

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA

**JOÃO PAULO ALVES LOPES**

**BIOCLIMATOLOGIA DA BOVINOCULTURA LEITEIRA EM CENÁRIOS  
DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DO MARANHÃO**

SÃO LUÍS

2020

**JOÃO PAULO ALVES LOPES**

**BIOCLIMATOLOGIA DA BOVINOCULTURA LEITEIRA EM CENÁRIOS  
DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DO MARANHÃO**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão.

Orientador: Prof. Ronaldo Haroldo N. de Menezes

SÃO LUÍS

2020

Lopes, João Paulo Alves.

Bioclimatologia da bovinocultura leiteira em cenário de mudanças climáticas no estado do Maranhão / João Paulo Alves Lopes. – São Luís, 2020.

38 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Haroldo N. de Menezes.

**Elaborado por Giselle Frazão Tavares - CRB 13/665**

**JOÃO PAULO ALVES LOPES**

**BIOCLIMATOLOGIA DA BOVINOCULTURA LEITEIRA EM CENÁRIOS  
DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DO MARANHÃO**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Aprovado em: 03/12/2020

BANCA EXAMINADORA



---

**Prof. Dr. Ronaldo Haroldo N. de Menezes (Orientador)**



**Prof. Dr. Clebson Santos Cândido (1ª examinador)**



**Prof. M.e Carlos Wendell Soares Dias (2ª examinador)**

Dedico aos meus pais, Antônio C. Lopes e Maria Sonia A. Lopes, pelo amor, dedicação, ensinamentos, pelo apoio em todos os momentos da minha vida e por me fazer acreditar que tudo é possível.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades;

Aos meus pais, Antônio C. Lopes e Maria Sonia A. Lopes, pelo amor, incentivo e apoio. Que não pouparam esforços para que esse sonho fosse realizado.

A minha querida irmã, Janaína A. Lopes por me apoiar, pelo companheirismo, conselhos;

Ao meu orientador, Dr. Ronaldo Haroldo N. de Menezes, pelo suporte e incentivo. Por ter dedicado uma parte de seu tempo à orientação deste trabalho;

Aos meus professores de graduação que marcaram essa longa caminhada de formação, Ronaldo Menezes, Ana Maria Araújo e Josiane Guislem;

Ao PIBIC-UEMA pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meus amigos (as) Aldineide Batista, Cleude Mayara, Jéssica Bruna e Mábio de Pádua pelo apoio, como também, na realização do trabalho;

A todos que estiveram presentes em minha trajetória acadêmica, em especial a turma 2016.1, pelo companheirismo, por terem sido uma grande família durante todo esse tempo;

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a realização desse sonho;

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

*“Se você pode sonhar, você pode realizar.”*

Walt Disney

## RESUMO

A produção animal pode tanto provocar como sofrer influências das mudanças climáticas, tais mudanças são percebidas como uma grande ameaça para a sobrevivência de muitas espécies. Dessa forma, as mudanças climáticas devem ser estudadas e para isso, é necessário que variáveis climáticas sejam avaliadas, como: temperatura, umidade relativa do ar. A determinação desses valores tem o objetivo de caracterizar o ambiente e possivelmente indicar quais os reflexos nos parâmetros fisiológicos, metabólicos e produtivos dos animais, buscando uma ferramenta que auxilie nas tomadas de decisões no manejo. O objetivo deste trabalho é determinar os níveis de stress dos ambientes para a criação de animais homeotérmicos no estado do Maranhão considerando cenários de mudanças climáticas. Para avaliação dos cenários climáticos futuro foram utilizados dados das projeções de temperatura do ar dos próximos 30 anos, de 2020 a 2049, obtidos do modelo Eta-HadGEM2 ES aplicado pelo CPTEC/INPE que consistiram em dois cenários de emissão, um intermediário, RCP 4.5 e outro pessimista, o RCP 8.5. Com esses dados determinou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Declínio de Produção de Leite (DPL) e Redução do Consumo Alimentar (RCA). As projeções de mudanças climáticas futuras pelo Eta-HadGEM2 ES mostraram as possíveis variações nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 para o estado do Maranhão, bem como valores de ITU indicam condições de desconforto térmico para as três regiões com maior rebanho bovino: R5 – Médio Mearim, R7 – Imperatriz, R2 – Baixada.

**Palavras-chave:** Cenários; clima; ITU.



## ABSTRACT

Animal production can both cause and suffer influences from climate change, such changes are perceived as a major threat to the survival of many species. Thus, climate change must be studied and for that, it is necessary that climatic variables be evaluated, such as: temperature, relative humidity. The determination of these values has the objective of characterizing the environment and possibly indicating which are the reflexes in the physiological, metabolic and productive parameters of the animals, looking for a tool that helps in the management decision making. The objective of this work is to determine the stress levels of the environments for the creation of homeothermal animals in the state of Maranhão considering scenarios of climate change. To assess future climate scenarios, data from air temperature projections for the next 30 years, from 2020 to 2049, obtained from the Eta-HadGEM2 ES model applied by CPTEC / INPE, were used, which consisted of two emission scenarios, one intermediate, RCP 4.5 and another pessimist, RCP 8.5. With these data, the Temperature and Humidity Index (ITU), Decline of Milk Production (DPL) and Reduction of Food Consumption (RCA) were determined. Projections of future climate change by Eta-HadGEM2 ES showed the possible variations in the scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 to the state of Maranhão for the three regions with the largest cattle herd: R5 – Médio Mearim, R7 – Imperatriz, R2 – Baixada.

**Key words:** Scenarios; climate; ITU.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Declínio da produção de leite - DPL e Redução do Consumo Alimentar - RCA para a Região R5 - Médio Mearim no Estado do Maranhão. .... 26

**Tabela 2** - Declínio da Produção de leite - DPL e Redução do Consumo Alimentar - RCA para a região R7 - Imperatriz no Estado do Maranhão..... 29

**Tabela 3** - Declínio da produção de leite - DPL e Redução do Consumo Alimentar - RCA para a região R2 na Baixada Maranhense..... 32

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização estada do Maranhão e suas regiões homogêneas de precipitação.... 18
- Figura 2** - Rebanho bovino por região homogênea de precipitação. .... 20

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Mudanças Climáticas e o Aquecimento Global .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Conforto Térmico .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. Índice de Temperatura e Umidade.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Métodos para controlar o estresse térmico .....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Local de pesquisa .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Regiões de estudo .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Dados utilizados .....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Dados observados .....	21
3.3.2 Dados de cenários de mudanças climáticas.....	21
<b>3.4. Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>22</b>
3.4.1 Cenários Climáticos .....	22
3.4.2 Conforto Animal .....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Região homogênea de precipitação R5 – Alto Mearim .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Região homogênea de precipitação R7 – Imperatriz.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 Região homogênea de precipitação R2 – Baixada .....</b>	<b>30</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, bem como suas consequências, já são uma realidade que afeta diretamente a vida das pessoas, além de impactar o equilíbrio dos recursos naturais e as atividades econômicas. Considerando que esse é um dos problemas mais relevantes da atualidade, o assunto vem ocupando cada vez mais espaço nas inquietações da sociedade (CGEE, 2010).

O aquecimento global é motivo de preocupação, estima-se que, se a taxa atual de aumento de gases de efeito estufa continuar pelo próximo século no planeta, as temperaturas médias globais subirão 0,3°C por década, com uma incerteza de 0,2°C a 0,6°C por década, indicando que é bastante provável que se verifique um aumento de 2° a 6°C na temperatura média do ar até o ano de 2100 (LIMA, 2002).

Segundo o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) as mudanças nas temperaturas globais estão sendo ocasionadas por atividades humanas e os combustíveis fósseis continuam sendo os grandes responsáveis por estas alterações. O referido relatório aponta ainda que para manter o aumento médio da temperatura abaixo de 2°C até o ano de 2100 serão necessárias grandes mudanças na matriz energética dos países com reduções significativas nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) nas próximas décadas (IPCC 2014). Dessa maneira, as mudanças climáticas globais representam um desafio sem precedentes para a humanidade.

