proposta por Berry et al. (1964). Os valores obtidos indicam que os dados de DPL são nulos quando os valores de ITU são iguais ou inferiores a 74,3, 72,3 e 71,6 para os níveis de produção de 10, 20 e 30 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores críticos indicam o início da redução da produção de leite de acordo com o nível de produção do animal e que os animais de maior produção são os mais sensíveis ao estresse térmico. A partir da classificação citada por Brown-Brandl et al. (2005) e dos valores críticos de ITU, adotou-se o valor de 74, como limite para definir as áreas de risco climático para a produção leiteira.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o cenário futuro (2080-2100), observa-se um aquecimento generalizado para todo o estado de Pernambuco que é acompanhado por uma redução significativa da UR, como mostrado na Figura 2. Nota-se que para o cenário A2, a parte oeste do estado apresenta anomalias de temperatura que comparadas ao presente são de cerca de 4°C (Figura 2A). De fato, os valores médios de anomalias de temperatura para o estado de Pernambuco são da ordem de 3,2°C. Similar análise para o cenário B2 revela que, as anomalias são menos intensas, de aproximadamente 2,2°C (Figura 2B). Devido à relação inversa entre temperatura e UR, a Figura 2C e 2D ilustra a queda de UR associada ao incremento da forçante radiativa resultante da maior presença dos gases de efeito estufa. A maior queda na UR para os cenários ocorre principalmente na região oeste do estado. Os resultados obtidos pelo modelo indicam reduções médias de 5,3% e 6,3% nos valores de UR para os cenários de



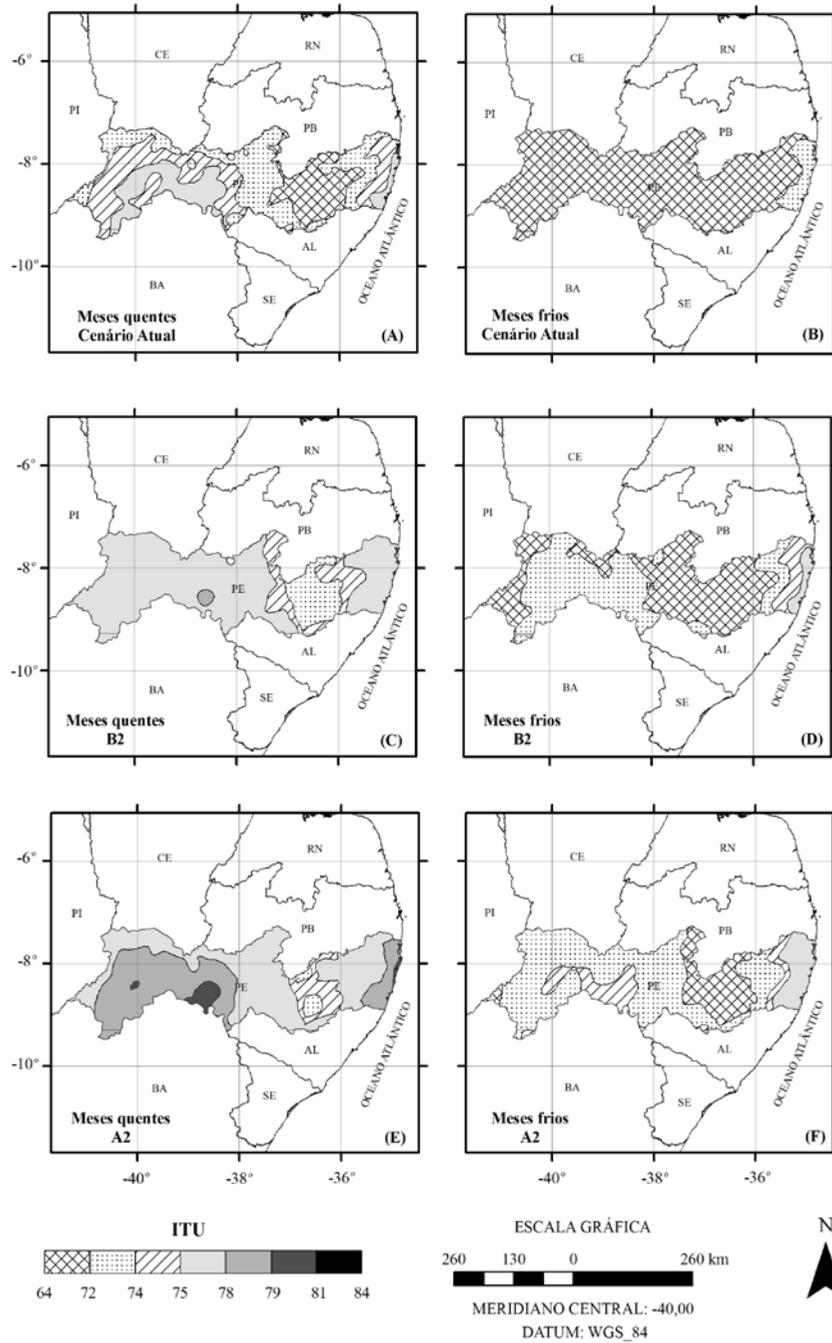
**Figura 2** - Anomalias anuais de temperatura (°C) e de umidade relativa (%) do ar para o Estado de Pernambuco de acordo com as projeções dos cenários A2 e B2 do IPCC. Cenário A2 de temperatura (A), Cenário B2 de temperatura (B). Cenário A2 de umidade relativa do ar (C). Cenário B2 de umidade relativa do ar (D).

