

EFEITO DO USO DE SISTEMA DE RESFRIAMENTO ADIABÁTICO EVAPORATIVO SOBRE A PRODUÇÃO DE LEITE NO ESTADO DO PARANÁ

Cleiton Pagliari Sangali^{1*}; Elcio Silvério Klosowski²; Claudio Yuji Tsutsumi²;
Aparecida da Costa Oliveira³; Débora Cristina Freitag⁴; Taciana Maria Moraes de Oliveira¹ Luís Daniel
Giusti Bruno⁴

SAP 10320 Data envio: 03/07/2014 Data do aceite: 10/12/2014

Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471

Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, abr./jun., p. 112-118, 2015

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) como alternativa para melhorar as condições de ambiente térmico, visando à produção de leite (PL) de vaca com nível normal de produção de 15 e 35 kg dia⁻¹. Para as estimativas do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e da PL foram utilizados dados de normais climatológicas de temperatura e umidade relativa do ar coletados nas estações meteorológicas da rede do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) no Estado do Paraná. A utilização de SRAE do ar proporcionaria uma redução significativa ($p < 0,05$) nos valores do ITU, em todas as localidades e períodos do ano estudados o que resultou em melhora na produção de leite. Para as regiões Leste, Norte e Oeste, no período de dezembro a fevereiro, foram observadas quedas na PL para animais de alta produção (35 kg dia⁻¹), contudo, após simulação do uso de SRAE houve aumento na produção estimada de leite de 6,3%; 9,5% e 9,4%, respectivamente. A menor eficiência do uso de SRAE para a região Leste pode estar relacionada com os altos valores de umidade relativa do ar observados, o que reduz a eficiência do SRAE do ar. Desta forma, as condições de ambientes mais adequadas proporcionadas pelos SRAE justificam seu emprego desde que se considerem as condições locais, a época do ano e a categoria animal estudada.

Palavras-chave: ambiência, bovinocultura de leite, conforto térmico, temperatura do ar.

Effect of the use of adiabatic evaporative cooling system aiming the milk production in Paraná State, Brazil

ABSTRACT - The aim of this study was evaluate the use of adiabatic evaporative cooling system (AECS) of air as an alternative to improve the thermal environment, aiming the milk production (MP) of cows with production levels of 15 and 35 kg day⁻¹. The climatological data of air temperature and relative humidity used to estimate Temperature and Humidity Index (THI) and MP were collected in the IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) meteorological field stations from Paraná State. The use of AECS of air provides a significant reduction in the THI values, in all locations and periods of the years, which resulted in improvements in MP. For the East, North and West Regions, from December to February, were observed loss of MP to high producing animals (35 kg day⁻¹) however, after simulation using AECS of air, there was an increase in estimated production milk of 6.3%, 9.5% and 9.4%, respectively. The lower efficiency of using AECS for the East Regions can be related to the high values of relative humidity observed, which reduce the efficiency of air AECS. Thus, the most suitable environment conditions provided by AECS justify its use, since observed each local condition, month and animal category.

Key words: environment, dairy cows, thermal comfort, air temperature.

¹Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Avenida Colombo 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR. E-mail: sangalicp@hotmail.com. *Autor para correspondência

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Marechal Cândido Rondon, PR

³Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível doutorado, João Pessoa, PB

⁴Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível mestrado, Marechal Cândido Rondon, PR

INTRODUÇÃO

A produtividade ideal na bovinocultura de leite pode ser obtida quando as vacas forem submetidas a uma temperatura efetiva adequada, sem nenhum desperdício de energia gasto na termorregulação. Segundo Perissinotto e Moura (2007), a temperatura ideal para vacas em lactação estaria entre 4 e 26 °C. Estes dados são válidos para umidade relativa do ar (UR) de 40% a 70% em que os sistemas de regulação de temperatura do animal atuam com um menor gasto de energia, o que pode ser traduzido em aumento de produção (FERREIRA, 2005).

Entretanto, nas condições de clima tropical, como é o caso de algumas regiões do Brasil, não é raro o registro de temperatura e umidade do ar acima da zona de conforto térmico das vacas, o que muitas vezes acaba limitando à expressão do potencial genético para produção.

Contudo, algumas medidas podem ser tomadas para minimizar as perdas decorrentes do estresse calórico, podendo-se citar, entre outras, modificações primárias como provimento de sombra por árvores ou com uso de telas, assim como modificações secundárias por meio de sistemas de climatização fazendo uso de aspersores e nebulizadores associados a ventiladores (CRUZ et al., 2011).

