



Indicadores bioclimáticos e simulação de potenciais perdas econômicas da produção de leite em Pernambuco

Gustavo André Bernado Moura¹, Thieres George Freire da Silva^{2(*)}, Luciana Sandra Bastos de Souza², Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim², Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves², Antônio Gebson Pinheiro³, Kaique Renan da Silva Salvador¹ e Leonardo Francelino de Souza¹

¹Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Via de Acesso Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal, SP.

E-mail: gustavo_gto72@hotmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE/UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – PGPV. Caixa Postal 063, CEP 56900-000 Serra Talhada, PE. E-mails: thieres.silva@ufrpe.br, sanddrabastos@yahoo.com.br, alexandremrfj@gmail.com, kaiquersalvador@gmail.com e leonardo_souza369@hotmail.com

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE/Sede, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEA. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE. E-mail: hygorkristoph22@gmail.com e gebson10@hotmail.com

(*) Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 1º de março de 2019

Aceito em 11 de março de 2020

Termos para indexação:

índices zootécnicos

conforto térmico

estresse térmico

gado leiteiro

região Nordeste

RESUMO

Objetivou-se estimar os impactos potenciais do clima na produção de leite ao longo do ano em Pernambuco, por meio da análise do conforto térmico, redução do consumo alimentar, declínio da produção de leite e das perdas econômicas. Utilizou-se dados de oito estações meteorológicas convencionais distribuídas no Estado, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia, com séries de dados acima de 30 anos, para cálculo dos seguintes indicadores bioclimáticos: índice de temperatura e umidade (ITU), redução do consumo alimentar e declínio da produção de leite (DPL). Para estimativa das perdas econômicas, considerou-se o DPL e o valor médio pago ao produtor pelo litro de leite. Em todos locais estudados, verificou-se redução do consumo alimentar, podendo chegar até 1,64 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Ainda que, em média, alguns locais não apresentaram ITU > 74 (limite crítico), em pelo menos parte do ano, todos os locais registram declínio da produção de leite, exceto no município de Triunfo para o nível produtivo (NP) de 10 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Nota-se que, à medida que o NP dos animais foi maior o efeito potencial do clima no DPL foi mais pronunciado. As perdas atingiram até 4,31 kg animal⁻¹ dia⁻¹, o que resultou em redução da rentabilidade de até R\$2,06 por dia e R\$ 556,20 por lactação.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

Altas temperaturas promovem desconforto para maioria dos animais de interesse econômico (Turco et al., 2006;

Bohlouli et al., 2013). Em grande parte do Nordeste, essa situação é mais intensificada por causa da predominância do clima semiárido, o qual se caracteriza por valores elevados de radiação solar global em associação com baixa umidade

relativa do ar, potencializando o desconforto térmico (Souza Júnior et al., 2008; Dikmen & Hansen, 2009), que interfere negativamente nos índices zootécnicos dos animais.

Sob condições de estresse térmico, os bovinos desencadeiam uma série de mecanismos para controlar sua temperatura. Segundo Souza et al. (2007), em ambientes com temperaturas fora da zona de conforto, os animais diminuem suas funções fisiológicas e alteram o metabolismo basal para redução da produção de calor endógeno. Essas ações resultam em diminuição da ingestão de matéria seca (Souza et al., 2007); alterações comportamentais durante o pastejo, para evitar a exposição aos raios solares em horários mais quentes (Azêvedo & Alves, 2009); aumento da ingestão de água (Meyer et al., 2006); modificação do fluxo sanguíneo (McGuire et al., 1989); perdas reprodutivas (Colho et al., 2006); mudanças no padrão de secreção de hormônios ligados a lactogênese (Yousef, 1985), dentre outros, os quais afetam o rendimento dos animais (Bohlouli et al., 2013). No caso de vacas lactantes, esse estresse térmico acarreta em declínio da produção leiteira.

A avaliação do potencial produtivo animal pode ser feita considerando-se as relações entre a genética, nutrição, sanidade e o ambiente térmico (Bohlouli et al., 2019). Para analisar a interferência dos elementos do clima (e.g., temperatura, umidade, radiação solar global e vento) na produção animal foram desenvolvidos indicadores bioclimáticos, com os quais é possível realizar planejamento e tomada de decisões, visando à minimização dos efeitos do clima na produção animal. Dentre estes, destacam-se: o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Declínio da Produção de Leite (DPL) e a Redução do Consumo Alimentar (RCA). A associação desses indicadores para estudo do nível de conforto térmico animal em determinada região torna-se ferramenta valiosa para as cadeias produtivas, auxiliando no manejo de sistemas de aclimação para melhoria do bem estar e na potencialização da produtividade animal.

Trabalhos foram realizados no Estado de Pernambuco para avaliar o nível de conforto térmico, declínio da produção de leite, redução da ingestão alimentar e seus possíveis cenários com base nas projeções regionalizadas das

mudanças climáticas (Silva et al., 2008; Silva et al., 2009). Porém, estas informações foram exploradas apenas para o período de verão do Estado e, ou, com base em médias climáticas, sendo necessário a sua estimativa ao longo dos anos e de seus impactos econômicos. Pernambuco é caracterizado por sucessivos períodos de elevadas temperaturas do ar ao longo do ano (Cunha et al., 2017), logo, esta condição pode culminar em estresse mesmo em meses considerados não críticos. Tais condições podem ser agravadas pelos impactos previstos com as mudanças do clima, cujas projeções indicam aumentos na temperatura média global, incrementando 2°C, em média (possível faixa 0,46°C a 2,6°C), até 2046 (IPCC, 2014).

Diante do exposto, objetivou-se estimar os impactos potenciais do clima na produção de leite ao longo do ano em Pernambuco, por meio da análise do conforto térmico, redução do consumo alimentar, declínio da produção de leite e das perdas econômicas. Entretanto, ressalta-se que, neste trabalho, não foram considerados os mecanismos usados pelos animais para manutenção da sua temperatura corporal dentro da faixa de termoneutralidade e as práticas de manejo que podem minimizar o estresse térmico advindo do efeito do macroclima.

Material e métodos

O estudo foi conduzido para o Estado de Pernambuco, que recobre uma área de 98.311.616 km², composto por 185 municípios e apresenta rebanho bovino com 1.790.030 animais (IBGE, 2017). Dados meteorológicos observados diários de oito municípios, oriundos de estações meteorológicas convencionais com séries históricas maiores que 30 anos, foram usados neste estudo. Os municípios analisados encontram-se distribuídos em quatro das cinco mesorregiões do Estado, conforme Tabela 1. As Estações Meteorológicas Convencionais (EMC's) são pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia. As variáveis utilizadas foram: tar - temperatura do ar (°C), UR - umidade relativa do ar (%), Vv - velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹) e n - brilho solar (horas), o qual foi utilizado para estimar a

Tabela 1. Estações Meteorológicas Convencionais, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia, distribuídas no Estado de Pernambuco.

