



CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO LEITEIRA NO SUL DO BRASIL

Z. B. Oliveira*, C. M. Silva, I. J. Souza, T. T. Link, E. L. Bottega

UFMS - Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, RS, Brasil

Article history: Received 27 February 2018; Received in revised form 20 April 2018; Accepted 24 May 2018;
Available online 28 June 2018.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira no Sul do Brasil. O estudo foi realizado para doze municípios da região Sul do Brasil, sendo quatro municípios de cada estado: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado para a situação de máximo desconforto térmico (nos meses de verão), a partir da temperatura máxima do ar (Tmax) e da umidade relativa mínima do ar (URmin). Os dados meteorológicos utilizados como referência para o “cenário atual” foram obtidos do INMET. Para a criação dos cenários de mudança climática, foram acrescentados 0,5°, 1,5° e 3° C na Tmax (médias do período de 1961-1990) e calculou-se a redução da URmin nesses cenários. Na situação climática atual, o ITU é superior a 72, considerado como alerta para o conforto térmico das vacas leiteiras, em todos os municípios avaliados e em todo o período (dezembro a março), chegando a valores extremos de 84 no estado do RS. O estresse calórico atual é amenizado no cenário +0,5°C, em função da redução da URmin que compensa o aumento da Tmax; mantêm-se no cenário de +1,5°C e aumenta no cenário +3,0°C, em que o declínio na produção de leite é em média 70% maior que na situação climática atual.

Palavras-chave: Índice de Temperatura e Umidade; Produção de Leite; Ambiência.

CLIMATE CHANGE SCENARIOS AND THEIR IMPACTS ON DAIRY PRODUCTION IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT

The present work had as objective to analyze scenarios of climatic changes and their impacts on milk production in the South of Brazil. The study was performed for twelve municipalities in the southern region of Brazil, with four municipalities in each state: Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. The Temperature and Humidity Index (ITU) was calculated for the situation of maximum thermal discomfort months of summer), from the maximum air temperature (Tmax) and the minimum relative air humidity (URmin). The meteorological data used as reference for the "current scenario" were obtained from INMET. For the creation of climate change scenarios, 0.5°C, 1.5°C and 3° C were added in Tmax (averages from the period 1961-1990) and the reduction of URmin was calculated in these scenarios. In the current climatic situation, the ITU is higher than 72, considered critical for dairy cow production, in all evaluated municipalities and throughout the period (December to March), reaching extreme values of 84 in the state of RS. Current caloric stress is improved in the + 0.5°C scenario, due to the reduction of URmin that compensates for the increase in Tmax;

* zanandraboff@gmail.com

remain in the scenario of + 1.5°C and increases in the scenario + 3.0°C, where the decline in milk production is on average 70% higher than in the current climatic situation.

Keywords: Temperature and Humidity Index; Milk Production; Ambience.

INTRODUÇÃO

O leite está entre os seis primeiros produtos mais importantes da agropecuária brasileira (EMBRAPA, 2016). No ano de 2016, a região Sul liderou o ranking ao produzir 12,45 bilhões de litros (IBGE, 2016), destacando-se o estado do Paraná com uma produção de 4,7 bilhões de litros de leite no ano.

As vacas de raças leiteiras em lactação são sensíveis ao estresse térmico, situação em que ocorre uma redução na produtividade, atribuída ao menor consumo de alimentos, à hipofunção da tireóide e ao gasto de energia necessária para dissipação de calor corporal (BAËTA & SOUZA, 1997; PIRES & CAMPOS, 2004; BILBY et al. 2009). Adicionalmente, podem ser observadas reduções na reprodução, na gestação, na lactação e, conseqüentemente, na eficiência produtiva (GARCÍA-ISPIERTO et al., 2006; WEST et al., 2003).

As projeções do Quinto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), que apontam que a Terra sofrerá um aumento da temperatura média das superfícies até o ano 2100 de 0,9 a 1,7 °C nos cenários mais otimistas, e, de 2,6 a 4,8 °C no cenário mais pessimista (IPCC, 2013). Oliveira et al. (2018), demonstraram por meio da espacialização do índice de temperatura e umidade (ITU) que nos meses do verão o estresse calórico (ITU>74) atinge uma área superior a 70% do RS e que pode aumentar para 100%, se houver o acréscimo de até 3°C na temperatura do ar, conforme os prognósticos de mudança climática global

Assim, se comprovado os prognósticos de mudança climática os impactos na pecuária leiteira serão relevantes. De acordo com Sirohi & Michaelowa (2007), a mudança climática pode intensificar o estresse térmico em

decorrência de alterações no balanço de energia térmica entre o animal e o ambiente, o qual é influenciado pelos fatores ambientais (radiação, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) e mecanismos de termorregulação (condução, radiação, convecção e evaporação) e pode afetar a redução da disponibilidade e qualidade de plantas forrageiras e à diminuição da produção e aumento dos preços de grãos.