mudanças climáticas B2 e A2, respectivamente.

Para demonstrar os impactos das variações climáticas dos cenários B2 e A2 do IPCC sobre a produção leiteira do estado de Pernambuco são destacados os mapas de ITU, DPL e RCA resultantes dos valores médios dos três meses mais quentes (dezembro a fevereiro) e frios (junho a agosto) do ano no Estado, uma vez que são os períodos que apresentam as

maiores e menores possibilidades de perdas de produção pelos animais leiteiros, respectivamente (Silva et al., 2008, Turco et al., 2006).

Na Figura 3, observa-se a variação regional dos valores de ITU para os meses mais quentes e frios do Estado de Pernambuco, considerando as condições atuais e para os dois cenários de mudanças climáticas (B2 e A2). Alterações expressivas nas



**Figura 3** - Variação regional dos valores médios do índice de temperatura e umidade do ar (ITU) para os três meses mais quentes (A, C e E) e mais frios do ano (B, D e F) do Estado de Pernambuco, considerando o cenário atual (A, B), e as projeções B2 (C e D) e A2 (E e F) de mudanças climáticas do IPCC.

áreas consideradas adequadas ( $ITU < 74$ ) para a criação de vacas leiteiras foram constatadas quando se combinou o aumento dos valores de temperatura com as reduções dos valores de UR.

No cenário atual, as áreas com melhores condições para a exploração leiteira estão situadas predominantemente nas microrregiões de Brejo, Garanhuns e dos Vales do Ipanema e do Ipojuca, onde são observados valores de  $ITU < 74$ , favorecendo inclusive a criação de animais mais especializados tanto nos meses mais quentes, quanto nos meses mais frios do ano (Figura 3A e 3B). Nas regiões semi-árida e litorânea, foram observados valores de ITU variando entre 74 e 78, caracterizadas como condições aceitáveis para a exploração leiteira. Durante os meses mais frios, estresses térmicos podem ser evidenciados apenas no litoral para vacas leiteiras mais especializadas, devido apresentar valores de ITU entre 72 e 74.

Para as projeções das mudanças climáticas, foram observadas reduções expressivas nas áreas com possibilidade de criação de vacas leiteiras. No cenário B2, essas áreas foram reduzidas e estão localizadas especialmente nas microrregiões de Garanhuns, Vales do Ipanema e do Ipojuca (Figura 3C, 3D).

No entanto, os valores de ITU nessas microrregiões aumentaram para a faixa de 72 e 74, o que pode limitar a criação de vacas com níveis de produção de  $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , caso não sejam adotadas técnicas de manejo adequadas. Para os meses mais quentes, a maior parte do estado de Pernambuco foi caracterizada como área com condições aceitáveis para a criação de vacas leiteiras ( $74 < ITU < 78$ ) (Figura 3C).