Município	Código	Latitude	Longitude	Altitude	Mesorregião	nº de anos
Arcoverde	82890	8,43°S	37,05°W	680,00 m	Sertão	35 anos
Cabrobó	82886	8,51°S	39,33°W	341,46 m	Agreste	46 anos
Garanhuns	82893	8,88°S	36,51°W	882,76 m	Agreste	46 anos
Ouricuri	82753	7,59°S	40,04°W	459,28 m	São Francisco	32 anos
Petrolina	82797	9,38°S	40,48°W	370,46 m	São Francisco	43 anos
Recife	82900	8,05°S	34,95°W	10,00 m	Metropolitana	54 anos
Surubim	82797	7,83°S	35,71°W	418,32 m	Agreste	46 anos
Triunfo	82789	7,81°S	38,11°W	1105,00 m	Sertão	46 anos

Rg - radiação solar global ($W m^{-2}$), conforme Pereira et al. (2002).

O conforto térmico, a redução do consumo alimentar e o declínio da produção de leite, nesta ordem, foram calculados, para cada local, a partir dos seguintes índices bioclimáticos:

1) Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (Thom, 1959):

$$ITU = tar + (0,36 \times Tpo) + 41,5 \quad (1)$$

em que, ITU = índice de temperatura e umidade; e, Tpo = temperatura do ponto de orvalho, esta obtida pela expressão 2, conforme citada por Vianello & Alves (2000):

$$Tpo = \frac{186,4905 - 237,3 \times \log(e_a)}{\log(e_a) - 8,2859} \quad (2)$$

$$e_a = \frac{UR \times e_s}{100} \quad (3)$$

$$e_s = 6,1078 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times tar}{237,3 + tar}\right)} \quad (4)$$

em que, e_a = pressão parcial de vapor de água (hPa); e, e_s = pressão de saturação (hPa).

2) Redução do consumo alimentar (RCA), de acordo com Hahn & Osburn (1969):

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

em que, RCA, em $kg \text{ animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

3) Declínio da produção de leite (DPL) com base na seguinte expressão (Berry et al., 1964):

$$DPL = -1,075 \times (1,736 \times NP) + 0,02474 \times NP \times ITU \quad (6)$$

em que, DPL, em $kg \text{ animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$; e, NP = nível de produção ($kg \text{ animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), assumindo animais com níveis de produção de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 $kg \text{ animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, quando em situação de conforto térmico.

Os limites críticos inferiores e superiores de temperatura do ar (Nããs, 1989), umidade relativa do ar (Silva, 2000) e de ITU (Brown-Brand et al., 2005) adotados para diagnóstico do conforto do ambiente térmico estão descritos na Tabela 2.

As perdas econômicas da produção de leite foram estimadas considerando o produto entre o DPL e o valor médio do preço do litro de leite pago ao produtor no período de 2000 a 2014 no Estado de Pernambuco (CEPEA, 2016). A re-

Tabela 2. Limites críticos inferiores e superiores das variáveis: tar - temperatura do ar ($^{\circ}C$), UR - umidade relativa (%) e índice de temperatura e umidade (ITU) para diagnóstico do ambiente térmico de bovinos leiteiros.

Variável	Limite crítico		Fonte
	Inferior	Superior	
tar ($^{\circ}C$)	4	24	Nããs (1989)
UR (%)	55	75	Silva (2000)
ITU		74	Brown-Brandl et al. (2005)

dução monetária para cada lactação foi calculada, por meio da média das perdas econômicas para cada nível produtivo (NP), considerando um período fixo de lactação de 270 dias (Embrapa, 2016). No presente estudo, não foi considerado o efeito deletério do estresse pelo calor na competência de ovócitos do animal, o que provocaria aumento da duração entre partos e, conseqüentemente, no período de lactação (Torres Junior et al., 2008).

Com os dados das estações meteorológicas convencionais foi montado um banco de dados para cada local, calculando-se os indicadores bioclimáticos e os valores mensais e anuais dos indicadores e das variáveis meteorológicas. Os dados e as estimativas dos índices bioclimáticos foram submetidos à análise de controle de qualidade, descartando os dados espúrios para assegurar a coerência dos resultados. Os dados de ITU foram sujeitos à análise de regressão para detecção de tendências ao longo do tempo.