Paula et al. (2012), discutindo os impactos da mudança climática na produção animal, traz que serão necessários maiores investimentos no controle de temperatura nas instalações, principalmente para os monogástricos, que estiverem na zona tropical. Já, os animais em zonas temperadas, possivelmente, serão beneficiados com a temperatura ambiente se aproximando mais da zona de termoneutralidade.

Avaliando cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos Silva et al. (2010), verificaram que se as projeções mais pessimistas de acréscimo de temperatura forem confirmadas, as mudanças climáticas terão impactos expressivos nos animais mais com maiores níveis de produção diária, o que poderá limitar a produção leiteira a animais com baixos níveis de produção por serem menos sensíveis ao estresse calórico.

O conforto térmico pode ser avaliado por meio de índices de conforto térmico que integram dois ou mais elementos meteorológicos. Dentre eles destacam-se o ITU (THOM, 1959) e o índice de temperatura e umidade do globo (ITGU) (BUFFINGTON et al., 1981). O ITU é calculado a partir dos efeitos combinados da temperatura do ar (Tar) e da umidade relativa do ar (UR) e o ITGU integra os

efeitos combinados da temperatura de bulbo seco (Tbs), da UR, da radiação solar (Rs) e da movimentação do ar. Desse modo, nas condições do ambiente externo em que a radiação solar ou a movimentação do ar são altas, o ITGU é um indicador mais preciso do conforto em comparação ITU (BUFFINGTON et al., 1981). Todavia, diante da indisponibilidade de dados medidos de temperatura do globo e da facilidade de obtenção de dados de Tbs por meio da rede de observações de dados meteorológicos, como é o caso da rede do INMET no Brasil, o ITU tem sido o principal índice utilizado para prever o desconforto e conforto térmico dos animais em

determinadas condições ambientais (INGRAHAM et al., 1979; BUFFINGTON et al., 1982; GANTNER et al., 2011; HERBUT & ANGRECKA, 2012; HIGASHIYAMA et al., 2013).

Para Klosowski et al. (2002) e Oliveira et al. (2017a), a avaliação do conforto/desconforto térmico por meio do ITU para as regiões produtoras de leite constitui importante instrumento para auxiliar os produtores na escolha dos meios mais adequados de acondicionamento térmico. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira no Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos meses de verão (dezembro a março) para doze municípios da região Sul do Brasil, sendo quatro municípios de cada estado: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que

abrangem as principais regiões produtoras de leite desses estados. A descrição e localização dos municípios estudados estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Descrição e localização dos municípios da região Sul do Brasil estudados

Município	Estado	Coordenadas geográficas	Altitude	Mesorregião
Castro	Paraná	24° 47' 27" S 50° 00' 43" O	988 m	Centro Oriental
Guarapuava	Paraná	25° 23' 42" S 51° 27' 28" O	1120 m	Centro Sul
Irati	Paraná	25° 28' 01" S 50° 39' 03" O	812 m	Sudeste
Toledo	Paraná	24° 42' 50" S 53° 44' 34" O	550 m	Oeste
Campos Novos	Santa Catarina	27° 24' 07" S 51° 13' 30" O	946,7 m	Serrana
Chapecó	Santa Catarina	27° 06' 17" S 52° 36' 51" O	670 m	Oeste
Lages	Santa Catarina	27° 48' 57" S 50° 19' 33" O	916 m	Serrana
Xanxerê	Santa Catarina	26° 52' 37" S 52° 24' 14" O	800 m	Oeste
Cruz Alta	Rio Grande do Sul	28° 38' 19" S 53° 36' 23" O	452 m	Noroeste
Guaporé	Rio Grande do Sul	28° 50' 45" S 51° 53' 24" O	478 m	Noroeste
Iraí	Rio Grande do Sul	27° 11' 38" S 53° 15' 03" O	235 m	Noroeste
Lagoa Vermelha	Rio Grande do Sul	28° 12' 32" S 51° 31' 33" O	801 m	Noroeste

Os dados meteorológicos médios mensais de temperatura máxima do ar (Tmax) e de umidade relativa mínima do ar (URmin), utilizados para o cálculo do ITU na Tmax, foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), referentes ao período de 1961 a 1990 (última Normal Climatológica disponível), valores estes considerados como “cenário atual”.