Considerando o cenário pessimista (A2), as condições de estresse térmico foram intensificadas, principalmente durante os meses mais quentes (Figura 3E), em que as áreas situadas no sertão e litoral apresentaram condições de estresses moderados ( $74 < ITU < 78$ ). Nos meses mais frios, as melhores condições estão situadas em áreas do agreste do Estado (Figura 3F).

Nos ambientes com condições muito estressantes, como constatadas nos meses mais quentes para o cenário A2, o uso de técnicas de climatização, como por exemplo, sistemas de resfriamento adiabático-evaporativo (SRAE), pode se constituir em alternativa viável para mitigar o estresse por calor, especialmente para animais mais especializados (Matarazzo et al., 2006). O SRAE permite aumentar o conforto térmico do animal, por meio da redução da temperatura ambiente e aumento da eficiência dos processos de transferência de calor, bem como, melhorar a produção e qualidade do leite, quando dietas adequadas são formuladas para os animais durante os períodos mais quentes. Mesmo quando aplicado por períodos curtos, o SRAE reduz os efeitos do estresse sobre as características fisiológicas dos animais (Gallardo et al., 2005).

Para animais com menores níveis de produção, o reflorestamento de áreas de pastagem torna-se uma alternativa ambientalmente correta e economicamente viável ao produtor

rural, pois permite estabelecer um sistema silvipastoril, que pode reduzir a carga térmica incidente sobre os animais. Para compor o sistema silvipastoril, o Bambu se mostra como uma ótima alternativa, pois possui qualidade térmica de sombra superior a espécies como, por exemplo, Santa Bárbara, Chapéu de Sol e Leucena, respectivamente (Guiselini et al., 1999).

Nas Figuras 4 e 5 são apresentadas a variação regional do declínio da produção de leite (DPL) para as condições atuais e para os cenários (B2 e A2) durante os três meses mais quentes e frios do ano para vacas leiteiras com níveis de produção de 10, 20 e  $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . No cenário atual, durante os meses mais quentes, observa-se que em maior parte do território os valores de DPL são nulos, para os animais com nível de produção de  $10 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 4A). Para vacas leiteiras com maiores níveis de produção ( $20$  e  $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) (Figura 4B e 4C), é possível constatar que essas áreas limitam-se ao agreste do Estado, onde estão situadas as principais microrregiões leiteiras (Garanhuns, Vales do Ipanema e de Ipojuca). Áreas situadas no Sertão e Litoral do Estado são as que apresentam maior possibilidade de redução da produção de leite, podendo atingir valores de  $3,50 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , para animais mais especializados ( $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ). Durante os meses mais frios, as perdas de produção ocorrem predominantemente no litoral do Estado para animais de níveis de produção de 20 e  $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 5B e 5C).

Nas regiões semi-árida e litorânea do estado da Bahia, semelhantes às observadas no Estado de Pernambuco, Turco et al. (2006) constataram reduções na produção de leite de até  $1,0$  e  $4,5 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , para as vacas com NP de 10 e  $15 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente. Para as condições do município de Uruguaiana no Rio Grande do Sul, que possui temperaturas mais amenas quando comparado às localidades do Estado de Pernambuco, Mota et al. (1997) obtiveram declínio máximos de produção de  $0,02$ ,  $0,3$ ,  $0,7$ ,  $1,1$ ,  $1,6$  e  $2,1 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , para vacas com nível de produção de 5, 10, 15, 20, 25 e  $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente, durante os meses de novembro e março.