Quando se fala em produção agropecuária, a produção animal pode tanto provocar como sofrer influências das mudanças climáticas, tais mudanças são percebidas como uma grande ameaça para a sobrevivência de muitas espécies. Dessa forma, as mudanças climáticas devem ser estudadas e para isso, é necessário que variáveis climáticas sejam avaliadas, como: temperatura, umidade relativa do ar, chuvas, velocidade do vento, radiação solar.

A determinação desses valores tem o objetivo de caracterizar o ambiente e possivelmente indicar quais os reflexos nos parâmetros fisiológicos, metabólicos e produtivos dos animais, buscando uma ferramenta que auxilie nas tomadas de decisões no manejo. O componente do clima de maior importância para a produção animal é a temperatura porque exerce ação acentuada sobre as duas classes que encerram maior número de espécies domésticas, mamíferos e aves. Os animais dessas classes são homeotérmicos, isto é, possuem a capacidade de manter constante sua temperatura corporal interna, mesmo quando a temperatura do ambiente varia. Sendo assim, os animais são capazes de adaptar suas funções fisiológicas e metabólicas ao ambiente em que estão inseridos (RODRIGUES, 2005).

O ambiente onde o animal está inserido exerce grande influência sobre a capacidade homeotérmica do mesmo, o Brasil apresenta elevada instabilidade aos possíveis efeitos das mudanças climáticas, principalmente quando se considera as projeções atuais de mudança no clima global (SOLOMON et al., 2007). Uma avaliação da variabilidade climática, ao longo do tempo no Brasil, mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como a temperatura e a precipitação (PINTO et al., 2003).

O Nordeste do Brasil é uma região cujo clima predominante é semiárido, que apresenta variações temporais e espaciais da precipitação pluvial, e elevadas temperaturas ao longo do ano (NÓBREGA et al., 2014). A grande extensão territorial do Maranhão e sua localização geográfica estão situadas em uma área de transição entre as regiões amazônica (úmida) e nordeste (semiárida) o que favorece grandes contrastes, essas condições ambientais existentes causam problemas na criação de animais, em geral, devido ao fato de apresentarem médias altas de temperatura durante o ano, causando o chamado stress térmico.

De acordo com Randall (2010) o estresse se refere às consequências que ocorrem quando os organismos deixam de responder adequadamente às ameaças, o que pode levar ao comprometimento das funções imunológicas, ganho de peso e desenvolvimento prejudicado. Tornando-se assim, compreender as interações bioquímicas que constituem a resposta ao estresse. Ou seja, ele é obrigado a reduzir o consumo de alimentos e sua produção necessariamente declina (BOND, 1954). Dessa maneira, o animal vem a perder produtividade.

Portanto, o conhecimento da interação entre os animais e o ambiente é fundamental para a análise crítica, e consequentes decisões quanto às estratégias de manejo a serem adotadas para maximizar as respostas produtivas do animal. A temperatura é um dos componentes ambientais que exerce influência sobre o bem-estar animal, sendo um fator regulador ou mesmo limitador da exploração animal para fins econômicos. O estresse térmico, dentro da cadeia produtiva, é um dos grandes fatores que influenciam negativamente na sanidade, reprodução e produção dos animais, o que justifica a proposta deste trabalho. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é determinar os níveis de estresse dos ambientes para a criação de animais homeotérmicos para as três regiões de maior produção bovina no estado do Maranhão considerando cenários de mudanças climáticas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Mudanças Climáticas e o Aquecimento Global

O tema do aquecimento global tem tomado espaço na literatura econômica, devido à preocupação de suas consequências sobre a economia, em especial sobre a atividade agropecuária. A origem mais possível deste fenômeno está na concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (DOMINGUEZ, MAGALHÃES e RUIZ, 2008). Os principais GEE são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), ozônio troposférico (O<sub>3</sub>) e clorofluorcarbonos (CFCs). Com isso, as concentrações desses gases na atmosfera estão aumentando consideravelmente, levantando preocupações de que essa tendência possa suceder em significativos impactos ambientais globais com inúmeras consequências negativas. Ainda não há uma conclusão sobre a magnitude dos impactos que o aumento da concentração atmosférica dos GEE pode causar, e muitos dos fenômenos atribuídos a esse aumento podem ser explicados por oscilações naturais na órbita terrestre que influenciam a quantidade de radiação solar que atinge o planeta (OLIVEIRA, 2014).

O “efeito estufa” pode acontecer por causas naturais quanto por causas antrópicas. As causas naturais não trazem tantas preocupações, uma vez que são importantes para garantir que a temperatura da terra se mantenha numa média de 15°C. No estudo de Collins et al. (2016) os autores também relatam que as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico permaneceram praticamente estáveis por quase 10 mil anos, antes do crescimento acelerado dos últimos 200 anos e afirmam veemente que a causa das mudanças climáticas é a atividade humana, assim como o relatório do IPCC de 2001 que concluiu que é provável que a maior parte do aquecimento global desde a metade do século XX é atribuída à atividade humana, a partir da revolução industrial, com o carvão, petróleo e queimadas das florestas.

Em anos com anomalia climática, como eventos de secas severas na Amazônia, incêndios florestais podem contribuir com 25% das emissões de carbono (ARAGÃO et al., 2014). Além disso, em anos mais secos, queimadas associadas ao desmatamento, manejo de pastagens e agricultura, podem ser propagadas para a borda das florestas, resultando em degradação e perda de biomassa (ARAGÃO et al., 2007). Dessa forma com o aumento do efeito estufa estudiosos têm alertado sobre seus reflexos nas mudanças climáticas, tais como distribuição irregular das chuvas, aumento ou diminuição de temperaturas da atmosfera entre outros. De um modo geral, o Brasil possui uma significativa heterogeneidade climática, e os aumentos previstos de temperatura para o país (1 a 6°C, dependendo do cenário de emissões) causariam aumento de evaporação à superfície, provocando alterações nos balanços hídricos da vegetação natural e de culturas agrícolas.

## 2.2. Conforto Térmico

À medida que aumenta a umidade relativa e a temperatura ambiente altera a vulnerabilidade dos bovinos ao estresse calórico, pois ultrapassam a zona de conforto térmico e quando isso ocorre à dissipação de calor é dificultada, aumentando então a temperatura corporal e causando um efeito negativo sobre o desempenho produtivo dos animais (SILVA et al., 2012). A capacidade desses animais de controlar a sua temperatura interna corporal é relacionada ao equilíbrio que se dá entre o calor que o metabolismo produz e a perda ou ganho de calor para o ambiente. Sendo assim, os animais são capazes de adaptar suas funções fisiológicas e metabólicas ao ambiente em que estão inseridos (RODRIGUES, 2005).

Os animais homeotérmicos possuem mecanismos metabólicos (ex: maior ou menor ingestão de alimentos), fisiológicos (ex: vasoconstrição ou vasodilatação) e comportamentais (ex: aglomeração ou dispersão dos animais) para produzirem ou perderem calor para o meio, mantendo assim sua temperatura corporal interna constante (BRIDI, 2008). A produção ou a perda de calor para o meio irão depender de fatores ambientais, tais como: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, a presença ou ausência de abrigos para os animais.

## 2.3. Índice de Temperatura e Umidade

O índice de temperatura e umidade (ITU), conhecido também por *Temperature Humidity Index* (THI), foi desenvolvido por Thom (1959) com a finalidade de se medir o índice de conforto para humanos. Adiante, foi utilizado para descrever o conforto térmico para animais, desde que Johnson et al. (1962) observaram quedas significativas na produção de vacas leiteiras, associadas ao aumento no ITU.

Em sua forma mais conhecida, apresenta-se como:  $THI = Ta + 0,36Tpo + 41,2$ .

Onde,  $Ta$  é a temperatura do ar e  $Tpo$  é a temperatura de ponto de orvalho, ambos em graus celsius ( $^{\circ}C$ ). Esse índice tem sido usado para descrever o conforto térmico de animais. De acordo com Hahn (1985), um valor de THI igual a 70 ou menos indica condição normal, não estressante; um valor entre 71 e 78 é crítico; entre 79 e 83, indica perigo; acima de 83 já constitui uma emergência.