Resultados e discussão

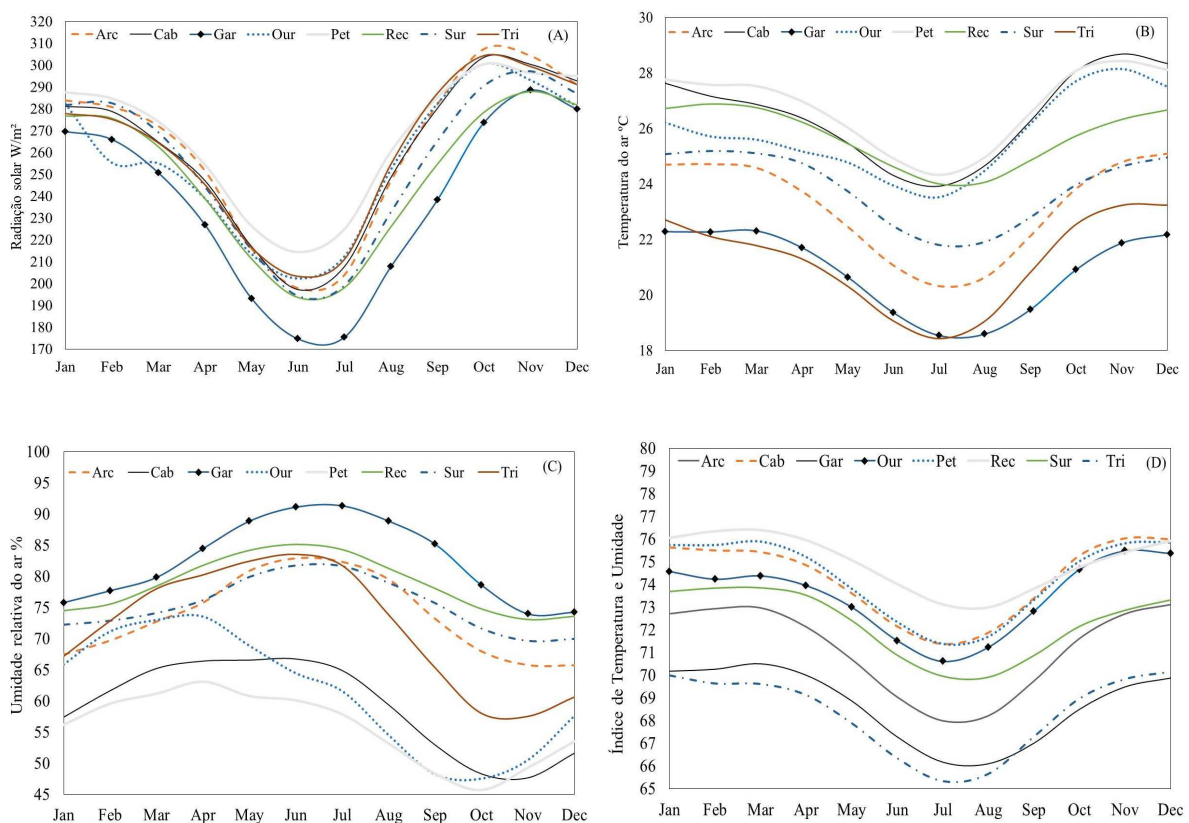
Na Tabela 3 são apresentadas as normais climatológicas das variáveis analisadas, as quais representam os fatores de maior influência sobre o ambiente térmico animal, sobretudo a temperatura e umidade relativa do ar (Turco et al., 2006). Com relação à radiação solar global, suas magnitudes foram próximas entre os locais estudados (Tabela 3), com diferença de no máximo $27 W m^{-2}$ do município de Petrolina ($268 W m^{-2}$) para o município de Garanhuns ($241 W m^{-2}$), que são os de maior e menor incidência (Figura 1A). Analisando a variação da radiação solar global ao longo do ano foi possível observar uma forte sazonalidade, com maiores valores registrados no período compreendido entre novembro e março, e menores entre junho e agosto (Figura 1A), em função das variações da inclinação dos raios solares ao longo do ano e efeito da nebulosidade.

A temperatura média do ar da metade dos locais estudados ultrapassa os limites térmicos recomendados por Nããs (1989), com valores acima de $24,0^{\circ}C$. Os municípios que apresentaram temperaturas ideais foram Arcoverde ($23,1^{\circ}C$), Garanhuns ($21,0^{\circ}C$), Surubim ($23,9^{\circ}C$) e Triunfo ($21,2^{\circ}C$) (Figura 1B). O comportamento desta variável ao longo do ano foi concomitante a flutuação da radiação solar global. Na Figura 1B, observa-se que nos meses frios

Tabela 3. Média dos valores dos elementos meteorológicos no período de 2000 a 2014 em municípios do estado de Pernambuco. Temperatura máxima ar (tmx), temperatura mínima do ar (tmín), temperatura média do ar (tméd), umidade relativa do ar (UR), radiação solar global (Rg) e velocidade do vento a 2 m de altura (Vv).

Municípios	tmx (°C)	tmín (°C)	tméd (°C)	UR (%)	Rg (W m ⁻²)	Vv (m s ⁻¹)
Arcoverde	29,4	18,4	23,1	73,2	263	3,75
Cabrobó	32,2	21,7	26,6	58,5	264	3,64
Garanhuns	26,3	17,6	21,0	82,2	241	3,58
Ouricuri	31,7	21,0	25,7	61,4	258	2,91
Petrolina	32,5	22,0	26,9	55,9	268	3,47
Recife	29,3	22,1	25,7	78,8	248	2,74
Surubim	29,6	20,0	23,9	75,4	255	3,63
Triunfo	26,6	16,9	21,2	71,6	262	3,19

Figura 1. Variação mensal dos valores médios da radiação solar global (W m⁻²) (A), temperatura média do ar (°C) (B), umidade relativa do ar (%) (C) e do índice de temperatura e umidade (D) de municípios do estado de Pernambuco: Arcoverde (Arc), Cabrobó (Cab), Garanhuns (Gar), Ouricuri (Our), Petrolina (Pet), Recife (Rec), Surubim (Sur) e Triunfo (Tri).



(junho a agosto) apenas Arcoverde, Garanhuns, Surubim e Triunfo não exibiram nenhum mês acima do limite crítico de temperatura (24,0°C). Já nos demais locais pelo menos um mês apresentou temperatura maior do que 24,0°C. Nos meses mais quentes (novembro a março), apenas Garanhuns e Triunfo tem valores inferiores, ao passo que Ouricuri, Petrolina e Recife apresentaram todos meses com temperatura média do ar elevada (> 24,0°C). Segundo Souza et al. (2010), esta condição diminui o gradiente de temperatura entre a pele do animal e o ambiente, dificultando as perdas de calor.

Em termos de umidade relativa do ar, Garanhuns (82%), Recife (79%) e Surubim (75%) ultrapassam a faixa ideal sugerida por Silva (2000), que é de 55% a 75% para facilitar os mecanismos evaporativos do animal para perda de calor. Valores elevados de umidade relativa do ar combinados a temperaturas ao longo do ano acima de 30°C dificultam os fluxos de calor latente entre o animal e o ambiente, ocasionando estresse térmico (Sorensen, 1964); a umidade relativa do ar acima de 75% inibe a perda de vapor de água para o ambiente. Considerando a umidade relativa do ar ao longo do ano, constatou-se que apenas em Cabrobó, Ouri-

curi e Petrolina apresentam valores menores do que 75% (Figura 1C). De agosto a dezembro, esta variável atingiu valores inferiores a 55%, neste caso, quando combinadas a elevadas temperaturas contribuem para o aumento do ITU, o que ocasiona perda excessiva de vapor d'água para o ambiente, deixando o animal com pele e mucosas desidratadas (Starling et al., 2002). Arcoverde, Garanhuns, Recife, Surubim e Triunfo apresentam umidade relativa do ar acima de 75% (Figura 1C) em maior parte do ano, sobretudo nos meses mais frios. Nos casos de meses de maior temperatura, a alta umidade do ar dificulta a perda de vapor de água para o ambiente, já que o mesmo está próximo da saturação (Silva, 2000).

Não foram observadas grandes variações na velocidade do vento, que apresentou valores entre 2,74 e 3,75 m s⁻¹ com amplitude de 1,01 m s⁻¹ e valores médios equivalentes a 3 m s⁻¹ (Figura 1C), que normalmente é preconizado em sistema de resfriamento evaporativo para promoção da troca de ar a cada 70 s.