Utilizou-se a Tmax e a URmin, porque a temperatura e a umidade relativa do ar apresentam um curso inverso, devido ao fato de que o ar mais quente tem maior capacidade de reter umidade. Assim, quando a temperatura do ar é máxima a umidade relativa do ar é mínima e vice-versa.

Para a criação dos cenários de mudanças climáticas, foram acrescentados

0,5°, 1,5° e 3° C na Tmax e na temperatura mínima do ar (Tmin). A partir desses novos valores de Tmax e de Tmin, estimou-se os valores de URmin (Equação 1). Para isso, a pressão de vapor de saturação de vapor (e_s) foi calculada na Tmax e a pressão real de vapor (e_a), foi

$$UR \text{ min cenários} = \frac{e_a}{e_s} \quad (1)$$

Onde:

e_a = pressão real de vapor de saturação - considerada Tmin como temperatura de ponto de orvalho (Equação 2);

e_s = pressão de vapor de saturação na temperatura máxima do ar.

O ITU foi calculado para quatro cenários: ITU atual (dados na normal

estimada considerando a Tmin como a temperatura de ponto de orvalho. Não foi considerado nesse estudo os impactos da alteração das precipitações pluviométricas em função das mudanças climáticas e seus efeitos na URmin.

climatológica); ITU + 0,5°C (dados na normal climatológica + 0,5°C); ITU + 1,5°C (dados na normal climatológica + 1,5°C) e ITU + 3,0°C (dados na normal climatológica + 3,0°C), conforme demonstrado na Equação 2, proposta por Buffington et al. (1982):

$$ITU = \frac{0,8 Tmax + URmin (Tmax - 14,3) + 46,3}{100} \quad (2)$$

Onde:

ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional;

Tmax = temperatura máxima do ar média do mês, °C;

URmin = umidade relativa mínima do ar média do mês, %.

Os valores obtidos de ITU foram comparados com as condições ideais de conforto, sendo menor ou igual a 70

considerado normal; de 70 a 72 estados de alerta (índice crítico para a produção de leite); 72 a 78 estado crítico na qual há redução na produção de leite; 78 a 82 nível de perigo; acima de 82 estado de emergência, conforme descreve Silva Junior (2001).

A estimativa no declínio da produção de leite, foi calculada pela Equação 3, proposta por Hahn (1993):

$$DPL = -1,075 - 1,736(NP) + 0,02474 (NP) \times (ITU) \quad (3)$$

Onde:

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

NP = nível normal de produção de leite em condições de conforto térmico, em que se utilizou: 10, 15 e 20 kg vaca⁻¹ dia⁻¹;

ITU = o índice de temperatura e umidade, adimensional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 estão apresentados os valores de Tmax e URmin, médios

mensais, obtidos da normal climatológica para os municípios estudados.

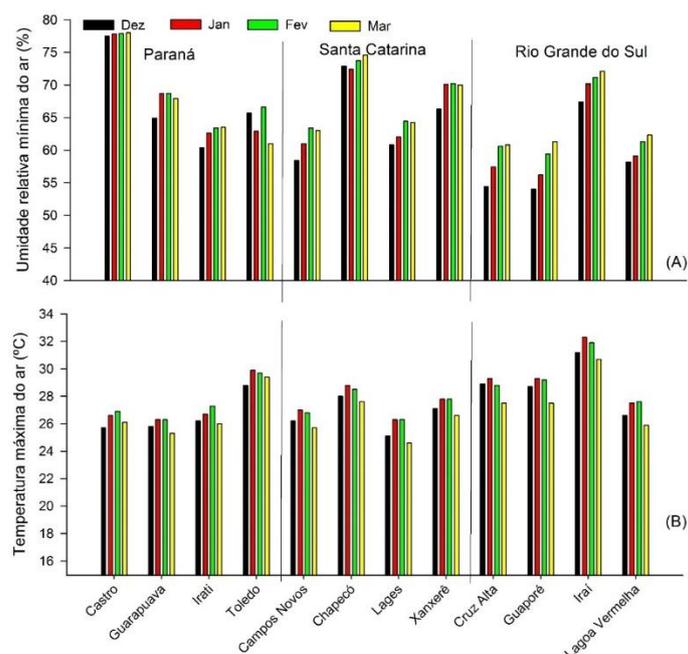


Figura 1. Valores de umidade relativa mínima do ar (A) e de temperatura máxima do ar (B), médios mensais, obtidos da normal climatológica para diferentes municípios da região Sul do Brasil.