## 2.4 Métodos para controlar o estresse térmico

Os produtores estão cada vez mais atentos ao conforto dos animais, pois no Brasil o clima é predominantemente tropical, onde em grande parte do ano as temperaturas atingem a faixa de  $35^{\circ}C$  a  $38^{\circ}C$ , com isso, a preocupação com o conforto animal é crescente (TITTO,



1998). Nesse sentido Souza et al. (2010), afirmam que a temperatura é um dos fatores ambientais que irá interferir de forma significativa na produtividade, e a maior produtividade do animal só irá ocorrer quando o mesmo se encontrar em homeostasia. Segundo Martello et al. (2004), há vários indicativos que podem caracterizar o bem estar e o conforto do animal, que são determinados por meio de elementos climáticos.

Dessa maneira, o manejo e as condições ambientais em que os animais estariam submetidos ao estresse térmico melhorariam consideravelmente com a realização de inúmeras pesquisas. As estratégias fundamentais vão desde reduzir o ganho de calor, diminuindo a insolação e maximizar a perda de calor através da redução da temperatura do ar e do ambiente ou promover a maior perda evaporativa do calor diretamente pelos animais (BILBY et al., 2009). Algumas opções são utilizadas para se promover o conforto térmico animal, nas quais estão: o sombreamento, aspersão e ventilação e também o manejo nutricional (AZEVEDO e ALVES, 2009).

Em dias com altas temperaturas e forte radiação solar, as vacas pastejam mais no início da manhã, final da tarde e noite. Durante a parte mais quente do dia, os animais buscam abrigo na sombra ou entram na água para se refrescar. A melhor sombra é a das árvores que podem se encontrar isoladas ou em grupos para proteger as vacas da radiação solar, principalmente no verão (BARBOSA & DAMASCENO, 2002). Quando se trata das sombras produzidas pelas árvores, pode-se esperar que as sombras tragam conforto aos animais, desta forma, as árvores mais adequadas são as altas e largas, os cones elevados e os cones invertidos (ARAUJO, 2007). Quando o local for desprovido de árvores nativas é necessário que se faça o plantio de alguma espécie indicada para o local (AZEVEDO e ALVES, 2009).

O sombreamento artificial pode ser feito através da utilização de sombrites, que sejam fixos ou móveis, ou então com a construção de abrigos permanentes (BACCARI JÚNIOR, 1998). Sombrites móveis colocados nas pastagens são manejados de modo a não criar áreas de constante permanência dos animais, evitando a degradação do local (DHIMAN & ZAMAN, 2001).

É possível também de se fazer a associação da aspersão de água com a utilização de ventiladores nos piquetes, pois dessa maneira ocorrerá a renovação do ar eliminando o calor que os animais produzem (NÄÄS e ACARO JUNIOR, 2001). A redução no calor depende da troca de calor através de convecção, condução, radiação e evaporação, e o melhor sistema de resfriamento depende de cada local (THATCHER, 2010). O uso de instalações vai reduzir o calor melhorando a produtividade. Em um ambiente com umidade relativa de até 70%, a melhor forma de resfriar o local é utilizando água, pois a água possui alta capacidade

calorífica e alto calor latente de vaporização. Outro sistema que pode ser usado para controlar a temperatura do ambiente da vaca é aumentar a taxa de ventilação removendo o calor gerado pelo animal por convecção (NÄÄS & ACARO JR., 2001).

Quando os animais estão sob estresse térmico, eles reduzem a ingestão de alimentos na tentativa de reduzir o calor corporal. Este problema deve ser superado por meio de um manejo nutricional adequado, pois quando o animal está em altas temperaturas a dieta fornecida deve ter uma proporção maior de nutrição. Essa dieta deve possuir um teor de energia maior, a fibra deve ser de alta fermentação, a proteína deve ter menor degradabilidade e deve ter também nutrientes protegidos (AZEVEDO e ALVES, 2009). Para diminuir os efeitos do estresse térmico sobre as vacas de leite, devem ser adotadas algumas estratégias de manejo nutricional, como aumentar a frequência de alimentação, fornecer sempre alimentos frescos, oferecer maior parte da dieta no período da noite aproveitando a temperatura ambiente mais baixa, não formar lotes com excesso de animais e evitar mudanças repentinas na dieta (DHIMAN & ZAMAN, 2001).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local de pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida para o Estado do Maranhão, localizado no Nordeste brasileiro, entre 1° e 10° de Latitude Sul, e 41,5° e 48,6° de Longitude Oeste. Foi utilizada a base cartográfica subdividida em regiões homogêneas de precipitação, conforme Menezes (2009), Figura 1.

Para esse estudo foram utilizadas apenas as regiões R5 – Alto Mearim; R7 – Imperatriz e R2 – Baixada, por serem as que apresentam maior concentração de efetivos bovinos.

**Figura 1** - Localização do estado do Maranhão e suas regiões homogêneas de precipitação.



Fonte: Menezes, 2009

### 3.2 Regiões de estudo

Conforme os dados da Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão referente ao ano 2018, o rebanho bovino é da ordem de 8.210.128 cabeças. A região 5 aparece como a região de maior quantitativo, com 2.110.497 (25,71%) cabeças, seguida pela região região 7 com 1.840.893 (22,42%) e por fim a região 2 com um quantitativo bovino da ordem 1.134.988 (13,82%). As três regiões representam um total de 61,95% de rebanho bovino em todo o estado. Por outro lado, as Regiões 9 e 4 apresentam os menores quantitativos, 202.541 (2,47%) e 111.546 (1,36%) de cabeças, respectivamente.

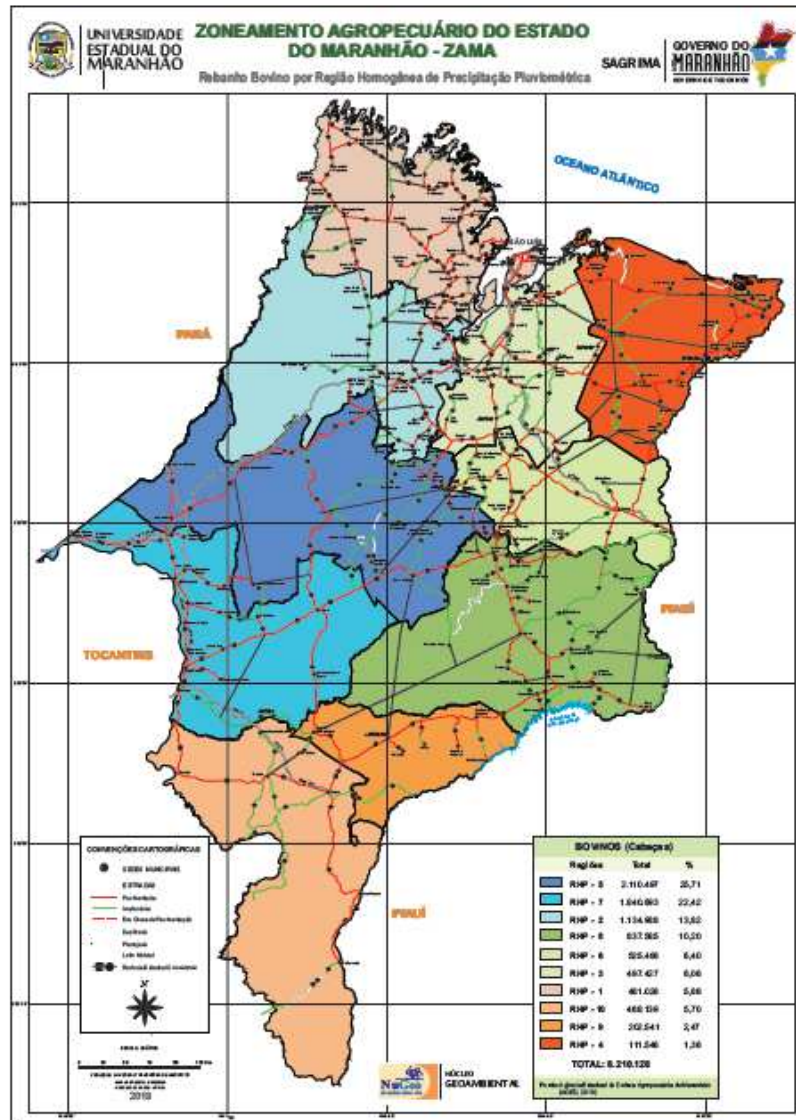
A região R2 refere-se à microrregião da Baixada Maranhense, também conhecida como pantanal maranhense. A região abriga 24 municípios: Altamira do Maranhão, Alto Alegre do Pindaré, Araguaianã, Bela Vista do Maranhão, Bom Jardim, Cajari, Centro Novo do Maranhão, Governador Newton Bello, Igarapé do Meio, Monção, Nova Olinda do Maranhão, Olho d'Água das Cunhãs, Pedro do Rosário, Penalva, Pindaré-Mirim, Pio XII, Santa Inês, São João do Carú, Satubinha, Tufilândia, Viana, Vitória do Mearim, Vitorino Freire e Zé Doca. Na região o total