A combinação da temperatura e umidade relativa do ar no Estado de Pernambuco promove elevados valores de ITU, que ultrapassam o limite crítico de 74, como foi verificado para Cabrobó, Petrolina e Recife. Na Figura 1D, nota-se que a elevada temperatura com os baixos valores de umidade do ar contribuem para intensificação do desconforto térmico, prejudicando o bem-estar de vacas de leite. O mesmo foi observado por Turco et al. (2006) para o Estado da Bahia nos períodos mais quentes do ano, especialmente em áreas do semiárido. Triunfo e Garanhuns apresentam ITU menor do que 72, e Arcoverde e Surubim não excederam valores de 74 ao longo do ano, sendo os locais mais recomendados para criação de bovinos de leite. As cidades com maior desconforto para os animais foram Recife, Cabrobó e Petrolina com magnitudes de ITU de 76, em média, para estes três locais (Figura 1D). Esses resultados corroboram com os reportados por Silva et al. (2008) que, estudando o ITU no Estado de Pernambuco, indicaram a microrregião de Garanhuns como sendo a melhor para

exploração leiteira. Estes autores afirmam que, condições estressantes, o uso de técnicas de climatização pode minimizar os efeitos adversos do ambiente.

Na Tabela 4, nota-se que embora apenas os municípios de Recife, Petrolina e Cabrobó apresentam valores de ITU superior a 74, todos os municípios promovem redução do consumo alimentar e, consequentemente, DPL, exceto para o NP de 10 kg animal⁻¹ dia⁻¹ em Triunfo, sendo os maiores declínios observados para o NP de 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹ em Recife, atingindo uma redução de até 3,1 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Sob condição de estresse térmico, o consumo alimentar é reduzido (Pimentel et al., 2007; Passetti et al., 2016).

A RCA é função do ITU, logo as maiores magnitudes de redução da ingestão de matéria seca ocorreram no início e final do ano, quando o ITU é maior. Segundo May & Trovatto (2012), a redução da ingestão de matéria seca é um dos fatores mais agravantes para o declínio da produção de leite, pois se o animal não se alimenta não vai ter o aporte nutricional necessário para lactogênese. Em experimento com bovinos de aptidão leiteira, Kadzere et al. (2002) observaram redução do consumo de matéria seca de até 25%. Passini et al. (2009) citam diminuição da digestibilidade de 49 e 55% da matéria seca e da proteína bruta, nessa ordem.

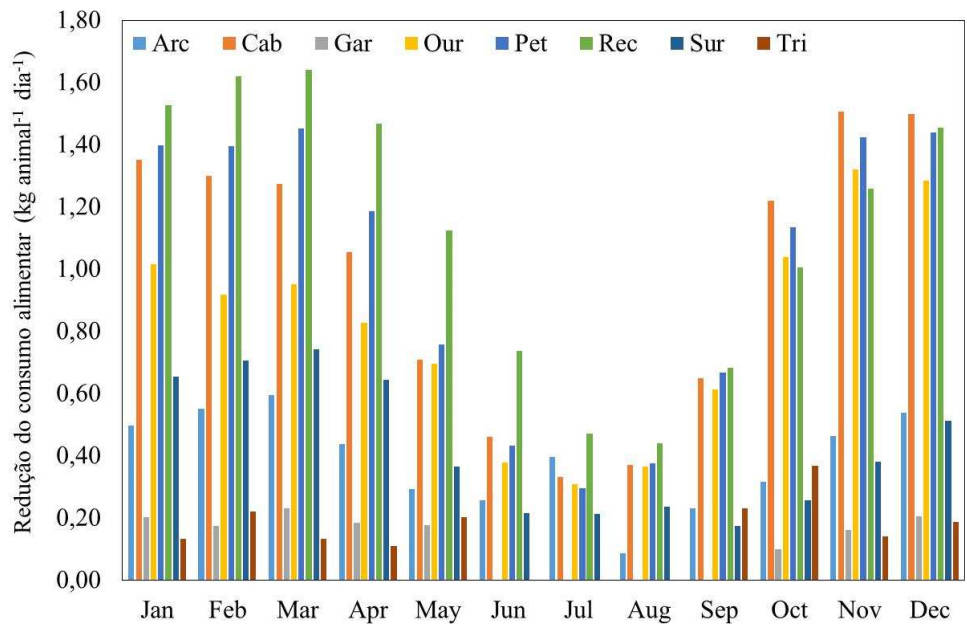
Os municípios de Cabrobó, Ouricuri, Petrolina e Recife foram os locais com maiores RCA máximo, apresentando redução de até 1,6 kg de matéria seca por animal por dia. Este valor é menor do que o encontrado por Silva et al. (2008), que observaram valores máximos de 2,3 kg de matéria seca animal⁻¹ dia⁻¹. Em Arcoverde, Garanhuns, Surubim e Triunfo, os valores não excederam 0,7 kg de matéria seca animal⁻¹ dia⁻¹. Os meses com menor redução foram junho, julho, agosto e setembro, ao passo que não ocorreu redução do consumo alimentar em Garanhuns e Triunfo (exceto em setembro) (Figura 2).

À medida que o nível produtivo dos animais aumenta o DPL também se eleva (Figura 3). Segundo Hahn & Osburn (1969), os animais produtivos são mais sensíveis aos efeitos do ambiente térmico. Para os animais de NP 10 kg

Tabela 4. Média dos valores dos indicadores bioclimáticos em municípios do estado de Pernambuco. Índice de temperatura e umidade (ITU), redução do consumo alimentar (RCA) e declínio da produção de leite (DPL), para os níveis de produção de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹.