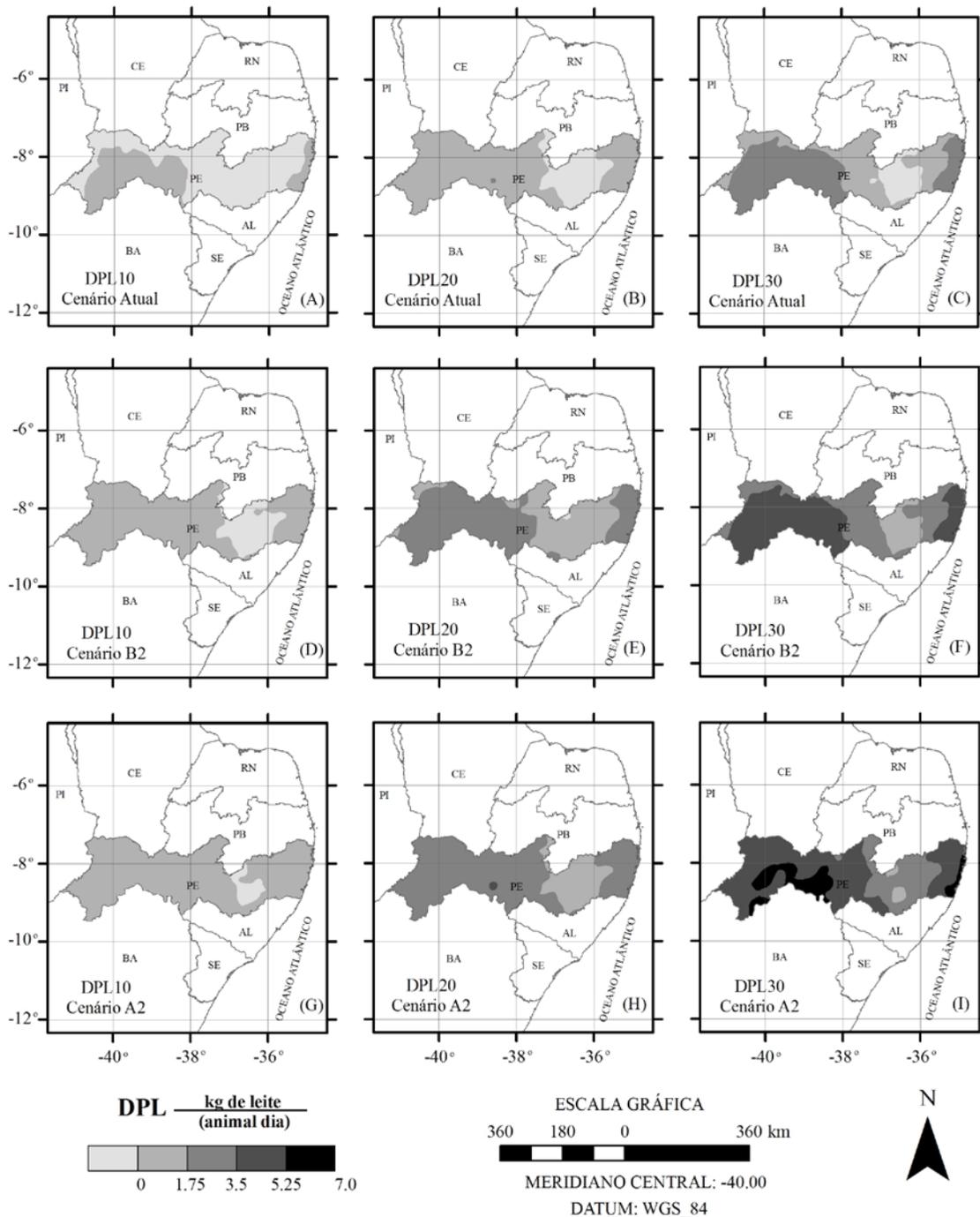
Considerando o cenário mais otimista (B2), constatou-se que durante os meses mais quentes, os valores de DPL foram nulos apenas em áreas das microrregiões leiteiras de Garanhuns, Vales do Ipanema e do Ipojuca, para vacas com NP de  $10 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 4D), e em menor extensão para vacas com NP de  $20 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 4E). Os maiores valores de DPL para o cenário B2 foram constatados no Sertão e Litoral do Estado, podendo atingir valores de  $5,25 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para vacas com NP de  $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 4F). Para áreas situadas no litoral, durante os meses mais frios, essas perdas atingiram  $3,5 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 5F).

Caso se verifique o cenário A2, perdas alarmantes podem ser constatadas para todos os níveis de produção, inclusive para vacas leiteiras com NP de  $10 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , em que

os valores de DPL atingiram  $1,75 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para todo o território, durante os meses mais quentes (Figura 4G), e em áreas situadas no Sertão e Litoral do Estado, durante os meses mais frios (Figura 5G).