anual de chuvas é de 1.879 mm, com temperatura média anual do ar de 26,4°C (megatérmico) e um sistema hídrico relevante, composto pelos rios Mearim, Pericumã, Pindaré, Aurá e Turiaçu, que extravasam nas estações chuvosas e alagam áreas. Esses alagamentos advêm da pluviosidade e sua correlação com as estações climáticas, o que é peculiar da região, pois no primeiro semestre há um índice mais elevado de precipitação enquanto que no segundo semestre o índice é menor e de transição, sendo que ao final inicia-se novamente o período chuvoso. Desta forma, a estação mais seca compreende os meses de maio a novembro e a chuvosa os demais meses (LIMA et al., 2009)

A região 5, localiza-se na mesorregião Centro Maranhense, denominada de Alto Mearim e composta por 24 municípios: Açailândia, Amarante do Maranhão, Arame, Barra do Corda, Bom Jesus das Selvas, Bom Lugar, Brejo de Areia, Buriticupu, Esperantinópolis, Itaipava do Grajaú, Itinga do Maranhão, Jenipapo dos Vieiras, Joselândia, Lago da Pedra, Lago do Junco, Lago dos Rodrigues, Lagoa Grande do Maranhão, Marajá do Sena, Paulo Ramos, Poção de Pedras, Santa Luzia, São João dos Basílios, São Raimundo do Doca Bezerra e São Roberto. O clima da região é caracterizado como úmido, com acentuada deficiência de água nos meses mais quentes do ano. Com relação ao regime térmico, é megatérmico, com temperaturas médias anuais de 26,1°C. Apresenta um período seco de 6 a 7 meses, e um chuvoso, de 5 a 6 meses, pelo menos 2 meses podem ser considerados muitos chuvosos, com mais de 30 % do total da precipitação pluviométrica (MOURA, 1991).

A região R7 está localizada no Sudoeste do estado do Maranhão, abrange principalmente as microrregiões de Imperatriz e Porto Franco. A região abrange 21 municípios: Buritirana, Campestre do Maranhão, Cidelândia, Davinópolis, Estreito, Formosa da Serra Negra, Governador Edison Lobão, Grajaú, Imperatriz, João Lisboa, Lajeado Novo, Montes Altos, Porto Franco, Ribamar Fiquene, São Francisco do Brejão, São João do Paraíso, São Pedro da Água Branca, São Pedro dos Crentes, Senador La Rocque, Sítio Novo e Vila Nova dos Martírios. O clima da região é caracterizado como seco, com moderado excesso de água. A temperatura média anual da região é de 25,7°C. Nos meses mais secos do ano a temperatura média do ar é de 26,7°C, caindo para 25,3°C durante o período chuvoso.

**Figura 2** - Rebanho bovino por região homogênea de precipitação.



### 3.3. Dados utilizados

#### 3.3.1 Dados observados

Para o diagnóstico das condições climáticas foram utilizados dados climáticos mensais (1981-2010) observados de umidade relativa do ar e temperatura do ar obtidos do acervo do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, através do site [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br).

#### 3.3.2 Dados de cenários de mudanças climáticas

Para avaliação dos cenários climáticos futuro foram utilizados dados das projeções obtida do modelo Eta-HadGEM2 ES aplicado pelo CPTEC/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para previsão do

tempo e estudos sobre cenários exploratórios de mudanças climáticas futuras em diferentes escalas de tempo e resoluções espaciais.

### **3.4. Procedimentos metodológicos**

#### **3.4.1 Cenários Climáticos**

As avaliações de impactos regionais associados às mudanças climáticas foram geradas a partir dos cenários obtido do modelo inglês HadGEM2 ES, que utilizam resolução espacial de 100 a 200 km, o que é baixa para estudos de impactos e vulnerabilidades em escala regional. Para estudos regionalizados foi utilizado uma versão aprimorada do modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, e é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km lat-lon e 38 níveis verticais, cobrindo a área da América do Sul, América Central e oceanos adjacentes, avaliando as simulações do clima presente e analisando suas projeções até o ano de 2100. Desta maneira, foi avaliado o RCP mais severo na qual, projeta um aumento da forçante radiativa de 8,5 Wm e o RCP 4.5 que é tido como uma projeção de médias emissões, entre o 2.6 e o 8.5 (CHOU et al. 2014<sup>a</sup>), a partir de 2020 até 2049. No Brasil o modelo Eta vem sendo aplicado pelo CPTEC/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para previsão do tempo e estudos sobre cenários exploratórios de mudanças climáticas futuras em diferentes escalas de tempo e resoluções espaciais.

#### **3.4.2 Conforto Animal**

Para a criação de animais, a temperatura e a umidade do ambiente são os principais elementos meteorológicos a interferir no conforto animal. Estes elementos foram utilizados para compor os índices THI (Temperature-Humidity Index), o qual é muito útil para avaliação de ambientes quanto às condições de conforto para os animais homeotérmicos.

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. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado a partir do modelo imposto por THOM (1959), segundo a equação (1):

$$\text{ITU} = \text{Tar} + 0,36 \text{ To} + 41,2 \quad (1)$$

em que, Tar corresponde a temperatura do ar e To a temperatura do ponto de orvalho dada em função da pressão do vapor d'água (ea), conforme expressão (2):

$$T_o = [237,3 * \text{Log}(ea/0,611)] / [7,5 - \text{Log}(ea/0,611)] \quad (2)$$

Em que:  $ea = (UR\% * es) / 100$ , sendo UR a Umidade Relativa do ar e “es” a pressão de saturação do vapor d'água, e  $es = 0,611 \text{ EXP } [(7,5 * Tar) / (237,3 + Tar)]$ .

O ITU é o parâmetro qualificador para cada espécie animal de interesse econômico de modo a se determinar os níveis que correspondem à condição de desconforto ou de estresse. De acordo com (JANINI et al. 2000), os valores excedentes a 70 para ITU são considerados sob estado de início de desconforto.

De maneira geral, a combinação de temperatura e umidade resultando em uma ITU superior a 90, resulta em sinais severos de estresse térmico em vacas leiteiras de alta produção e em sinais moderados em vacas de baixa produção, em casos graves, as vacas podem morrer de calor extremo, especialmente quando relacionadas a outros fatores, como doenças ou parto (FIDLER; VANDEVENDER, 2013).

Para vacas leiteiras, de um modo geral, têm-se a seguinte classificação:

**ITU < ou = 70 - Condição de conforto**

**ITU > 70 - Início da condição de desconforto**

**ITU > 90 - Condição de estresse severo**

O Declínio na Produção de Leite-DPL, foi estimado a partir da expressão (3), proposta por Berry et al. (1964), adaptada por Hahn (1993):

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

Em que: PN é o Nível Normal de Produção (kg.dia<sup>-1</sup>).

Segundo Klosowski (2002), o PN é um dado utilizado como referência, de uma forma genérica, considerando-se uma situação em que o animal não sofresse estresse térmico, ou seja, a produtividade que um animal normal apresentaria caso submetido a uma condição de termoneutralidade. Neste estudo foi utilizado níveis de produtividade de 10 Kg/animal.dia (animais menos produtivos) e 35 Kg/animal.dia (animais mais produtivos).