Local	ITU	RCA (kg MS animal ⁻¹ dia ⁻¹)	DPL/10	DPL/15	DPL/20	DPL/25	DPL/30	DPL/35
Arcoverde	71	0,43	0,13	0,30	0,52	0,74	1,00	1,25
Cabrobó	74	1,11	0,35	0,84	1,35	1,87	2,39	2,92
Garanhuns	69	0,18	0,07	0,16	0,21	0,28	0,37	0,47
Ouricuri	73	0,85	0,27	0,63	1,04	1,44	1,86	2,29
Petrolina	74	1,12	0,37	0,86	1,38	1,90	2,42	2,95
Recife	75	1,13	0,34	0,84	1,38	1,94	2,52	3,11
Surubim	72	0,51	0,11	0,33	0,61	0,92	1,23	1,55
Triunfo	68	0,14	0,00	0,13	0,21	0,22	0,28	0,33

Figura 2. Médias mensais da redução do consumo alimentar de bovinos leiteiros (RCA, kg animal⁻¹ dia⁻¹) em municípios do estado de Pernambuco: Arcoverde (Arc), Cabrobó (Cab), Garanhuns (Gar), Ouricuri (Our), Petrolina (Pet), Recife (Rec), Surubim (Sur) e Triunfo (Tri).



animal⁻¹ dia⁻¹ em Triunfo e Garanhuns (exceto em março) não ocorreram perdas de produção de leite (Figura 3A). Em Arcoverde não se constatou declínio da produção entre os meses de junho e agosto, enquanto em Surubim foi observado melhores condições de julho a setembro. Aharoni et al. (2005) indicam que o fornecimento de água e mudanças no horário de fornecimento da alimentação para períodos noturnos minimizam diminuições da produção de leite, bem como reduzem o gasto de energia pelos animais.

Nos demais locais há perdas produtivas durante todo o ano (Figura 3A). Para o NP de 15 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Figura 3B), as perdas aproximam-se de 8% da produção diária, podendo resultar em um déficit de 335 kg de leite lactação⁻¹ animal⁻¹ (i.e., considerando uma produção diária de 15 kg dia⁻¹ por 270 dias, total de 4.050 kg de leite). Para esse NP não ocorreram perdas em Arcoverde (em agosto), Garanhuns (de junho a novembro) e em Triunfo (de abril a setembro e em novembro). No DPL de 20 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Figura 3D), as perdas atingem 10% da produção diária, com exceção de Garanhuns, entre junho e setembro, e Triunfo, de julho a setembro.

Para animais mais produtivos, a sensibilidade ao ambiente térmico aumenta (Figura 3C), logo, para manutenção das produtividades uma modernização do ambiente com uso de aclimação é necessária (Silva et al., 2009). No nível de produção de 30 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Figura 3E), os municípios de Cabrobó, Petrolina e Recife apresentaram declínio mensal de até 3,3, 3,2 e 3,6 kg animal⁻¹ dia⁻¹, com redução variando entre 11 e 12% da produção diária. Já em Triunfo e Garanhuns, que têm os menores desconfortos térmicos, reduções de até 0,5 e 0,9 kg animal⁻¹ dia⁻¹ foram observadas. Tendência similar foi notada para animais com NP de 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (Figura 3F), com declínio máximo atingindo 4,31 kg animal⁻¹ dia⁻¹, o que representa 12% da produção diária. Cabrobó e Recife apresentaram perdas su-

periores a 4 kg animal⁻¹ dia⁻¹, próximos aos observados em Ouricuri e Petrolina. Arcoverde e Surubim registram declínios inferiores a 2,2 kg animal⁻¹ dia⁻¹, enquanto Garanhuns e Triunfo a 1,2 kg animal⁻¹ dia⁻¹.

Os municípios de Recife e Petrolina apresentam os maiores valores de ITU, portanto, altos declínios da produção, sendo assim os locais mais desconfortáveis para criação de vacas de leite, impondo uma redução máxima da produção de até 4,31 e 3,90 kg animal⁻¹ dia⁻¹, nesta ordem. Pinarelli et al. (2003) citam que, sob estresse, vacas da raça holandesa podem reduzir em até 17% da produção de leite para o nível de produção de 15 kg de leite animal⁻¹ dia⁻¹ e de 22% para vacas de 40 kg de leite animal⁻¹ dia⁻¹.

De modo geral, os meses de maior conforto térmico para os animais leiteiros foram julho, agosto e setembro, enquanto os piores foram janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro, tornando-se necessário a adoção de práticas para minimização do desconforto. Resultados semelhantes foram obtidos por Turco et al. (2006) e Silva et al. (2008), que conduziram o zoneamento bioclimático para bovinos de leite na Bahia e em Pernambuco, encontrando declínio da produção de leite, mesmo para animais de menor potencial produtivo.

As perdas econômicas aumentaram concomitantemente ao nível de produção do animal (Tabela 5). Para o NP de 10 kg animal⁻¹ dia⁻¹, todos os locais apresentaram perdas, exceto Triunfo. Garanhuns, Arcoverde e Surubim apresentaram as menores perdas variando entre R\$ 0,05 e R\$ 0,09 (média anual por litro de leite). Petrolina, Cabrobó, Recife e Ouricuri foram os locais com maior perda nessa ordem, que podem resultar em um montante de 73 a R\$ 57 animal⁻¹ lactação⁻¹, considerando período de lactação de 270 dias. No NP de 15 kg animal⁻¹ dia⁻¹, as perdas oscilaram entre R\$ 0,06 e R\$ 0,61, sendo observados prejuízos até mesmo no município de Triunfo. A partir do NP de 25 kg animal⁻¹ dia⁻¹,

Figura 3. Médias mensais para o declínio da produção de leite (DPL, kg animal⁻¹ dia⁻¹) de animais com níveis de produção (NP) de 10 (A), 15 (B), 20 (C), 25 (D), 30 (E) e de 35 (F) kg animal⁻¹ dia⁻¹ em municípios do Estado de Pernambuco: Arcoverde (Arc), Cabrobó (Cab), Garanhuns (Gar), Ouricuri (Our), Petrolina (Pet), Recife (Rec), Surubim (Sur) e Triunfo (Tri).