A amplitude da URmin foi entre 54 e 78%. Os menores valores foram observados no município de Guaporé - RS e aos valores mais elevados no município de Castro - PR. A URmin no período de verão é em média de 62% para os municípios do RS, de 67 % para os municípios de SC e de 68 % para os municípios do PR.

A Tmax é mais alta nos municípios do RS, sendo a média para o período de verão de 29°C, chegando até 32°C no município de Iraí. Para os municípios de PR e SC a Tmax média é de 27°C, não ultrapassando os 30°C.

Segundo Martello (2004), para o período de lactação, os limites ideais de temperatura ficam em torno de 4 a 24°C. De acordo com Broucek (2009), a temperatura máxima crítica para vacas

leiteiras fica entre 24-27 °C. Assim, a Tmax verificada está próxima ou acima dos valores considerados críticos para o conforto térmico das vacas leiteiras em todos os municípios avaliados, sobretudo, os do RS. Adicionalmente, a elevada umidade relativa do ar observada (acima de 60%) é prejudicial ao animal no tocante à perda de calor para o ambiente, especificamente nos mecanismos não evaporativos (condução, convecção e irradiação) que se tornam ineficientes (PEREIRA, 2005; SILVA, 2000).

O efeito combinado dessas duas variáveis meteorológicas no conforto térmico das vacas leiteiras pode ser observado na Figura 2 que apresenta o ITU na situação atual e nos diferentes cenários de mudanças climáticas avaliados.