Com os valores de ITU também foi quantificada a Redução do Consumo Alimentar (RCA) dos animais leiteiros, expressa em kg animal-1 d-1, a partir da expressão (4) citada por Hahn & Osburn (1969).

$$\mathbf{RCA = -28,23 + 0,391 ITU} \quad (4)$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 Região homogênea de precipitação R5 – Alto Mearim

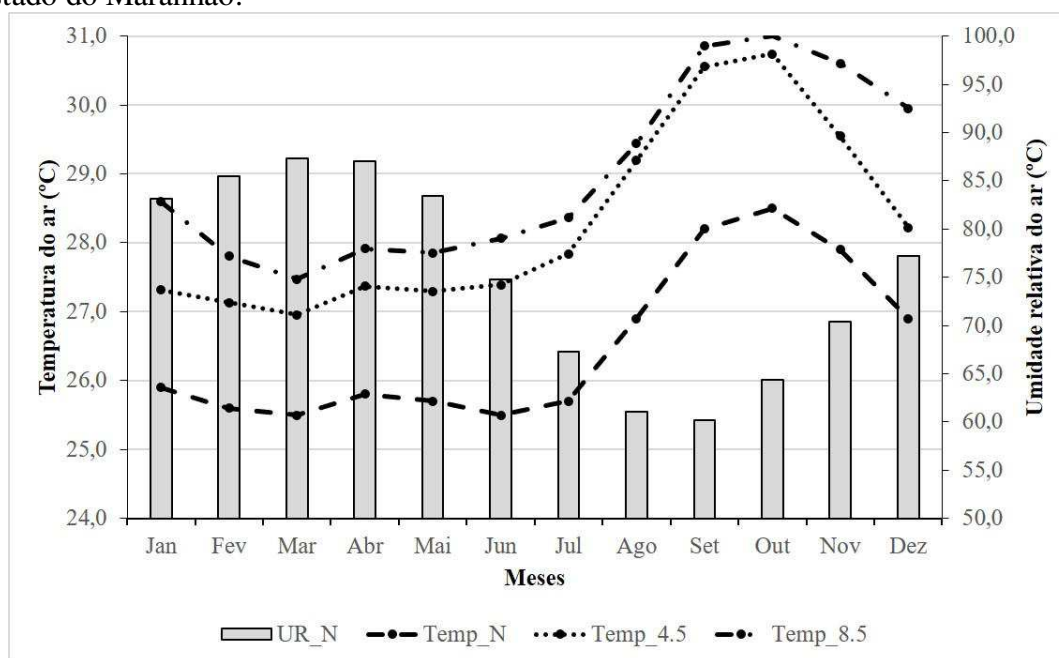
Conforme o Gráfico 1, a umidade relativa do ar, de acordo com a climatologia, apresenta valores superiores a 85% nos meses de março e abril, reduzindo para em torno de 60% no mês setembro, de forma que a média anual é de 75%. A temperatura do ar apresenta os seus menores valores durante os meses de março e junho, chegando a 25,5°C, sendo os meses mais quentes os de setembro e outubro atingindo 28,2°C e 28,5°C respectivamente, sendo a média anual de 26°C. Segundo Barros et al. (2010), a alta umidade do ar, combinada com elevadas temperaturas, acarreta mudanças no comportamento fisiológico do animal, o que promove maior gasto de energia para manutenção de sua homeostase. Nesses casos, ocorre redução dos índices produtivos e reprodutivos do animal.

As projeções de temperatura do ar, para os próximos 30 anos, indicam aumentos para os dois cenários analisados em relação à climatologia. Para o cenário 4.5 nos mesmos meses de março e junho a temperatura do ar passou para 27°C e 27,4°C (+1,5°C) respectivamente, enquanto para o cenário 8.5 passou para 27,5°C e 28,1°C (+2,5°C). Os meses mais secos, setembro e outubro, no cenário 4.5, foram os que apresentaram as maiores temperaturas do ar de 30,6°C (+2,4°C) e 30,7°C (+2,2°C), respectivamente, já para o cenário 8.5 as temperatura observadas nos meses de setembro e outubro com valores de 30,9°C (+2,7°C) e 31°C (2,5°C) respectivamente. A média anual foi de 28°C (+2°C) para o cenário 4.5 e de 29°C (+3°C) para o cenário 8.5. 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 acentuado nos estados nordestinos, tanto nos meses mais quentes como nos mais frios.

O impacto desses resultados na produção de leite pode ser observado na Tabela 1, em que está apresentado o declínio na produção em leite, para os diferentes cenários de mudanças climáticas, em dois níveis de produção (10 e 35 kg/dia), na região R5 – Alto Mearim.



**Gráfico 1** – Temperatura e umidade relativa do ar para a região R5 – Alto Mearim no estado do Maranhão.

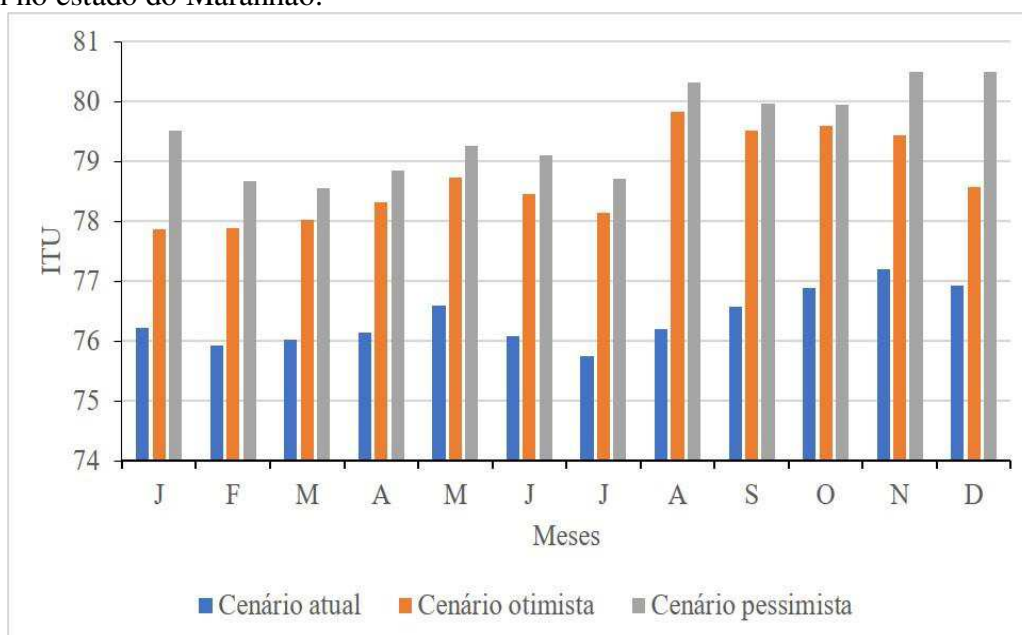


**Fonte:** do autor

No Gráfico 2, observa-se a variação dos valores de ITU durante os meses do ano para a região R5, considerando as condições atuais e para os dois cenários de mudanças climáticas 4.5 e 8.5. De acordo com (JANINI et al. 2000), os valores excedentes a 70 para ITU são considerados sob estado de início de desconforto e, neste trabalho, foram encontrados valores médios maiores para os dois grupos (4.5 e 8.5), demonstrando que os animais sofrerão estresse em todos os meses dos anos. Campos et al. (2002) relata que valores de ITU de 75 ou mais, ocorrerá o declínio da produção de leite e a ingestão de alimentos será prejudicado. O cenário atual da região 5, representado no Gráfico 2, tem uma média de ITU de 75,48 com seus maiores picos nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro chegando a 80,06; 80,66; 80,65 e 80,33 respectivamente, confirmando os estudos do autor citado, onde haverá declínio na produção de leite redução do consumo alimentar.

O cenário mais otimista (4.5) apresenta uma elevação nos meses de setembro, outubro e novembro chegando a 79,66; 80,30 e 79,23 respectivamente, com média de 77,89. Enquanto no cenário pessimista (8.5) os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro tem uma média de ITU de 80, na qual indica situação de desconforto para os animais.