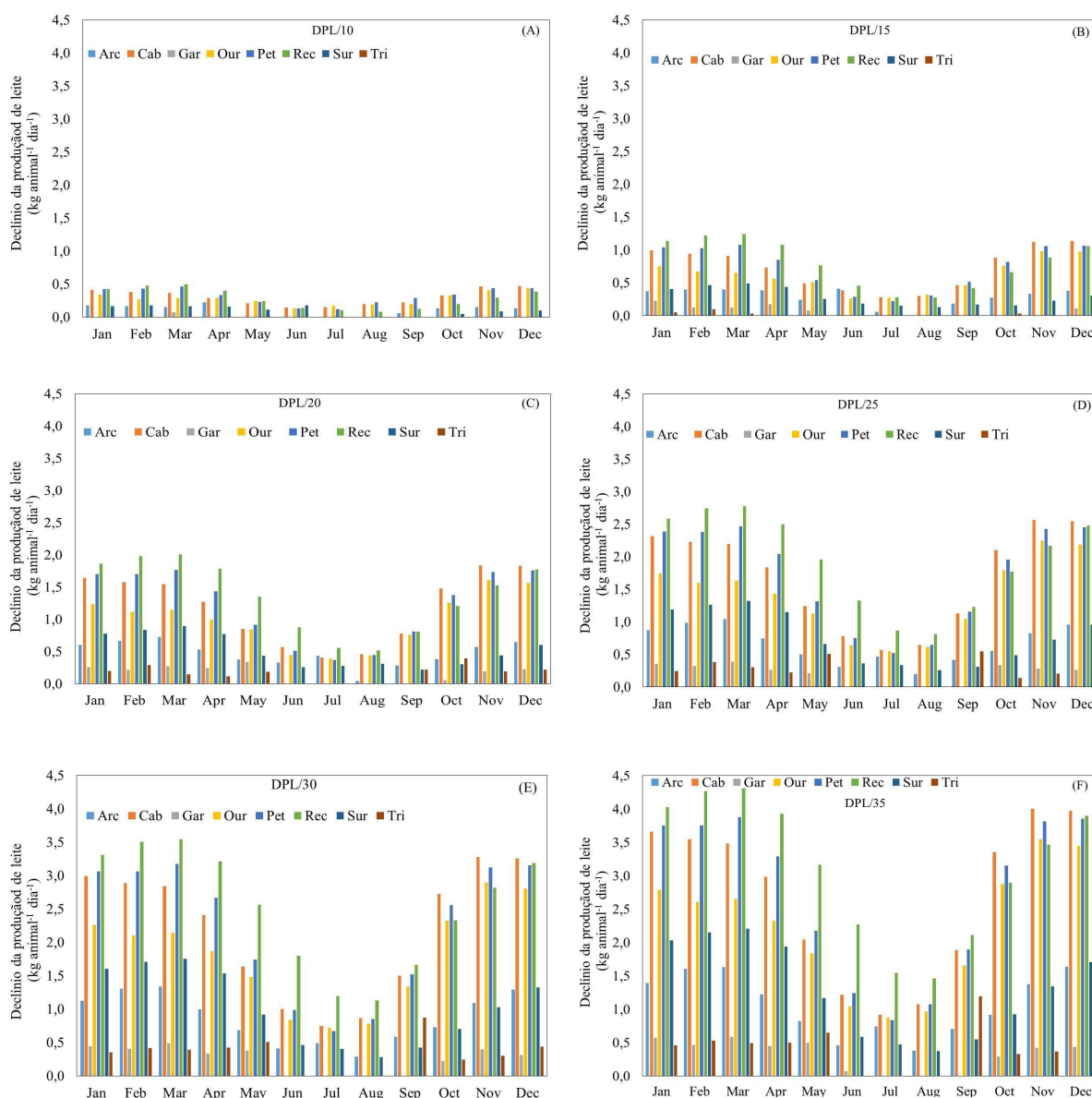


Tabela 5. Perda econômica da produção de leite, em reais (PEPL, R\$ animal⁻¹ dia⁻¹), por nível de produção (10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹), para municípios do estado de Pernambuco, calculada com base no valor médio mensal do valor do litro de leite pago ao produtor, segundo dados do CEPEA, no período de 2000 a 2014.

Município	PEPL/10	PEPL /15	PEPL /20	PEPL /25	PEPL /30	PEPL /35
Arcoverde	0,09	0,22	0,38	0,54	0,73	0,91
Cabrobó	0,26	0,59	0,94	1,29	1,65	2,01
Garanhuns	0,05	0,10	0,14	0,22	0,28	0,35
Ouricuri	0,21	0,48	0,77	1,06	1,36	1,66
Petrolina	0,27	0,61	0,94	1,28	1,62	1,97
Recife	0,23	0,56	0,92	1,29	1,68	2,06
Surubim	0,09	0,26	0,47	0,69	0,90	1,12
Triunfo	0,00	0,06	0,12	0,12	0,18	0,23

as perdas alcançaram R\$1,00 por dia em Cabrobó, Ouricuri, Petrolina, com valores máximos observados em Recife de R\$ 2,06, para animais com NP de 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Em termos acumulados, as perdas por lactação de acordo com o nível produtivo podem atingir R\$ 556,20 (Tabela 6).

Essas perdas econômicas podem ser ainda maiores quando se considera a tendência climática do ITU ao longo dos anos. Com exceção de Petrolina e Triunfo, os demais locais apresentaram tendência de aumento do ITU com o tempo (Figura 4). Recife e Ouricuri são os locais que exibiram maiores incrementos de 0,0211 e 0,0569 unidades de ITU a cada ano, respectivamente. Arcoverde, Cabrobó, Garanhuns e Surubim apresentaram tendências que variam entre 0,0207 e 0,0379 unidades de ITU ano. Isso mostra que, com o passar dos anos, o desconforto térmico e o declínio da produção poderão aumentar cada vez mais em alguns locais, dificultando a manutenção desses sistemas de produção de leite. Esse fato está relacionado às mudanças climáticas, uma vez que projeções indicam aumento da temperatura média do Planeta (IPCC, 2014). Com isso, faz-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas para avaliar o impacto das mudanças climáticas nos sistemas agropecuários, além da criação e implantação de tecnologias de aclimação que promovam maior conforto para os animais, melhorando o bem-estar e seus índices produtivos.

Conclusões

Os locais mais indicados para criação de vacas leiteiras apresentando menor impacto na sua produção é Triunfo e Garanhuns, com ITU menor do que 72, e Arcoverde e Surubim com ITU menor do que 74. Os demais municípios impõem situação de maior desconforto térmico com ITU superior a 74 em vários meses do ano. O período de maior conforto térmico e menores perdas produtivas, para a maioria dos municípios estudados, está compreendido entre os meses de julho, agosto e setembro.