Para vacas leiteiras de NP igual a  $20 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ,

essas perdas foram de  $5,25 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  durante os meses mais quentes (Figura 4H). Contudo, foram constatados valores de DPL nulo em áreas do agreste do Estado durante os meses mais frios (Figura 5H). As maiores perdas foram observadas para vacas com NP de  $30 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  onde os valores de

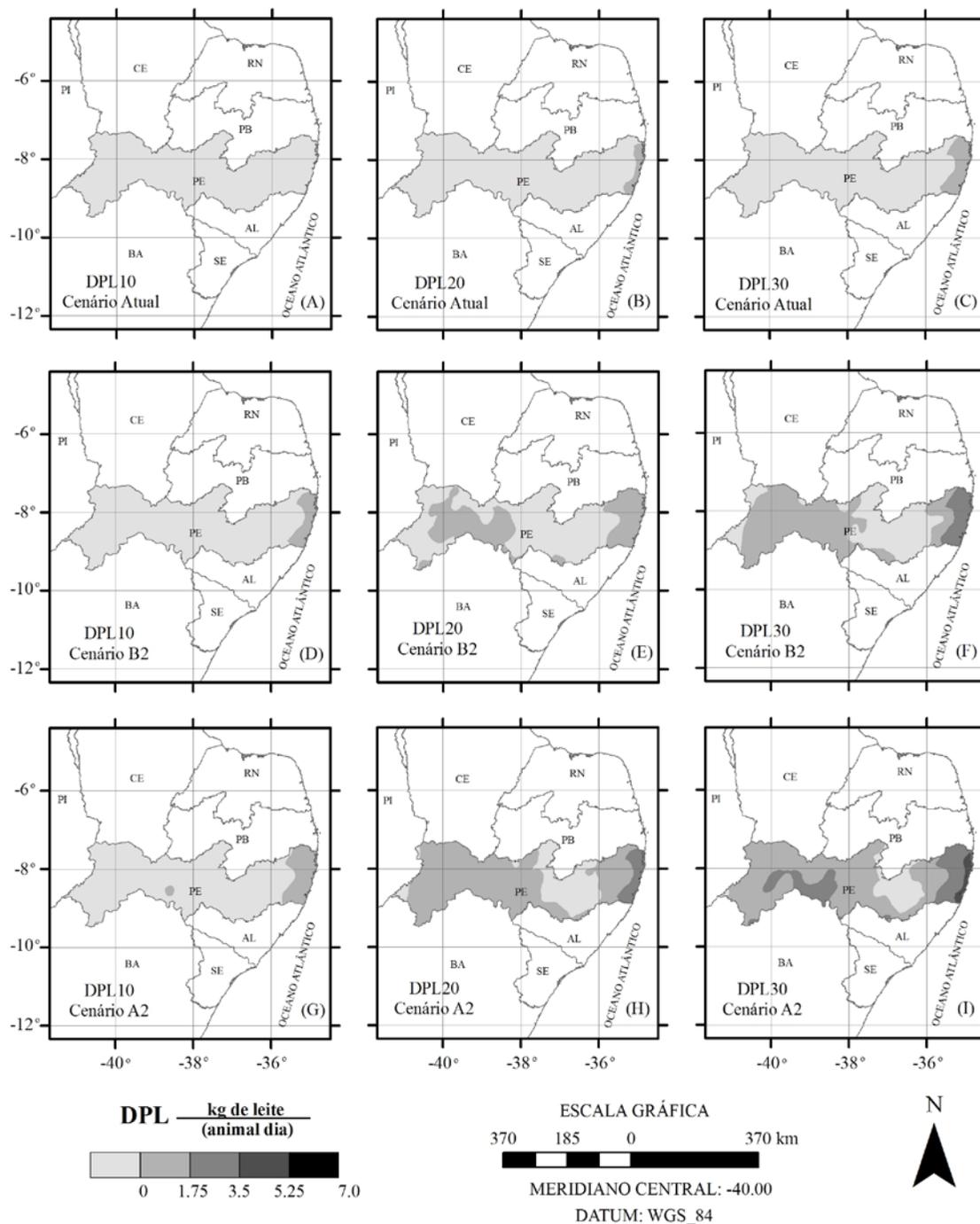


**Figura 4** - Variação regional dos valores médios do declínio da produção de leite (DPL) para vacas leiteiras com níveis de produção (NP) de 10 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (A, D e G), 20 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (B, E e H) e 30 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (C, F e I) durante os meses mais quentes do Estado de Pernambuco, considerando o cenário atual (A, B e C) e as projeções B2 (D, E e F) e A2 (G, H e I) de mudanças climáticas do IPCC.