**Gráfico 2** – Índice de Temperatura e Umidade – ITU para a região R5 – Alto Mearim no estado do Maranhão.



Fonte: do autor

O DPL, mostrado na tabela 1, para o animal menos produtivo, com Nível de Produção de apenas 10 Kg/dia, nas condições atuais, baseado na média histórica dos dados, é inferior a 1 Kg/dia em todos os meses do ano, com média anual de 0,46 Kg/dia. Nota-se que, de acordo com a tabela 1, para a região 5, que o animal mais produtivo, com nível de produção de 35 Kg/dia, vai sofrer bastante redução na produção de leite em ambos cenários 4.5 e 8.5, em relação a climatologia atual, alcançando em média redução de 7,1; 7,7 e 6,8 no cenário 4.5 e de 7,5; 8,0 e 8,0 no cenário 8.5 nos meses de setembro, outubro e novembro, respectivamente. Turco et al. (2006), no estado da Bahia constataram perdas de produção de até 4,5 kg/dia, para vacas com nível de produção de 25 kg/dia,.

A RCA foi em média de 1,3 Kg/dia para a climatologia, de 2,2 Kg/dia para o cenário 4.5 e de 2,6 Kg/dia para o cenário mais pessimista. De acordo com Guimarães et al. (2001), animais com estresse calórico reduzirão sua ingestão voluntária de matéria seca em cerca de 25% para minimizar a produção de calorías.

**Tabela 1-** Declínio da produção de leite - DPL e Redução do Consumo Alimentar - RCA para a Região R5 - Alto Mearim no Estado do Maranhão.

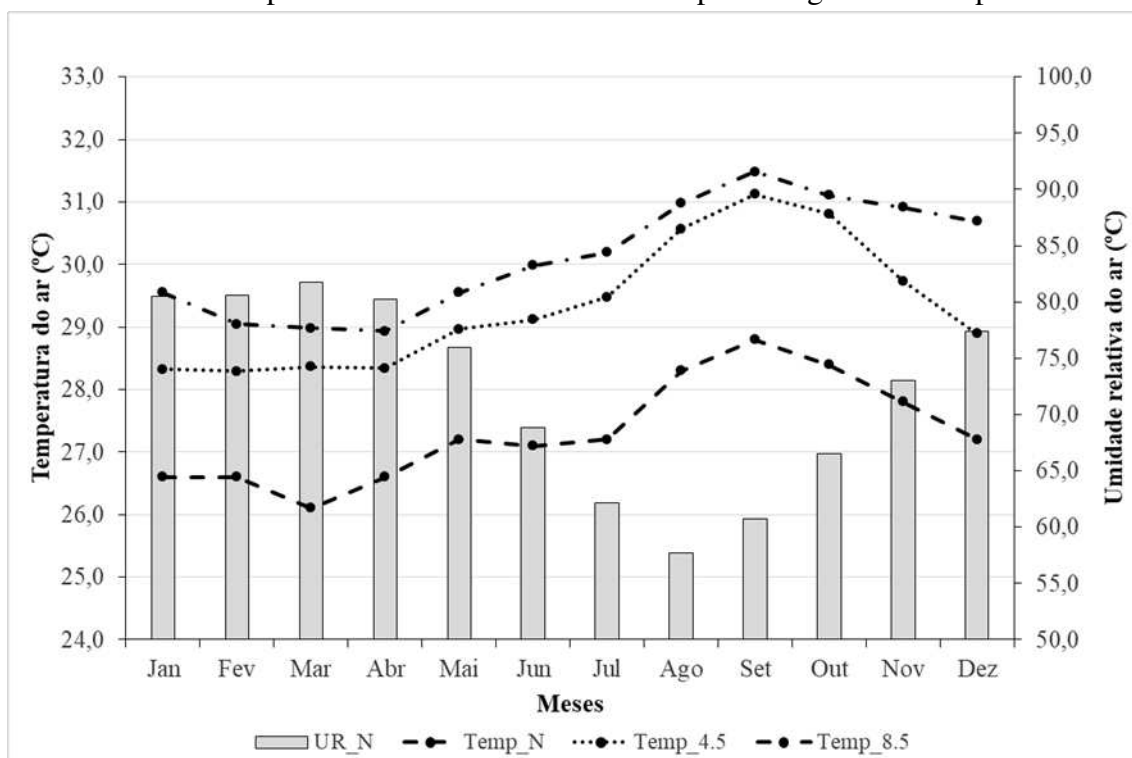
Meses	DECLÍNIO DA PRODUÇÃO DE LEITE						REDUÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR (Kg/animal.dia)		
	Animal menos produtivo (10 Kg/animal.dia)			Animal mais produtivo (35 Kg/animal.dia)					
	CENÁRIOS			CENÁRIOS			CENÁRIOS		
	atual	4.5	8.5	atual	4.5	8.5	atual	4.5	8.5
JAN	0,2	0,7	1,1	3,4	5,0	6,5	1,2	2,0	2,6
FEV	0,1	0,7	0,9	3,2	5,0	5,8	1,1	1,9	2,3
MAR	0,1	0,6	0,8	3,2	4,9	5,5	1,1	1,9	2,2
ABR	0,2	0,8	0,9	3,5	5,3	6,0	1,3	2,1	2,4
MAI	0,1	0,7	0,9	3,2	5,0	5,7	1,1	2,0	2,3
JUN	-0,1	0,5	0,8	2,4	4,6	5,4	0,8	1,8	2,1
JUL	-0,2	0,5	0,7	2,1	4,6	5,2	0,6	1,7	2,0
AGO	0,1	0,8	0,9	3,0	5,6	5,9	1,0	2,2	2,4
SET	0,5	1,3	1,4	4,4	7,1	7,5	1,7	2,9	3,1
OUT	0,7	1,4	1,5	5,1	7,7	8,0	2,0	3,2	3,3
NOV	0,6	1,2	1,5	4,9	6,8	8,0	1,9	2,8	3,3
DEZ	0,4	0,9	1,4	4,2	5,7	7,7	1,6	2,3	3,2

Fonte: do autor

#### 4.2 Região homogênea de precipitação R7 – Imperatriz

Conforme o Gráfico 3, a umidade relativa do ar, de acordo com a climatologia, apresenta valores igual ou superior a 80% nos meses de fevereiro e março, reduzindo para em torno de 57,7% e 60,7% nos meses de agosto e setembro, respectivamente, de forma que a média anual é de 72%. A temperatura do ar apresenta o seu menor valor durante o mês de março chegando a 26,1°C sendo os meses mais quentes os de setembro e outubro atingindo 28,8°C e 28,4°C respectivamente, sendo a média anual de 27,3°C.

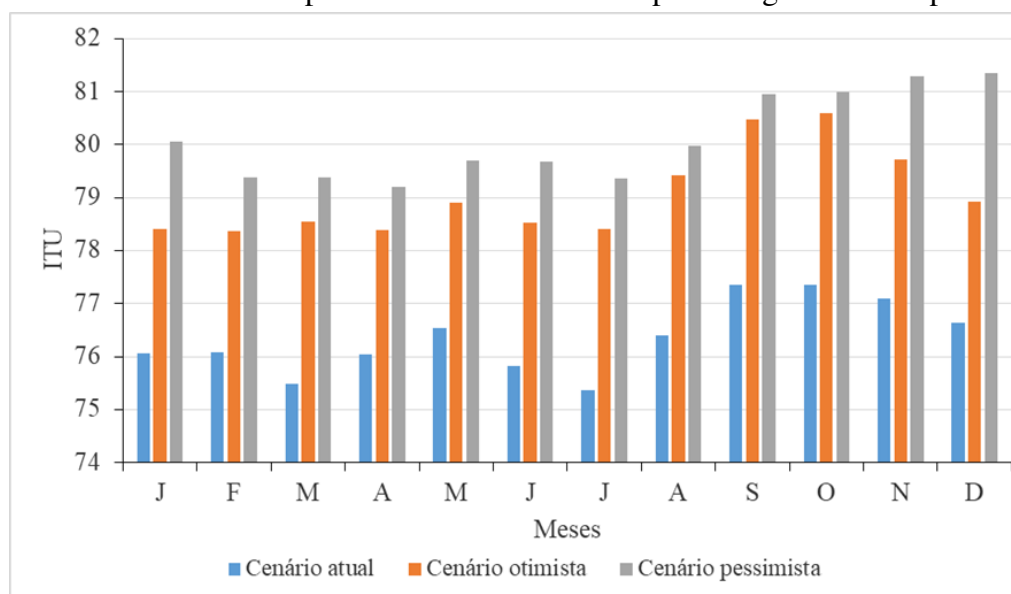
As projeções de temperatura do ar, para os próximos 30 anos, indicam aumentos para os dois cenários analisados em relação à climatologia. Para o cenário 4.5 no mesmo mês de março, a temperaturas do ar passaram para 28,4°C (+2,4°C), enquanto para o cenário 8.5 passou para 29°C (+2,9°C). Os meses mais secos setembro e outubro, no cenário 4.5, foram os que apresentaram as maiores temperaturas do ar de 31,1°C (+2,3°C) e 30,8°C (+2,4°C) respectivamente, já para o cenário 8.5 as temperatura observadas nos mesmos meses, setembro e outubro, subiram para 31,5°C (+2,7°C) e 31,1°C (+2,7°C), respectivamente. A média anual foi de 29°C (1,7°C) para o cenário 4.5 e de 30°C (+2,7°C) para o cenário 8.5.