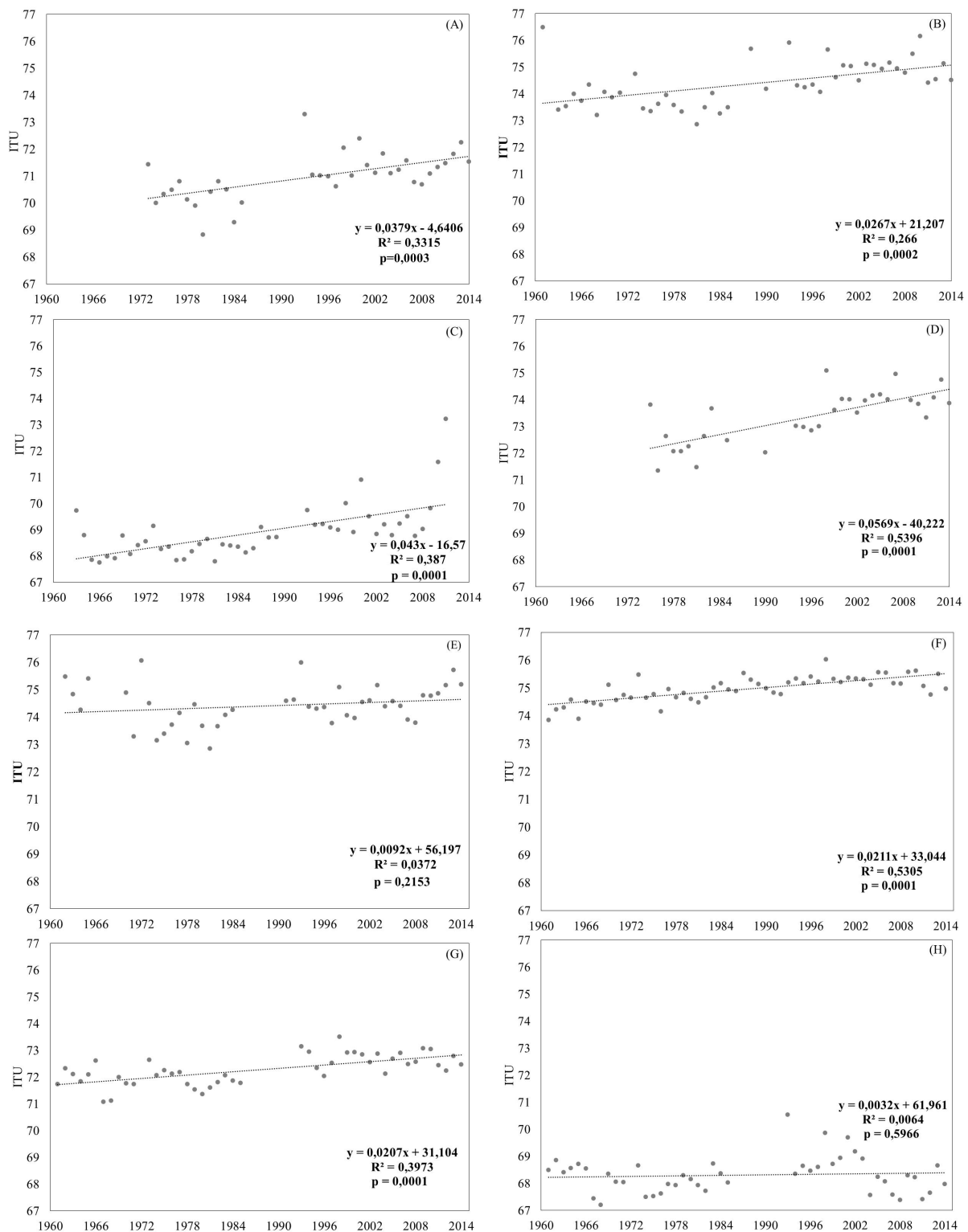
Referências

- 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, n. 3, p. 207-219, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.08.013>
- 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. 7, n. 3, p. 329-0331, 1964.
- BOHLOULI, M.; ALIJANI, S.; NADERI, S.; YIN, T.; KÖNIG, S. Prediction accuracies and genetic parameters for test-day traits from genomic and pedigree-based random regression models with or without heat stress interactions. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 1, p. 488-502, 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15329>
- BOHLOULI, M.; SHODJA, J.; ALIJANI, S.; EGHBAL, A. The relationship between temperature-humidity index and test-day milk yield of Iranian Holstein dairy cattle using random regression model. *Livestock Science*, v. 157, n. 2-3, p. 414-420, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.005>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006>
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2016. **Preço ao produtor**. Disponível: <http://cepea.esalq.usp.br/leite/?page=155>. Acesso: 12 jun. 2016.
- COELHO, L. A.; SASA, A.; NADER, C. E.; CELEGUINI, E. C. C. Características do ejaculado de caprinos sob estresse calórico em câmara bioclimática. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 58, n. 4, p. 544-549, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352006000400015>
- CUNHA, L. O.; DUTRA, A. C.; COSTA, A. B. Use of radiogenic heat for demarcation of hydrothermal alteration zones in the Pernambuco-Brazil. *Journal of Applied Geophysics*, v. 145, p. 111-123, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2017.08.004>
- DIKMEN, S.; HANSEN, P. H. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 1, p. 109-116, 2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016. **Agência de Informação Embrapa Ordenha e Refrigeração**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_70_21720039240.htm>. Acesso em: 18 jun. 2016.
- 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. 448-0451, 1969.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2018). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 31 jan. 2019.

Tabela 6. Estimativa da perda econômica acumulada da produção de leite, em reais (PEPL, R\$), por nível de produção (10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg animal⁻¹ dia⁻¹), para municípios do estado de Pernambuco, calculada com base no valor médio mensal do valor do litro de leite pago ao produtor, segundo dados do CEPEA, no período de 2000 a 2014, e considerando um período de 270 dias de lactação.

Local	PEPL/10	PEPL /15	PEPL /20	PEPL /25	PEPL /30	PEPL /35
Arcoverde	24,30	59,40	102,60	145,80	197,10	245,70
Cabrobó	70,20	159,30	253,80	348,30	445,50	542,70
Garanhuns	13,50	27,00	37,80	59,40	75,60	94,50
Ouricuri	56,70	129,60	207,90	286,20	367,20	448,20
Petrolina	72,90	164,70	253,80	345,60	437,40	531,90
Recife	62,10	151,20	248,40	348,30	453,60	556,20
Surubim	24,30	70,20	126,90	186,30	243,00	302,40
Triunfo	0,00	16,20	32,40	32,40	48,60	62,10

Figura 4. Ajuste de regressão linear do índice de temperatura e umidade (ITU) no tempo para municípios do estado de Pernambuco: Arcoverde (A), Cabrobó (B), Garanhuns (C), Ouricuri (D), Petrolina (E), Recife (F), Surubim (G) e Triunfo (H).



KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)

MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica**. Ministério do Desenvolvimento Agrário, Brasília, 2008. 196 p. 2012.

MCGUIRE, M. A.; BEEDE, D. K.; DE LORENZO, M. A.; WILCOX, C. J.; HUNTINGTON, G. B.; REYNOLDS, C. K.; COLLIER, R. J. Effects of thermal

stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating Holstein cows. *Journal of Animal Science*, v. 67, n. 4, p. 1050-1060, 1989.