Entre as modificações secundárias, o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) do ar tem se expandido rapidamente em locais afetados pelo estresse térmico. Este sistema é simples, prático e possui uma boa relação custo/benefício o que tem agradado muitos produtores (ARCARO JR. et al., 2003). Os princípios da sua funcionalidade consistem em mudar o ponto de estado psicrométrico do ar, para maior umidade e menor temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida (SMITH et al., 2006). A máxima redução que se pode obter nos valores de temperatura do ar consiste em atingir a temperatura do ponto de orvalho, caso a eficiência do sistema de resfriamento seja de 100% (CAMARGO, 2004).

Os benefícios do uso de sistemas de climatização na produção de leite foram avaliados por diversos autores, entre eles, Souza et al. (2004), que obtiveram resultados satisfatórios na produção de vacas leiteiras, com aumento na produção de leite de 14,6% sob efeito de SRAE do ar, assim como, para outras espécies de interesse zootécnico: frangos de corte (WELKER et al., 2008); aves de postura (XIN et al., 2011); perus em épocas de baixa umidade relativa do ar (MENDES et al., 2010); fêmeas suínas (ROMANINI et al., 2008), suínos em terminação (SARTOR et al., 2003) e novilhos em fase de engorda (CORREA-CALDERÓN et al. 2010). Em todos estes estudos foram obtidos resultados satisfatórios nos índices de conforto térmico e produtivo dos animais sob efeito da climatização do ambiente.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação de SRAE do ar visando à produção de leite no Estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Os valores médios mensais de normais climatológicas de temperatura do ar e UR, utilizados no presente estudo, foram coletados nas estações meteorológicas da rede do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), das localidades apresentadas na Figura 1, num período mínimo de coleta de nove anos até um período máximo de quarenta e oito anos.

Os municípios de Cândido de Abreu, Guarapuava, Laranjeiras do Sul, Nova Cantu, Ponta Grossa e Telêmaco Borba foram agrupadas na Região Central do Estado do Paraná. A Região Leste está representada pelos municípios de Antonina, Cerro Azul, Guaraqueçaba, Morretes e Pinhais. A Região Norte do Estado está representada pelos municípios de Apucarana, Bandeirantes, Bela Vista do Paraíso, Cambará, Cianorte, Iporã, Joaquim Távora, Londrina, Mauá da Serra, Palotina, Paranavaí e Umuarama. Já a Região Oeste está representada pelos municípios de Cascavel, Quedas do Iguaçu e São Miguel do Iguaçu. Da região Sudoeste foram utilizadas as estações meteorológicas dos municípios de Clevelândia, Francisco Beltrão, Pato Branco e Planalto e da região Sul pelos municípios de Fernandes Pinheiro, Lapa e Palmas.

Estes locais se encontram nas regiões cujo tipo climático, segundo a classificação proposta por Koppen são Cfa e Cfb. O clima do tipo Cfa é subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. O clima tipo Cfb é temperado; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

A partir dos valores de temperatura e UR do ar observados, foram determinados a pressão de saturação à temperatura de bulbo seco, a pressão atual de vapor e a temperatura do ponto de orvalho.

O Índice de Temperatura e Umidade médio mensal considera pesos para as temperaturas dos termômetros de bulbo seco e de um parâmetro que indica o teor de umidade do ar, expresso pela Equação 1:

$$ITU = ts + 0,36t_{po} + 41,2 \text{ (Eq. 1)}$$

Em que:

ITU= Média mensal do Índice de Temperatura e Umidade (Adimensional), t_s = média mensal da temperatura de bulbo seco (°C) e, t_{po} = média mensal da temperatura do ponto de orvalho (°C).

O declínio na produção de leite de vacas individuais foi calculado em função do nível de produção (foram considerados níveis normais de produção de 15 e 35 kg vaca⁻¹ dia⁻¹) e do ITU médio mensal, pela Equação 2:



FIGURA 1 - Localização geográfica de estações meteorológicas do Estado do Paraná. Extraído de: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070> e adaptado.

$$DPL = -1,075 - 1,736PN + 0,02474PN \times ITU \text{ (Eq. 2)}$$

Em que:

DPL= Média mensal do declínio na produção de leite ($\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), PN= nível normal de produção ($\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), ITU= Média mensal do Índice de Temperatura e Umidade (Adimensional).