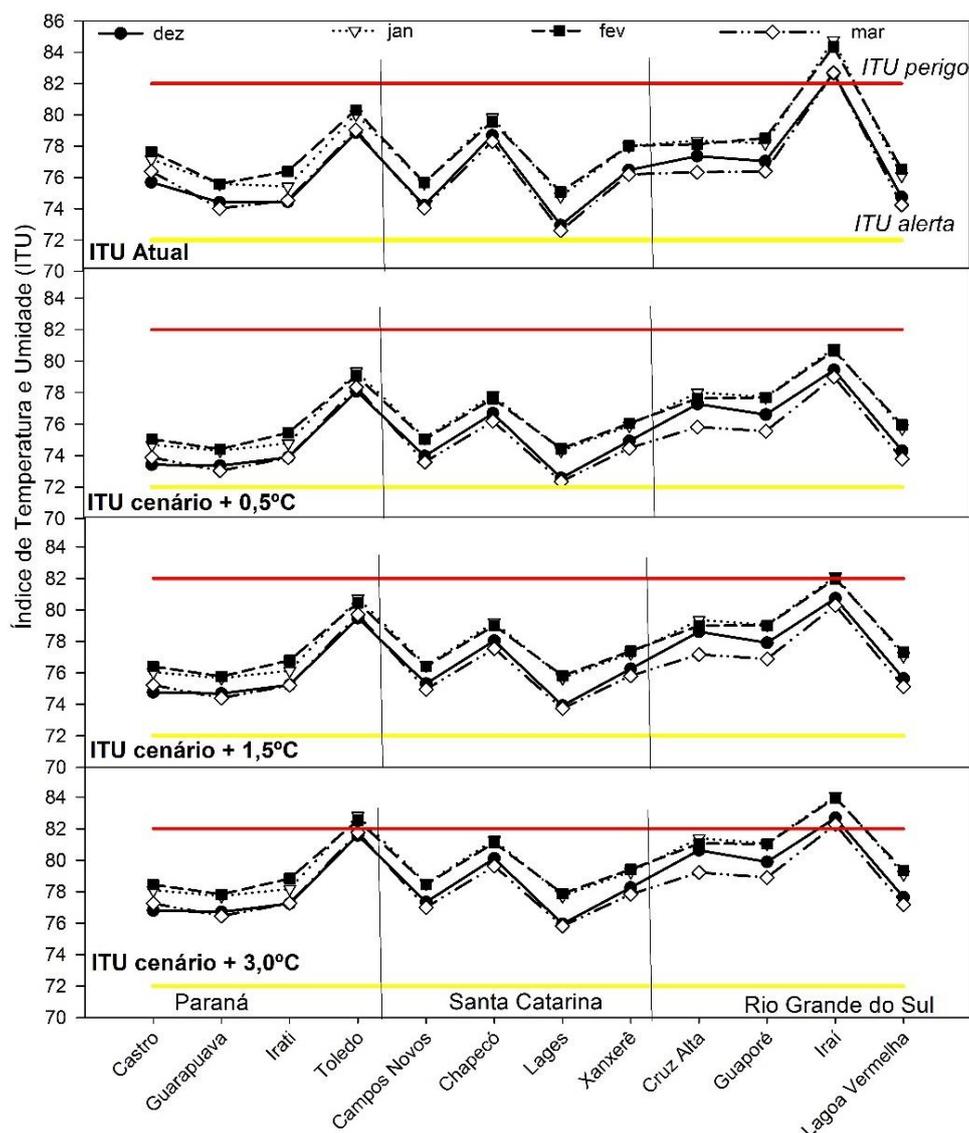


Figura 2. Resultado do índice de Temperatura e Umidade na região Sul do Brasil para as condições climáticas atuais e para diferentes cenários de mudanças climáticas.

Na situação climática atual, o ITU é superior a 72, considerado como alerta para o conforto térmico das vacas leiteiras, em todos os municípios avaliados e em todo o período (dezembro a março). Segundo Higashiyama et al. (2013), vacas Holandesas submetidas a ITU superior a 72 apresentam estresse calórico, verificado em seu estudo por meio do cortisol urinário. Gantner et al. (2011), em estudo realizado na Croácia, verificou-se que o ITU superior a 72 influenciou ($P < 0,01$) sobre o conteúdo diário de gordura e proteínas do leite, em todas as regiões analisadas.

Nos meses de janeiro e fevereiro o ITU é superior a 80 nos municípios de

Toledo – PR, Chapecó – SC e Iraí – RS. No município de Iraí -RS o ITU é de até 84, considerado como um valor extremo para o conforto térmico das vacas leiteiras. Campos et al. (2002) relata que, em valores de ITU de 75 ou mais, a produção de leite e a ingestão de alimentos são seriamente prejudicados. Porcionato et al. (2009), verificaram que quando o valor de ITU aumentou de 68 para 78, a produção de leite decresceu em 21% e a ingestão de matéria seca em 9,6%. De acordo com Guimarães et al. (2001), animais sob estresse calórico reduzem a ingestão de matéria seca voluntária em aproximadamente 25% na tentativa de minimizar a produção de calor.

Os resultados do ITU demonstram que nas condições climáticas atuais existe para a região Sul do Brasil períodos nos meses de verão com elevado estresse calórico para as vacas leiteiras. Oliveira et al. (2017b), realizaram o zoneamento bioclimático do estado do Rio Grande do Sul e identificaram condições ambientais muito quentes a extremamente quentes, no período primavera/verão, com maior severidade nas regiões de menor altitude, podendo trazer consequências graves à saúde do trabalhador rural e condição de perigo para os animais.

Verifica-se no cenário “+ 0,5°C” uma redução nos valores de ITU em comparação aos valores atuais, devido a redução da URmin que compensa o aumento da Tmax de 0,5°C. No cenário “+1,5°C” o ITU fica na faixa de desconforto térmico (entre 74 e 82) muito próximo ao que é hoje, mas não é agravado pela possível mudança climática. Já, no cenário “+3,0°C”, a redução da URmin não é suficiente para compensar o aumento da Tmax e o ITU chega a valores extremos (>82) nos três estados.

O acréscimo da temperatura do ar nos cenários de mudanças climáticas implica em uma diminuição na URmin do ar de 64 para 51% (média do período e dos municípios). Os valores de URmin estimados são muito parecidos para ambos os cenários de mudanças climáticas avaliados (média de 51%), pois no cálculo da e_s o acréscimo da Tmax é exponencial e não linear. No caso Silva et al. (2007), o modelo gerado para a estimativa da umidade relativa nos cenários de mudança climática resultou que o aumento da temperatura do ar implicou em reduções equivalentes nos valores de umidade relativa do ar (sem considerar variações nos valores de precipitação). As incertezas sobre as alterações nos valores de umidade relativa do ar dificultam a avaliação dos impactos das mudanças climáticas nos índices relacionados ao conforto térmico animal (SILVA et al., 2010).

Com um possível incremento da Tmax de 3°C o ITU aumentará em média

de 2,6% agravando a situação de estresse calórico para as vacas leiteiras em toda a região Sul. Silva et al. (2010), estudando cenários de mudanças climáticas com acréscimo de 1,8 e 4°C na temperatura média do ar observaram por meio do ITU, que o estresse térmico será intensificado nos estados nordestinos avaliados, tanto nos meses mais quentes como nos mais frios.