DPL atingiram  $7,0 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  durante os meses mais quentes (Figura 4I) para áreas do Sertão e Litoral do Estado e  $5,25 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  durante os meses mais frios para as áreas litorâneas (Figura 5I).

Para reduzir o declínio da produção de leite, bem como

aumentar a eficiência de utilização de energia para a produção leiteira, o fornecimento abundante de água de boa qualidade durante o período diurno, associada à transferência parcial da alimentação para o período noturno seria uma técnica bastante eficaz, visto que pode auxiliar na dissipação de calor e reduzir

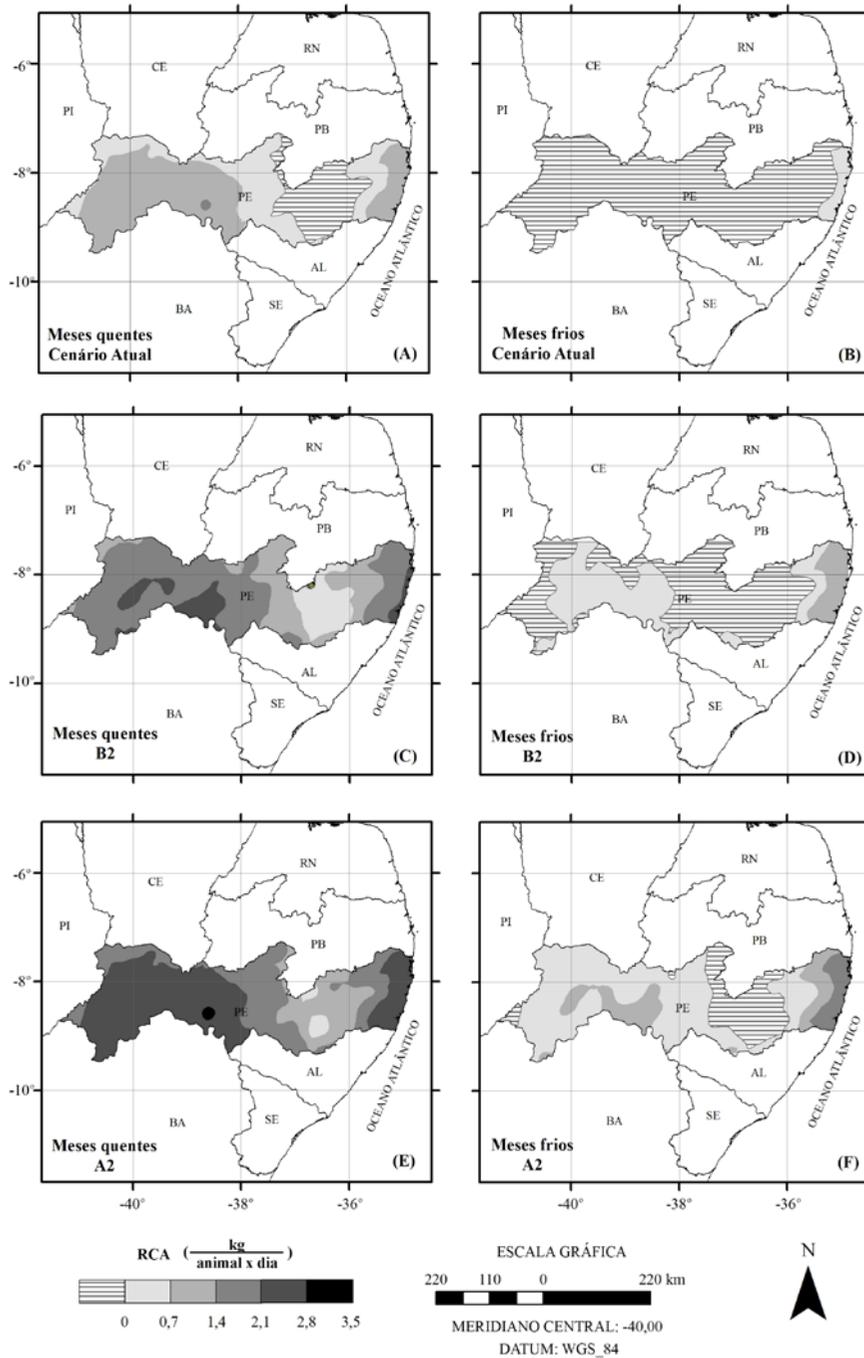


**Figura 5** - Variação regional dos valores médios do declínio da produção de leite (DPL) para vacas leiteiras com níveis de produção (NP) de 10 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (A, D e G), 20 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (B, E e H) e 30 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (C, F e I) durante os meses mais frios do Estado de Pernambuco, considerando o cenário atual (A, B e C) e as projeções B2 (D, E e F) e A2 (G, H e I) de mudanças climáticas do IPCC.