Para o nível normal de produção (PN) se considera uma situação em que o animal não sofresse estresse térmico, ou seja, a produção que um animal normal apresentaria caso submetido a uma condição de termoneutralidade.

A produção de leite de vacas individuais foi calculado em função do nível de produção (15 e 35 $\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e do declínio na produção de leite pela Equação 3:

$$PL = PN - DPL \text{ (Eq. 3)}$$

Em que:

DPL= declínio na produção de leite ($\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

PN= nível normal de produção ($\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

O potencial de redução da temperatura do ar, que corresponde à diferença entre a temperatura de bulbo seco e a de ponto de orvalho (CAMPOS et al., 2002), considerando eficiência do sistema de resfriamento do ar de 80%, foi calculado pela equação 4:

$$PRTA = 0,8 \times (ts - tpo) \text{ (Eq. 4)}$$

Em que:

PRTA= média mensal do potencial de redução da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), t_s = média mensal da temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$) e, t_{po} = média mensal da temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

A temperatura após resfriamento do ar foi calculada descontado o valor de potencial de redução da temperatura de bulbo seco utilizando a equação 5:

$$t_{PRTA} = t_s - PRTA \text{ (Eq. 5)}$$

Em que:

t_{PRTA} = média mensal da temperatura após resfriamento evaporativo ($^{\circ}\text{C}$), t_s = média mensal da temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$), PRTA= média mensal do potencial de redução da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Os valores de ITU foram novamente estimados substituindo t_s por t_{PRTA} , e posteriormente utilizados para calcular os valores de DPL após o resfriamento do ar. Já os valores de PL após resfriamento do ar foram calculados utilizando os valores de DPL após o uso de SRAE do ar.

Para avaliar o efeito do uso de SRAE do ar, os valores de ITU e PL foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), com subsequente aplicação do teste Tukey, a 5% de probabilidade, considerando como tratamentos as localidades e a utilização ou não de SRAE do ar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de novembro a março, para as regiões Norte, Leste e Oeste, os valores médios de ITU ficaram acima de 70 (dados não apresentados), demonstrando a condição de estresse térmico as quais as vacas poderão estar submetidas, conforme indica Hahn (1985) citado por Silva et al. (2009). Estes resultados se assemelham aos obtidos por Klosowski et al. (2006) que encontraram probabilidade de 88% de ocorrência de valores de ITU maiores que 70, para os municípios de Morretes, Londrina e Planalto localizados, respectivamente, nas regiões Leste, Norte e Sudoeste do Estado do Paraná, especialmente entre os meses de novembro a abril.

Considerando os valores médios anuais de ITU, a utilização de SRAE do ar possibilita redução significativa ($p < 0,05$) de 3,55, 2,22, 4,43, 3,87, 3,96 e 2,82 para as regiões Centro, Leste, Norte, Oeste, Sudoeste e Sul, respectivamente (Tabela 1). Faria et al. (2008), ao avaliarem o uso de ventilação forçada no mês de janeiro, nos horários mais críticos do dia (12 às 15 h), obteve redução significativa no ITU de 79,98 para 78,48 para o município de Nova Odessa, SP. Em trabalho anterior, Martello et al. (2004) observaram que a utilização de aspersores associados à ventiladores durante o verão no horário das 13 horas promoveram redução significativa no ITU para o município de Pirassununga, SP. Embora este índice tenha sido alterado somente de 79,4 para 75,7, conferiram ao local um ambiente mais confortável do ponto de vista térmico do que sem a climatização. No presente estudo, para todas as localidades e períodos do ano estudado, o ITU pode ser reduzido para valores abaixo de 70.

A menor redução nos valores de ITU, observado na região Leste está relacionada com os altos valores de UR observados, o que de acordo com Collier et al. (2006), reduz a eficiência do SRAE do ar. Este efeito da UR sobre a eficiência do SRAE do ar também pode ser evidenciado entre os meses do ano (dados não apresentados). Os maiores valores de redução da temperatura do ar (4,1 °C) para o estado do Paraná foram determinados para o período de agosto a novembro, correspondendo aos meses com menores valores de UR do ar (próximo de 70%). Já no período de dezembro a março, em que foram

registrados valores de UR acima de 75, o uso de SRAE do ar possibilitou redução de apenas 3,3 °C. Este resultado corrobora com o obtido por Campos et al. (2002), que também observaram maiores valores de potencial de redução de temperatura do ar para o município de Maringá-PR nos meses de agosto a novembro, cujos picos superaram 7 °C para todos estes meses e os menores de dezembro a março.