O impacto desses resultados na produção de leite pode ser observado na Figura 3, em que está apresentado o declínio na produção em leite em função do ITU para os diferentes cenários de mudanças climáticas, em diferentes níveis de produção (10, 15 e 20 kg dia⁻¹), na região Sul do Brasil.

Locais com maiores valores de ITU apresentam maior declínio na produção de leite, que é diretamente proporcional ao nível de produção das vacas. O declínio de produção máximo observado de 6,20 kg dia⁻¹ foi observado no município de Iraí-RS para um nível de produção diário de 20 kg dia⁻¹, no mês de janeiro. Oliveira et al. (2017a), avaliando o zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado do Rio Grande do Sul por meio do ITU (como valores de umidade relativa e de temperatura médios) verificaram um déficit de produção de leite de até 4,20 kg dia⁻¹ para níveis de produção de 20 a 30 kg dia⁻¹.

Turco et al. (2006), no estado da Bahia observaram perdas de produção de até 4,5 kg dia⁻¹ para vacas com nível de produção de 25 kg dia⁻¹. Campos et al. (2001), em trabalho realizado para a região de Goiânia - GO, obtiveram resultados aproximados de redução na produção de leite, de 6,0 e 6,8 kg dia⁻¹, para os meses de dezembro e março, respectivamente, considerando-se um nível de produção normal de 30 kg dia⁻¹.

O cenário de mudanças climáticas com acréscimo de 0,5°C na Tmax é benéfico para a produção de leite em função da redução do ITU (Figura 2), ocasionando uma redução média no

declínio da produção do leite de 40% em comparação a situação atual.

No cenário com acréscimo de 1,5°C na Tmax, o declínio na produção de leite é em média de 0,7, 1,5 e 2,4 kg dia⁻¹ para os níveis de produção de 10, 15 e 20 kg dia⁻¹, respectivamente, muito parecido com o declínio que existe na situação climática atual de 0,7, 1,1 e 2,4 kg dia⁻¹. Turco et al. (2006), observaram regiões com perdas de até 1 kg dia⁻¹ para vacas com nível de produção de 10 kg e regiões com perdas de produção de até 4,5 kg dia⁻¹ para vacas com nível de produção de 25 kg.

No cenário com incremento de 3°C na Tmax o declínio na produção de leite é em média de 1,2, 2,3 e 3,4 Kg dia⁻¹ para os níveis de produção de 10, 15 e 20 kg dia⁻¹, respectivamente. Representando um declínio na produção de leite maior do que ocorre na situação climática atual (aproximadamente 70%). Em cenário pessimista de mudança climática (acréscimo de 4°C na temperatura média), Silva et al. (2010) observaram um declínio na produção de leite 7,0 kg animal⁻¹ dia⁻¹ para vacas com nível de produção de 30 kg animal⁻¹ dia⁻¹ durante o período dos meses mais quentes em estados do nordeste.