**Gráfico 3** – Temperatura e umidade relativa do ar para a região R7 – Imperatriz.

Fonte: do autor

A análise de ITU representado no Gráfico 4, observa-se que no cenário atual da região 7, tem uma média de ITU de 76,35 com seus maiores picos nos meses de setembro, outubro, novembro atingindo a 77,36; 77,35; 77,10 respectivamente. O cenário mais otimista (4.5) apresenta elevação nos mesmos meses chegando a 80,46; 80,59 e 79,71 respectivamente, com média de 79,05. No cenário pessimista (8.5) os meses de setembro, outubro e novembro tem uma média de ITU elevada, de 80.

Para bovinos leiteiros a zona de termoneutralidade situa-se entre 5 e 25°C, porém o seu limite superior pode variar entre 24 e 27°C, conforme Kadzere et al. (2002) e Azevedo et al. (2005). Já Huber (1990) indicou para vacas holandesas em lactação uma zona de termoneutralidade de 4°C a 26°C. Dessa maneira, destaca-se que, devido ao aumento das temperaturas, as vacas leiteiras brasileiras sofrem estresse calórico durante a maior parte do ano e algumas horas do dia (PERISSINOTTO; MOURA, 2007).

**Gráfico 4** – Índice de Temperatura e Umidade – ITU para a região R7 – Imperatriz.

**Fonte:** do autor

De acordo com a tabela 2, o Declínio da produção de leite para a região 7, mostra que o animal mais produtivo, com nível de produção de 35 Kg/dia, irão sofrer bastante redução na produção de leite em ambos cenários 4.5 e 8.5, em relação a climatologia atual. Em um cenário que vai ter acréscimo de 1,5°C na temperatura, o declínio na produção de leite é em média de 7,8; 8,0 e 7,2 no cenário 4.5 para os níveis de produção de 35 Kg/dia, nos meses de setembro, outubro e novembro, respectivamente e de 8,3; 8,3 e 8,6 Kg/dia, no cenário 8.5.

Turco et al. (2006), observaram regiões com perdas de até 1 kg/dia para vacas com nível de produção de 10 kg e regiões com perdas de produção de até 4,5 kg/dia para vacas com nível de produção de 25 kg. A RCA foi em média de 1,62 Kg/dia para a climatologia, de 2,68 Kg/dia para o cenário 4.5 e de 3 Kg/dia para o cenário mais pessimista.

**Tabela 2** - Declínio da Produção de leite - DPL e Redução do Consumo Alimentar - RCA para a região R7 - Imperatriz no Estado do Maranhão.

Meses	DECLÍNIO DA PRODUÇÃO DE LEITE						REDUÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR (Kg/animal.dia)		
	Animal menos produtivo (10 Kg/animal.dia)			Animal mais produtivo (35 Kg/animal.dia)					
	CENÁRIOS			CENÁRIOS			CENÁRIOS		
	atual	4.5	8.5	Atual	4.5	8.5	atual	4.5	8.5
JAN	0,4	1,0	1,4	4,0	6,0	7,5	1,5	2,4	3,1
FEV	0,4	1,0	1,2	4,0	6,0	6,9	1,5	2,4	2,8
MAR	0,2	1,0	1,2	3,5	6,2	6,9	1,3	2,5	2,8
ABR	0,4	1,0	1,2	4,0	6,0	6,7	1,5	2,4	2,7
MAI	0,5	1,1	1,3	4,4	6,5	7,2	1,7	2,6	2,9
JUN	0,3	1,0	1,3	3,8	6,2	7,2	1,4	2,5	2,9
JUL	0,2	1,0	1,2	3,4	6,1	6,9	1,2	2,4	2,8
AGO	0,5	1,2	1,4	4,3	6,9	7,4	1,6	2,8	3,0
SET	0,7	1,5	1,6	5,2	7,8	8,3	2,0	3,2	3,4
OUT	0,7	1,5	1,6	5,2	8,0	8,3	2,0	3,3	3,4
NOV	0,6	1,3	1,7	4,9	7,2	8,6	1,9	2,9	3,6
DEZ	0,5	1,1	1,7	4,5	6,5	8,6	1,7	2,6	3,6

Fonte: do autor

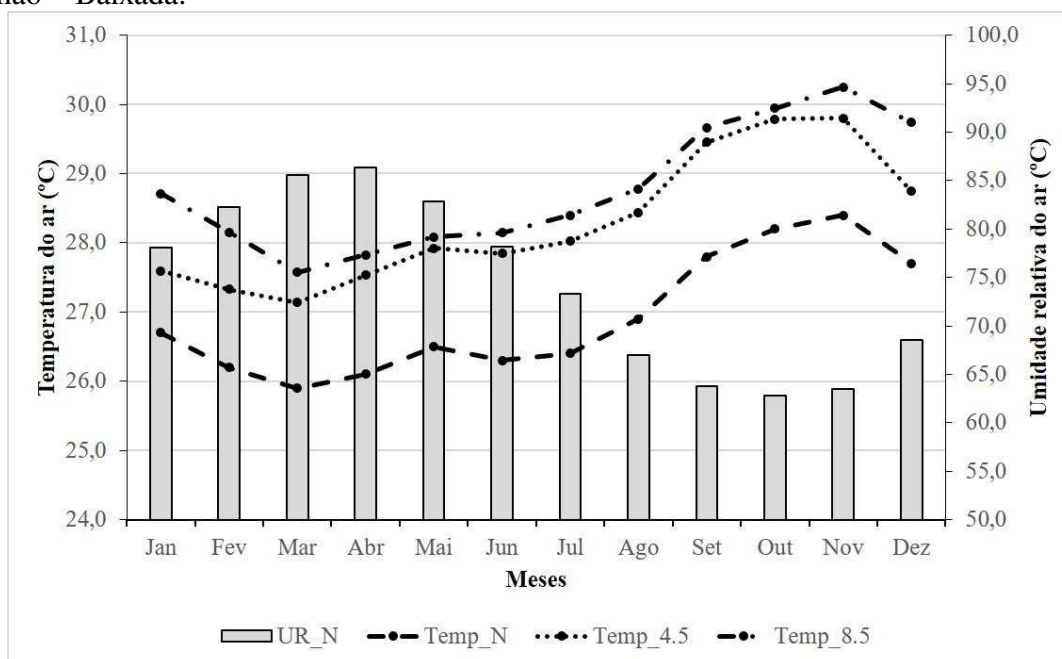
### 4.3 Região homogênea de precipitação R2 – Baixada

De acordo com o Gráfico 5, a umidade relativa do ar, de acordo com a climatologia, apresenta valores igual e superior a 85% nos meses de março e abril, reduzindo para em torno de 65% nos meses de setembro, outubro e novembro, de forma que a média anual é de 74%. Já a temperatura do ar apresenta os seus menores valores durante os meses de fevereiro, março e abril, alcançando em média em torno de 26°C, sendo os meses mais quentes o de outubro e novembro, aonde a temperatura do ar chega próximo aos 28°C, sendo a média anual de 26,8°C. As projeções de temperatura do ar, para os próximos 30 anos, indicam aumento para os dois cenários analisados em relação a climatologia.