Nas Regiões Centro, Sudoeste e Sul não foram observadas perdas na produção de leite, em nenhum dos níveis de produção estudados, o que caracteriza estas regiões como propícias para a produção de leite, considerando o ITU como referência, cujos valores não ultrapassam o limite de conforto de 70. Contudo, para as regiões Leste, Norte e Oeste, no período de dezembro a fevereiro, foram observadas queda na produção de leite de 0,84, 0,69 e 0,70 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ para animais de alta produção (35 kg dia⁻¹), respectivamente (Figura 2). Para animais com nível de produção de 15 kg dia⁻¹ não foram registradas perdas na produção de leite em nenhuma das regiões estudadas, o que, de acordo com Tapki & Sahin (2006) se explica pela maior susceptibilidade ao calor para animais de alta produção.

Os maiores valores estimados de perda de produção de leite foram observados no mês de janeiro para as regiões Oeste (1,11 kg vaca⁻¹ dia⁻¹) e Norte (0,93 kg vaca⁻¹ dia⁻¹) e no mês de fevereiro para a região Leste (0,95 kg vaca⁻¹ dia⁻¹), que corresponderam aos meses mais quentes do ano. Esses resultados estão em excelente concordância aos encontrados por Perissinotto et al. (2007), que verificaram ao longo de um ano de pesquisa, que as vacas leiteiras reduziram a sua produção nos meses de junho a setembro, período em que a temperatura do ar, registrada em Herdade da Mitra (Évora, Portugal), estava mais elevada em relação aos demais meses. Silva et al. (2006), Passini et al. (2009) e Milani et al. (2010) também avaliaram os efeitos das condições ambientais sobre a produção de bovinos leiteiros e em todos estes estudos os autores observaram alterações no comportamento, ingestão de matéria seca, reprodução ou produção de leite dos animais submetidos as condições adversas de ambiente.

TABELA 1. Média anual do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) sem (sem SRAE) e com (com SRAE) a utilização de sistema de resfriamento adiabático evaporativo do ar, para as regiões Centro, Leste, Norte, Oeste, Sudoeste e Sul do Estado do Paraná.

Região	ITU médio anual normal	
	Sem SRAE	Com SRAE
Centro	65,17 C a	61,62 C b
Leste	67,16 B a	64,94 A b
Norte	68,05 A a	63,62 B b
Oeste	67,16 B a	63,29 B b
Sudoeste	65,44 C a	61,48 C b
Sul	62,96 D a	60,14 D b

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e letra minúscula, nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