os gastos de energia pelos animais, constatados durante a alimentação no período diurno e em ambientes estressantes, respectivamente (Aharoni et al., 2005).

Na Figura 6, pode ser observada a variação regional dos valores de redução de consumo alimentar (RCA) para os meses mais quentes e frios do ano nos cenário atual e para as

projeções das mudanças climáticas (B2 e A2). Consta-se para o cenário atual, que as áreas situadas nas microrregiões leiteiras de Garanhuns, Vale do Ipanema e do Ipojuca, os valores de RCA foram nulos, tanto para os meses mais quentes quanto para os meses mais frios. As únicas reduções no consumo alimentar ( $0,7 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) durante os meses mais frios foram constatados



**Figura 6** - Variação regional dos valores médios da redução do consumo alimentar (RCA) para os meses mais quentes (A, C e D) e mais frios do ano (B, D e F) do Estado de Pernambuco, considerando o cenário atual (A e B), e as projeções B2 (C e D) e A2 (E e F) de mudanças climáticas do IPCC.

no litoral do Estado, enquanto que, nos meses mais quentes, os maiores valores de RCA foram observadas para áreas localizadas no Sertão e Litoral, atingindo valores de 1,4 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Por outro lado, quando foi considerado o cenário B2, essas reduções aumentaram para 1,4 e 2,1 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> durante os meses mais frios e quentes, respectivamente.

Reduções mais expressivas foram constatadas para o cenário mais pessimista (A2), em que nas áreas situadas no Sertão e Litoral, os valores de RCA atingiram até 3,5 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> nos meses mais quentes, enquanto que para as áreas litorâneas os valores de RCA atingiram 2,1 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> nos meses mais frios. Brown-Brandl et al. (2005) constataram redução de 2,3 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no consumo alimentar de vacas leiteiras submetidas a condições de estresse severo (ITU > 84) sem a utilização de sombreamento. No entanto, o uso de sombreamento artificial promoveu um aumento no consumo alimentar em 1,2 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

Tomado como base os cenários A2 e B2 do IPCC, neste trabalho foi feita uma breve investigação dos possíveis impactos das mudanças climáticas na produção leiteira para o estado de Pernambuco. De acordo com os resultados aqui discutidos, as principais mesorregiões leiteiras do Estado de Pernambuco (Garanhuns, Vales do Ipojuca e do Ipanema), apresentaram uma intensificação do estresse térmico, o qual levou à diminuições na produção de leite e no consumo alimentar dos animais, especialmente em vacas com maiores níveis de produção. Por outro lado, nas áreas em que o estresse térmico já é pronunciado, como naquelas situadas no Sertão e Litoral do Estado, os impactos serão muito maiores, tanto durante os meses mais quentes (dezembro a fevereiro) quanto nos meses mais frios (junho a agosto).

Os resultados obtidos nesse trabalho permitirão auxiliar produtores e o governo no levantamento da vulnerabilidade do sistema de produção leiteiro e no estabelecimento de técnicas de mitigação e adaptação, visando contribuir para a redução da emissão de gases do efeito estufa, bem como definir técnicas de melhoramento e de manejo e ações políticas de seguridade rural e concessão de crédito aos produtores, a fim de se garantir a exploração da atividade leiteira no Estado de Pernambuco.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado e a Universidade Federal de Viçosa - UFV e a Embrapa Semiárido pela liberação da infraestrutura necessária para a execução do trabalho.