MEYER, U.; STAHL, W.; FLACHOWSKY, G. Investigations on the water intake of growing bulls. *Livestock Science*, v. 103, n. 1-2, p. 186-191, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.02.009>

NÃÃS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo. Editora ICONE: 1989. 183p.

- PASSETTI, R. A. C.; EIRAS, C. E.; GOMES, L. C.; SANTOS, J. F.; PRADO, I. N. Intensive dairy farming systems from Holland and Brazil: SWOT analyse comparison. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 38, n. 4, p. 439-446, 2016. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i4.31467>
- PASSINI, R.; FERREIRA, F. A.; BORGATTI, L. M. O.; TERÊNCIO, P. H.; SOUZA, R. T. Y. B.; RODRIGUES, P. H. M. Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos. *Acta Scientiarum. Animal Science*, 31, n. 3, p. 303-309, 2009. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v31i3.6293>
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478p.
- PIMENTEL, P. G.; MOURA, A. A. N.; NEIVA, J. N. M.; ARAÚJO, A. A.; TAIR, R. F. L. Consumo, produção de leite e estresse térmico em vacas da raça Pardo-Suíça alimentadas com castanha de caju. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 59, n. 6, p. 1523-1530, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000600027>
- PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. *Latte, Milan*, v. 28, n. 12, p. 36-38, 2003.
- SAMPAIO, C. A. P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J. A.; BOFF, C. E.; OLIVEIRA, M. A. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000300020>
- SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; JUSTINO, F.; CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S. B. Impactos das Mudanças Climáticas na Produção de Leiteira do Estado de Pernambuco: Análise para os Cenários B2 e A2 do IPCC. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 24, n. 4, p. 489-501, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000400010>
- SILVA, T. G. F.; TURCO, S. H. N.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S. Variação regional do declínio da produção de leite durante do verão no Estado de Pernambuco. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 109-123, 2008.
- SORENSEN, P. H. Influencia del ambiente climatico en la production del cerdo. In: MORGAN, J. T. **Nutricion de aves y cerdos**. Zaragoza: Acribia, 1964. p. 97-116.
- SOUZA JÚNIOR, S. C.; MORAIS, D. E. F.; VASCONCELOS, A. M.; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semi-árida. *Revista Científica de Produção Animal*, Areia, v. 10, n. 2, p. 127-137, 2008. <http://www.periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rcpa/article/view/42731>
- SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. *Agropecuária Científica no Semiárido*, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2010. <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/69>
- SOUZA, B. B.; SILVA, R. M. N.; MARINHO, M. L.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, A. P. Parâmetros Fisiológicos e Índice de Tolerância ao Calor de Bovinos da Raça Sindi no Semi-árido Paraibano. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 883-888, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000300040>
- STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; CERON-MUÑOZ, M.; BARBOSA, G. S. S. C.; COSTA, M. J. R. P. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 5, p. 2070-2077, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000800022>
- THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.
- TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F.; SANTOS, L. F. C.; RIBEIRO, P. H. B.; ARAÚJO, G. G. L.; JUNIOR, E. V. H.; AGUIAR, M. A. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no Estado da Bahia. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 20-27, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000100003>
- TORRES-JÚNIOR, J. R. de S.; PIRES, M. de F. A.; W. F. de SÁ; FERREIRA, A. de M.; VIANA, J. H. M.; CAMARGO, L. S. A.; RAMOS, A. A.; FOLHADELLA, I. M.; POLISSENI, J.; FREITAS, C. de; CLEMENTE, C. A. A.; SÁ FILHO, M. F. de; PAULA-LOPES, F. F.; BARUSELLI, P. S. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, v. 69, n. 2, p. 155-166, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.06.023>
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV. 2000. 448p.
- YOUSEF, M. K. **Stress Physiology in Livestock**. v. 2, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 1985, pp. 151-174.

REFERENCIAÇÃO

MOURA, G. A. B.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, H.; K. M. N.; PINHEIRO, A. G.; SALVADOR, K. R. S.; SOUZA, L. F. Indicadores bioclimáticos e simulação de potenciais perdas econômicas da produção de leite em Pernambuco. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.27, n.2, p.417-427, dez 2019.



Bioclimatic indicators and simulation of potential economic losses of milk production in Pernambuco State, Brazil

Gustavo André Bernado Moura¹, Thieres George Freire da Silva^{2(*)}, Luciana Sandra Bastos de Souza², Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim², Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves², Antônio Gebson Pinheiro³, Kaique Renan da Silva Salvador¹ and Leonardo Francelino de Souza¹

¹Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Via de Acesso Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal, SP, Brazil.

E-mail: gustavo_gto72@hotmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE/UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – PGPV. Caixa Postal 063, CEP 56900-000 Serra Talhada, PE, Brazil. E-mails: thieres.silva@ufrpe.br, sanddrabastos@yahoo.com.br, alexandremrfj@gmail.com, kaiquersalvador@gmail.com and leonardo_souza369@hotmail.com

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE/Sede, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEA. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE, Brazil. E-mail: hygorkristoph22@gmail.com and gebson10@hotmail.com

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1st March 2019

Accepted 11 March 2020

Index terms:

zootechnical indices

thermal comfort

thermal stress

dairy cattle

Northeast Region

ABSTRACT

The objective was to estimate the potential impacts of climate on milk production throughout the year in Pernambuco state, Brazil, by analyzing thermal comfort, reducing food consumption, declining milk production and economic losses. Data from eight conventional meteorological stations distributed in the State, belonging to the National Institute of Meteorology, with data series over 30 years were used to calculate the following bioclimatic indicators: temperature and humidity index (THI), food consumption reduction and decline in milk production (DMP). To estimate economic losses, we considered the RFC and the average amount paid to the producer per liter of milk. In all locations studied, there was a reduction in food consumption, reaching up to 1.64 kg animal⁻¹ day⁻¹. Although, on average, some sites did not show THI > 74 (critical limit), in at least part of the year, all sites reported a decline in milk production, except in the municipality of Triunfo for a production level (PL) of 10 kg animal⁻¹ day⁻¹. As the NP of the animals increased, the potential climate effect on the DPL was more pronounced. Losses reached up to 4.31 kg animal⁻¹ day⁻¹, which resulted in a reduction in daily profitability of up to R \$ 2.06 per day and R \$ 556.20 per lactation.

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

MOURA, G. A. B.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, H.; K. M. N.; PINHEIRO, A. G.; SALVADOR, K. R. S.; SOUZA, L. F. Indicadores bioclimáticos e simulação de potenciais perdas econômicas da produção de leite em Pernambuco. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.27, n.2, p.417-427, dez 2019.