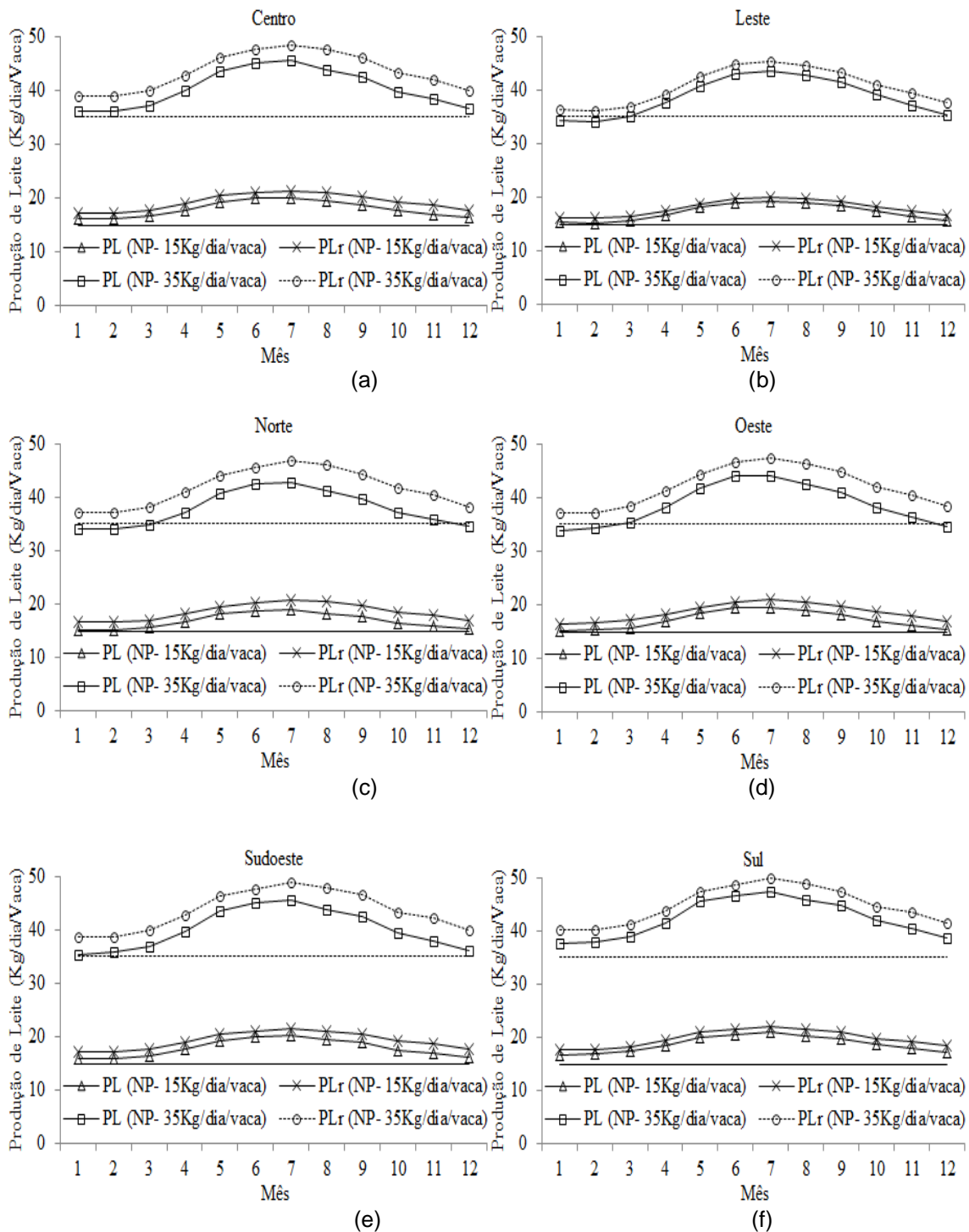


FIGURA 2 - Valores estimados de produção de leite para as Regiões Centro (a), Leste (b), Norte (c), Oeste (d), Sudoeste (e) e Sul (f) do Estado do Paraná, antes (PL) e após (PLr) o uso de sistema de resfriamento adiabático evaporativo do ar para os níveis de produção (NP) de 15 e 35 kg dia⁻¹ vaca⁻¹.

O uso de sistema de resfriamento adiabático do ar proporcionou, em todas as localidades, um ambiente térmico mais confortável o que resultou em melhora na produção de leite (Figura 2). Para as regiões Leste, Norte e Oeste, nas quais foram observadas perdas na produção de

leite, no período mais quente do ano (dezembro a fevereiro), para animais de alta produção (35 kg dia⁻¹), o uso de sistema de resfriamento proporcionou aumento na produção estimada de leite de 6,3%, 9,5% e 9,4%, respectivamente. Esses resultados se assemelham aos

encontrados por Barbosa et al. (2004) que obtiveram um acréscimo de 8,6% na produção de leite no período do verão, em vacas de alta produção que receberam aspersão de água sob pressão associada à ventilação, antes e após a ordenha, confirmando o efeito benéfico da climatização no conforto térmico dos animais.

Considerando a média anual de produção, o uso de SRAE do ar pode proporcionar aumento de 7,61%, 4,98%, 10,13%, 8,67%, 8,54% e 5,77% na produção estimada de leite para as regiões Centro, Leste, Norte, Oeste, Sudoeste e Sul, respectivamente (Tabela 2). Como

pode ser observado, a produção de leite para as regiões Leste (UR 84%) e Sul (UR 80%) do Estado do Paraná apresentaram acréscimos menos pronunciados que para as demais regiões, o que de acordo com Arcaro Júnior et al. (2005), pode ser explicado pelos maiores valores de UR do ar observados nestas regiões, já que a eficiência de utilização do SRAE depende da diferença entre as temperaturas de bulbo seco e úmido (depressão psicométrica) observada em cada local.

TABELA 2. Média anual de produção de leite de vacas com níveis de produção de 15 e 35 kg dia⁻¹ vaca⁻¹ sem (sem SRAE) e com (com SRAE) a utilização de sistema de resfriamento adiabático evaporativo do ar, para as regiões Centro, Leste, Norte, Oeste, Sudoeste e Sul do Estado do Paraná.