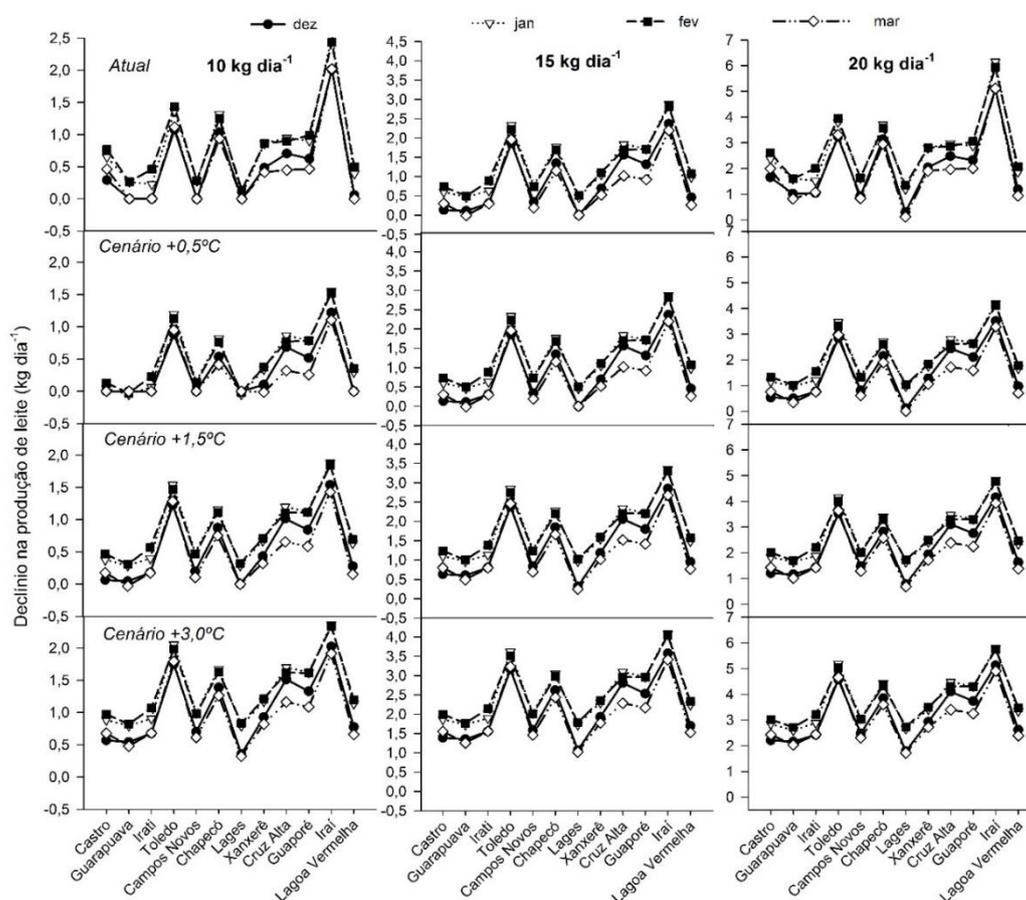


Figura 3. Declínio na produção em leite em função do Índice de Temperatura e Umidade para as condições climáticas atuais e para diferentes cenários de mudanças climáticas em três níveis de produção (10, 15 e 20 kg dia⁻¹) na região Sul do Brasil.

Os resultados desse trabalho podem ser utilizados como indicativo para a adoção de medidas de acondicionamento térmico ambiental que propiciem um melhor conforto térmico das vacas leiteiras na região Sul do Brasil e minimizem as

perdas de produção em função dos efeitos do estresse calórico.

Nesse caso, para a criação dos animais a pasto, a disponibilização de sombras naturais e/ou artificiais são indispensáveis. De acordo com Pastal et al.

(2015), o fornecimento de sombra é considerado um método muito eficaz para garantir conforto térmico das vacas leiteiras criadas a pasto.

Para o caso de animais confinados, algumas medidas construtivas são recomendadas, tais como: utilização de materiais isolantes para a cobertura,

CONCLUSÕES

Nos meses de verão o estresse calórico atinge a região Sul do Brasil com valores de ITU (>72) elevados para a produção das vacas leiteiras em todos os municípios avaliados e atinge valores extremos (ITU=84) no estado do Rio Grande do Sul.

O estresse calórico atual é amenizado no cenário de mudanças climáticas com acréscimo de 0,5°C na Tmax; mantêm-se no cenário de acréscimo de 1,5°C na Tmax

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.Ed. Viçosa: EDUFV, 2010, 269p.

BILBY, T. R.; TATCHER, W. W.; HANSEN, P. J. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico, 2009. **Anais..** Uberlândia, MG, 2009.

BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v.15, p.201-208, 2009.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as

instalações mais abertas, orientação correta, pé-direito mais elevado, privilegiando a ventilação natural e, se insuficientes, técnicas artificiais para resfriamento (ventilação, nebulização e exaustão) devem ser utilizadas (BAÊTA & SOUZA, 2010).

e se agrava no cenário de acréscimo de 3,0°C na Tmax, em que o declínio na produção de leite é em média 70% maior que na situação climática atual.

Os resultados do ITU demonstraram que existe para a região Sul do Brasil períodos nos meses de verão com elevado estresse calórico para as vacas leiteiras e que com a confirmação das mudanças climáticas esse estresse poderá ser agravado.

comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, 16p. (PAPER 82-4061), 1982.

CAMPOS, A. T. DE; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, D. S. Prognóstico de declínio na produção de leite em função do clima para a região de Goiânia, GO. **Anais...** Piracicaba, SP, 2001.

CAMPOS, A.T.; PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T.; STOCK, L.A.; CAMPOS, D.S.; RESENDE, J.C.; XAVIER, D.F. Efeito do estresse calórico sobre a produção de leite de vacas Holandesas na Região de Coronel Pacheco - MG. In: **Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 30., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade

Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção de leite (Cerrado)**. Embrapa Gado de Leite. 2016. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/importancia.html>> . Acesso em: 22 fev 2018.