#### 6. 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.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.
- 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.
- 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.
- 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.
- CASA, A. C. de L.; RAVELO, A. C. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. *International Journal Biometeorology*, v.48, p.6-9, 2003.
- 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.
- GALLARDO, M. R.; VALTORTA, S. E.; LEVA, P. E.; GAGGIOTTI, M. C.; CONTI, G. A.; GREGORET, R. F. Diet and cooling interactions on physiological responses of grazing dairy cows, milk production and composition. *International Journal Biometeorology*, v.50, p.90-95, 2005.
- GARCÍA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; YANIZ, J. L.; NOGAREDA, C.; LÓPEZ-BÉJAR, 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.
- GORDON, C.; COOPER C.; SENIOR, C. A.; BANKS, H.; GREGORY, J. M.; JOHNS, T. C.; MITCHELL, J. F. B.; WOOD, R.A. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics*, v.16, p.147-168, 2000.

- GRANZIN, B. C.; GAUGHAN, J. B. The effect of sodium chloride supplementation on the milk production of grazing Holstein Friesian cows during summer and autumn in a humid sub-tropical environment. **Animal Feed Science and Technology**, v.96, p.147-160, 2002.
- GUISELINI, C.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.380-384, 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.
- HAHN, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Dairy Science**, v.82 (Suppl. 2), p.10-20. 1999.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção pecuária 2005**. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 15/02/2007.
- IPCC. **Climate change 2007: The physical science basis**, Summary for Policymakers. IPCC Geneva, 2007. 18p.
- JUSTINO, F.; AMORIM, M. C. Projeções do clima da América do Sul segundo o cenário "B2" do IPCC adotando um modelo acoplado oceano-atmosfera-vegetação-gelo marinho. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 29-35, 2007.
- 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.
- MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; GAUGHAN, J. B. Effect of sprinkling on feedlot microclimate and cattle behavior. **International Journal Biometeorology**, v.51, p.541-551, 2007.
- MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O. da; PERISSINOTTO, M.; FERNANDES, S.A. de A. Intermitência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.3, p.654-662, 2006.
- MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JUNIOR, J. C. F.; SILVA JUNIOR, J. L. C. da. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p. 247-255, 2005.
- 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.
- NAKICENOVIC, N.; ALCAMO, J.; DAVIS, G.; DE VRIES, B.; FENHANN, J.; GAFFIN, S.; GREGORY, K.; GR, A.; JUNG, T. Y.; KRAM, T.; LA ROVERE, E. L.; MICHAELIS, L.; MORI, S.; MORITA, T.; PEPPER, W.; PITCHER, H.; PRICE, L.; RIAHI, K.; ROEHL, A.; ROGNER, H. H.; SANKOVSKI, A.; SCHLESINGER, M.; SHUKLA, P.; SMITH, S.; SWART, R.; VAN ROOIJEN, S.; VICTOR, N.; DADI, Z. **Special report on emission scenarios**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>>. Acesso em: 18 Março. 2009.
- 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)
- SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C. F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.6, n.1, p. 57-61, 1998.
- SILVA, T. G. F da; TURCO, S. H. N.; ZOLNIER, S.; MOURA. S. B. de; SÁ, I. I. S. Variação Regional do Declínio da Produção de Leite no Período do Verão no Estado de Pernambuco. **Revista Engenharia na Agricultura**, v., n., p., 2008.
- SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C. Estimativa e espacialização da umidade relativa do ar para os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v 15, n.1, p.14-28, 2007a.
- SILVA, T. G. F. da; ZONIER, S.; MOURA M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, L. S. B. Umidade relativa do ar: estimativa e espacialização para o estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia e EMBRAPA/ Tabuleiros Costeiros. 2007b. [CD-ROOM].
- SIROHI, S.; MICHAELOWA, A. Sufferer and cause: Indian livestock and climate change. **Climatic Change**, v.100, p.120-134, 2007.
- SOMPARN, P.; GIBB, M. J.; MARKVICHITR, K.; CHAIYABUTRN.; THUMMABOOD, S.; VAJRABUKKA, C. Analysis of climatic risk for cattle and buffalo production in northeast Thailand. **International Journal Biometeorology**, v.49, p.59-64, 2004.
- THOM, E. C. **The discomfort index**. Weatherwise, v.12, p.57-60, 1959.
- 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.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 448p.
- WEST, J. W.; MULLINIX, B. G.; BERNARD, J. K. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. **Journal Dairy Science**, v.86, p.232-242, 2003.