Região	Nível de produção (kg dia ⁻¹ vaca ⁻¹)			
	15		35	
	Sem SRAE	Com SRAE	Sem SRAE	Com SRAE
Centro	17,93 B b	19,25 C a	40,40 B b	43,48 B a
Leste	17,19 C b	18,02 E a	38,68 C b	40,61 D a
Norte	16,86 D b	18,51 D a	37,91 C b	41,75 C a
Oeste	17,19 C b	18,63 D a	38,68 C b	42,03 C a
Sudoeste	17,83 B b	19,30 B a	40,17 B b	43,60 B a
Sul	18,75 A b	19,80 A a	42,32 A b	44,76 A a

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e letra minúscula, nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,05).

O uso de SRAE do ar na produção de bovinos leiteiro tem sido avaliada em diversos estudos (CHAIYABUTR et al., 2008; ALMEIDA et al., 2010; ALMEIDA et al., 2011; SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2012), e para todos eles foram obtidos resultados satisfatórios nos índices de conforto térmico e produtivo dos animais sob efeito da climatização do ambiente.

No estudo de Almeida et al. (2010) os autores trabalharam com vacas Girolando 7/8, com produção média diária de 18 kg de leite d⁻¹ submetidas aos tempo de 0, 10, 20 e 30 minutos de climatização no curral de espera, e observaram que o tempo de 30 minutos foi o que proporcionou os melhores valores de produção de leite, sendo 4,35% maior do que o grupo controle. De acordo com a análise de custos realizada pelos autores, o investimento em climatização no curral de espera para vacas leiteiras no município de Capoeiras, PE foi satisfatório e lucrativo, com tempo de retorno do capital investido de 58 dias.

Em estudo mais recente, Silva et al. (2011) também obtiveram resultados satisfatórios com o uso da climatização no curral de espera de vacas em lactação. Ao avaliarem os tempos de 20, 30 e 40 min de climatização no curral de espera, os autores apontaram o tempo de 40 min como sendo o mais eficiente em promover o condicionamento ambiental dos animais, o que refletiu em aumento de 3,66% na produção de leite, quando comparado aos animais mantidos em ambiente não climatizado.

Porcionato et al. (2009) e Pinheiro (2012) apontam ainda que, para adoção de medidas visando o

conforto térmico do animal devem ser consideradas as características climáticas inerentes a cada propriedade e à região na qual se localiza, além das características do rebanho e a relação custo-benefício.

CONCLUSÕES

A utilização de sistemas para resfriamento do ar possibilita redução significativa nos valores de ITU e maior produção de leite no Estado do Paraná. As temperaturas do ar mais amenas proporcionadas por estes sistemas justificam seu emprego desde que se considerem as condições locais, a época do ano e a categoria animal estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G.A.P.; MORRIL, W.B.B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.12, p.1337-1344, 2010.
- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H.M.; ALMEIDA, G.A.P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.7, p.754-760, 2011.
- ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J.R.P.; POZZI, C.R.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S.V.; OLIVEIRA, J.E. Teores plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.2, p.350-354, 2003.
- ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J.R.P.; POZZI, C.R.; FAVA, C.D.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S.V.; OLIVEIRA, J. E. Respostas

- fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.639-643, 2005.
- BARBOSA, O.R.; BOZA, P.R.; SANTOS, G.T.; SAKAGUSHI, E.S.; RIBAS, N.P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.1, p.115-122, 2004.
- CAMARGO, J.R. Resfriamento evaporativo: Poupança a energia e o meio ambiente. **Revista de ciências exatas**, v.9/10, n.1-2, p.69-75, 2003/2004.
- CAMPOS, A.T.; KLOSOWSKI, E.S.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. TORRES. Estudo do potencial de redução da temperatura do ar por meio do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.24, n.5, p.1575-1581, 2002.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- CHAIYABUTR, N.; CHANPONGSANG, S.; SUADSONG, S. Effects of evaporative cooling on the regulation of body water and milk production in crossbred Holstein cattle in a tropical environment. **International Journal Biometeorology**, v.52, p.575-585, 2008.
- COLLIER, R.J.; DAHL, G.E.; VANBAALE, M.J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.9, p.1244-1253, 2006.
- CORREA-CALDERÓN, A.; MORALES, M.; AVENDAÑO, L.; LEYVA, C.; RIVERA, F.; DÍAZ, R.; SOTO-NAVARRO, S. Artificial cooling as an alternative to increase productivity and welfare of steers under heat stress. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.5, p.1199-1205, 2010.
- CRUZ, L.V.; ANGRIMANI, D.S.R.; RUI, B.R. SILVA, M.A. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.16, 2011.
- FARIA, F.F.; MOURA, D.J.; SOUZA, Z.M.; MATARAZZO, S.V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v.38, n.9, p.2498-2505, 2008.
- FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005; 371p.
- HAHN, G.L. Management and housing of farm animals in hot environment. In: **Stress physiology in livestock**. M. K. Yousef, Ed: CRC Press, Boca Raton, v.2, p.151-174, 1985.
- IAPAR. **Médias históricas**. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Cambara.htm. Acesso em: 11 de maio de 2011.
- KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS, A.T.; CARAMORI, P.H.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A.T. Frequência de ocorrência de valores horários do Índice de Temperatura e Umidade na escala mensal para o Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p.140-148, 2006.
- MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; PINHEIRO, M.G.; SILVA, S.L.; ROMA JÚNIOR, L. C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.263-273, 2004.
- MENDES, A.S.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; SONODA, L.T. Temperaturas de acionamento de sistemas de climatização para perus em épocas de baixa umidade relativa do ar. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.788-798, 2010.
- MILANI, A.P.; SOUZA, F.A. Granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto – SP. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.742-752, 2010.
- 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 Sciences**, v.31, n.3, p.303-309, 2009.
- PERISSINOTTO, M.; CRUZ, V.F.; PEREIRA, A.; MOURA, D.J.; Influência das condições ambientais na produção de leite da vacaria da Mitra. **Revista de Ciências Agrárias**, v.30, n.1, p.143-149, 2007.
- PERISSINOTTO, M.; MOURA, D.J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.1, p.117-126, 2007.
- PINHEIRO, M.G. Produção de leite em ambiente tropical. **Pesquisa & Tecnologia**, v.9, n.1, 2012.
- PORCIONATO, M.A.F.; NETTO, A.M.; SANTO, A.S.; VEIGA, M. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Acadêmica Ciências Agrária Ambiental**, v.7, n.4, p.483-490, 2009.
- ROMANINI, C.E.B.; TOLON, Y.B.; NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J. Physiological and productive responses of Environmental control on housed sows. **Scientia Agricola**, v.65, n.4, p.335-339, July/August 2008.
- SARTOR, V. BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; LUZ, M.L. Efeito do resfriamento evaporativo no desempenho de suínos em fase de terminação. **Engenharia na Agricultura**, v.11, p.58-64, 2003.
- SILVA, R.G.; MORAIS, D.A.E.F.; GUILHERMINO, M.M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1192-1198, 2006.
- SILVA, E.C.L.E.; MODESTO, C.; AZEVEDO, M.; FERREIRA, M.A.; JÚNIOR, J.C. B.D.; SCHULER, A.R.P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.31, n.3, p.295-302, 2009.
- SILVA, I.M.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H.M. Benefits of automated acclimatization during the pre-milking phase of lactating girolando cows. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.5, p.847-856, 2011.
- SILVA, I.M.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.; GUISELINI, C.; CALDAS, A.M.; JACOB, A.L. Análise espacial das condições térmicas do ambiente pré-ordenha de bovinos leiteiros sob regimes de climatização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8, p.903-909, 2012.
- SMITH, TR.; CHAPA, A.; WILLARD, S.; HERNDON JR, C.; WILLIAMS, R J.; CROUCH, J.; RILEY, T.; POGUE, D. Evaporative Tunnel Cooling of Dairy Cows in the Southeast. II: Impact on Lactation Performance. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.10, p.3915-3923, 2006.
- SOUZA, S.R.L.; NÄÄS, I.A.; KARASAWA, S.; ROMANINI, C. Análise do investimento em climatização para bovinos de leite em sistema de alojamento free-stall. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.255-262, 2004.
- TAPKI, I.; SAHIN, A. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. **Applied Animal Behaviour Science**, v.99, p.1-11, 2006.
- XIN, H.; GATES, R.S.; GREEN, A.R.; MITLOEHNER, F.M.; MOORE JR, P.A.; WATHES, C.M. Environmental impacts and sustainability of egg production systems. **Poultry Science**, v.90, n.1, p.263-77, 2011.