GANTNER, V.; MIJIĆ, P.; KUTEROVAC, K.; SOLIĆ, D.; GANTNER, R. Temperaturehumidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. **Mljekarstvo**, v.61, n.1, pg. 56-63, 2011.

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.

GUIMARÃES, C.M.C.; FALCO, J.E.; TITTO, E.A.L.; FRANZOLIN NETO, R.; MUNIZ, J.A. Termorregulação em bubalinos submetidos a duas temperaturas de ar e duas proporções de volumoso: concentrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.437-443, 2001.

HAHN, G.L. Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados. Jaboticabal: **FUNEP**, 1993. 28 p

HERBUT, P; ANGRECKA S. Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. **Animal Science Papers and Reports**, n.30, p.363-372, 2012.

HIGASHIYAMA, H.; IKEDA, K.; KOMATSU, T.; FUKASAWA, M. Welfare of lactating Holstein cows under outdoor grazing and indoor housing in relation to temperature and humidity in summer in Japan. *Livestock Science*. p 86-91, v 155, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária**. 2016. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2016/abate-leite-couro-ovos_201604caderno.pdf>. Acesso em: 22 fev 2018.

INGRAHAM, R.H.; STANLEY, R.W.; WAGNER, W.C. Seasonal effects of tropical climate on shaded and non-shaded cows as measured by rectal temperature, adrenal cortex hormones, thyroid hormone, and milk production. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.40, p.1792-7, 1979.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2013) Summary for Policymakers. In: Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Stocker TF, D Qin, GK Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex, P M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

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**, v.10, n.2, p.283-288, 2002.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; LUZ, S.; et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.1, p.181-191, 2004.

OLIVEIRA Z. B; BOTTEGA, E.L; SILVA, C. M; SOUZA, I.J; LINK. T.T. Variabilidade espacial do índice de temperatura e umidade em cenários de

mudança climática no RS. In: 4º Congresso sul-americano de agricultura de precisão e máquinas precisas, 2017. E-book. livro digital trabalhos completos do IV congresso sul americano de agricultura de precisão e máquinas precisas, 1 ed, 460 p, 2018. Disponível em:

<file:///Z:/UFSM/Pesquisa/AP%20sul%20a m%C3%A9rica/Ebook%20Trabalhos%20Completos.pdf>

OLIVEIRA, Z. B; BOTTEGA, E.L; KNIES, A.E; OLIVEIRA, M.B; SOUZA, I.J. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado do Rio Grande do Sul. **Energia na Agricultura**. v. 32, n. 3, 2017a.

OLIVEIRA, Z. B; BOTTEGA, E.L; SILVA, C. M; RODRIGUES, L.R; KNIES, A.E. Zoneamento bioclimático do estado do Rio Grande do Sul para o conforto térmico de animais e do trabalhador rural. **Ambiência**, v. 13, n. 2, 2017b.

PASTAL, D.; CRISTO, A. B.; FUJISAWA, F. M.; MAIER, G. S.; GUIRRO, E. C. B. P.; Papel do sombreamento no conforto térmico de vacas leiteiras criadas a pasto – Revisão de literatura. **Veterinária em Foco**. v.12, n.2, p. 92-100, 2015.

PAULA, E.J.H. et al. Mudanças climáticas e impacto na produção animal. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, V. 6, N. 30, Ed. 217, Art. 1445, 2012.

PEREIRA, C.C.J., 2005. Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal. Belo Horizonte: FEPMVZ.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**, EMBRAPA, Juiz de Fora, MG, p. 1-6. Dez 2004. (Comunicado técnico, 42).

PORCIONATTO, M.A.F.; FERNANDES, A.M.; NETTO, A.S.; SANTOS, M.V. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.7, n.4, p.483-490, 2009.

SILVA JÚNIOR, J. L. C. **Zoneamento da região sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade, para o gado leiteiro**. Universidade Federal de Viçosa. Tese. Programa de Pós – Graduação Meteorologia Agrícola. 73p. 2001.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

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, 2007.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; SOUZA, L. S. B. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.8, p.863-870, 2010.

SIROHI, S.; MICHAELAWA, A. Sufferer and cause: Indian livestock and climate change. **Climatic Change**, v.100, p.120-134, 2007.

THOM, E.C. The discomfort index. **Watherwise**, Boston, v.12, n.1, 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.; JÚNIOR, 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.

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.