Para o cenário 4.5 nos meses de fevereiro e março a temperatura do ar passou para 27,3°C (+1,3°C) e 27,1°C (+1,1°C) respectivamente, enquanto para o cenário 8.5 passou para 28,2°C (+2,2°C) e 27,3°C (+1,3°C). Os meses mais secos, outubro e novembro, no cenário 4.5, foram os que apresentaram as maiores temperaturas do ar de 29,8°C (+1,8°C) respectivamente, já para o cenário 8.5 as temperatura observadas nos meses de outubro e novembro passaram

para valores de 30°C (+2°C), respectivamente. A média anual foi de 27,6°C (+0,8°C) para o cenário 4.5 e de 28,5°C (+1,7°C) para o cenário 8.5.

**Gráfico 5** – Temperatura e umidade relativa do ar para a região R2 do estado do Maranhão – Baixada.

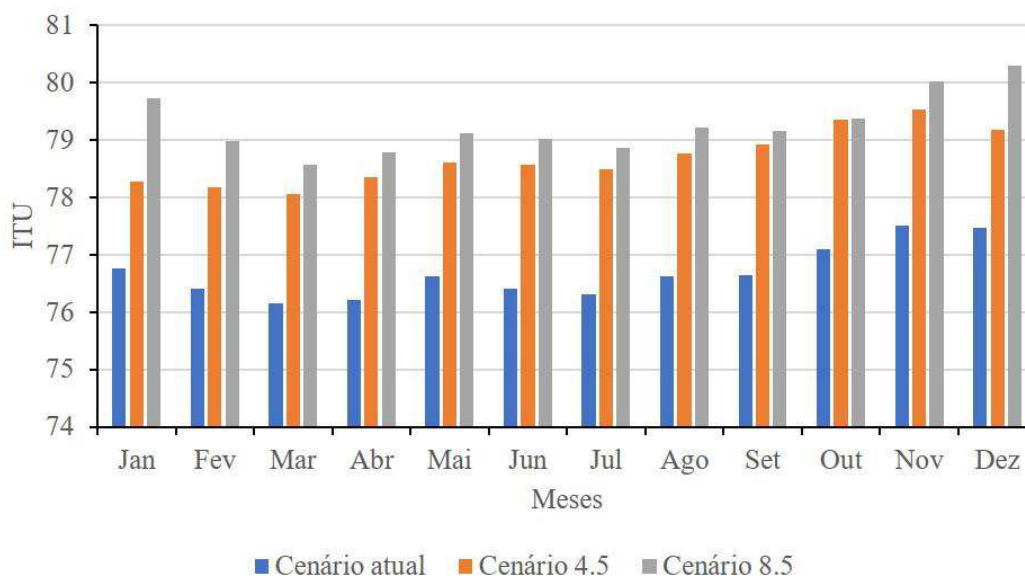


**Fonte:** do autor

No Gráfico 6, observa-se que os valores de ITU para o cenário atual como também para as projeções futuras 4.5 e 8.5 ultrapassa a classificação, tendo seus maiores picos para o cenário mais otimista (4.5) nos meses de setembro, outubro e novembro, atingindo 78 respectivamente. Enquanto o cenário pessimista (8.5) tem seu maior pico no mês de dezembro atingindo acima de 80. Observa-se que no cenário atual, assim como na região 5 e 7, os animais já sofrem estresse pois os valores de ITU estão acima de 70.

Os resultados relatados por Staples e Thatcher (2011), descrevem que vacas leiteiras são consideradas sem estresse quando o ITU é menor que 72, estresse leve quando está entre 73 e 77, estresse significativo entre 78 e 88, estresse severo entre 89 e 99, podendo ocorrer risco de morte. Se equiparar os dados citados por Perissinotto e Moura (2007) e Staples e Thatcher (2011) com os dados de ITU, podemos verificar que os animais passam todo o ano em condições de ITU entre 76 e 80, tanto na climatologia atual, quanto nos cenários futuros. Esses valores são atingidos em determinados períodos do ano, caracterizando um estresse térmico significativo.

**Gráfico 6** – Índice de Temperatura e Umidade – ITU para a região R2 – Baixada no estado do Maranhão.



**Fonte:** do autor

Conforme mostrado na tabela 3, no cenário atual, observa-se que em maior parte dos meses os valores de DPL são constantes, para os animais com nível de produção de 10 kg/dia, com médias anuais de 0,4, 0,8 e 1,0 Kg/dia. Para vacas leiteiras com maiores níveis de produção (35 kg/dia) observam-se maiores valores de DPL, com as maiores reduções sendo verificadas nos quatro últimos meses do ano atingindo 6,4; 6,7 ; 7,1 e 6,9 kg/dia, respectivamente, em um cenário mais pessimista. A RCA anual foi de 1,5, 2,2 e 2,5 kg/dia, para o cenário atual, otimista e pessimista, com as maiores reduções sendo verificadas entre os meses de setembro e dezembro. Porcionatto et al. (2009), consideram que a redução na ingestão de alimentos é a principal causa da diminuição da produção de leite das vacas em estresse térmico por calor.



**Tabela 3** - Declínio da produção de leite - DPL e Redução do Consumo Alimentar - RCA para a região R2 na Baixada Maranhense.

Meses	DECLÍNIO DA PRODUÇÃO DE LEITE						REDUÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR (Kg/animal.dia)		
	Animal menos produtivo (10 Kg/animal.dia)			Animal mais produtivo (35 Kg/animal.dia)					
	CENÁRIOS			CENÁRIOS			CENÁRIOS		
	atual	4.5	8.5	atual	4.5	8.5	atual	4.5	8.5
JAN	0,4	0,7	1,0	4,0	5,0	6,3	1,5	2,0	2,6
FEV	0,3	0,7	0,9	3,7	5,0	6,0	1,4	1,9	2,4
MAR	0,2	0,7	0,8	3,5	5,0	5,5	1,3	1,9	2,2
ABR	0,3	0,8	0,9	3,8	5,5	5,8	1,4	2,2	2,3
MAI	0,4	0,9	0,9	4,1	5,7	5,9	1,5	2,3	2,4
JUN	0,2	0,8	0,9	3,5	5,3	5,7	1,3	2,1	2,3
JUL	0,2	0,7	0,8	3,3	5,2	5,6	1,2	2,0	2,2
AGO	0,2	0,7	0,8	3,4	5,2	5,6	1,2	2,1	2,2
SET	0,4	1,0	1,1	4,2	6,2	6,4	1,6	2,5	2,6
OUT	0,6	1,1	1,1	4,6	6,5	6,7	1,8	2,6	2,7
NOV	0,6	1,1	1,2	4,9	6,5	7,1	1,9	2,6	2,9
DEZ	0,5	0,9	1,2	4,5	5,7	6,9	1,7	2,3	2,8

Fonte: do autor

Os resultados deste trabalho podem ser usados como um indicativo da utilização de medidas de regulação térmica ambiental que podem proporcionar às vacas um melhor conforto térmico, para as três maiores regiões de rebanho bovino no Estado do Maranhão, a fim de minimizar as perdas de produção em função dos efeitos do estresse térmico. Para a criação de animais a pasto, o fornecimento de sombra natural e /ou artificial é essencial. Segundo Pastal et al. (2015), o sombreamento é considerado uma forma muito eficaz de garantir o conforto térmico das vacas criadas a pasto, e para animais confinados, recomenda-se a adoção de algumas medidas construtivas, tais como: cobertura com materiais isolantes, orientação correta, pé-direito mais elevado, técnicas artificiais para resfriamento (ventilação, nebulização e exaustão) devem ser utilizadas (BAÊTA & SOUZA, 2010).

## 5. CONCLUSÃO

- As projeções de mudanças climáticas futuras pelo Eta-HadGEM2 ES mostraram possibilidade de aumento médio da temperatura do ar para os próximos 30 anos nas regiões analisadas no estado do Maranhão para os cenários 4.5 e 8.5 em relação a climatologia;
- Nas condições atuais, representada pela climatologia, os valores de ITU encontram-se na faixa que indica condições de desconforto térmico. Portanto, podemos dizer que os animais criados nas três regiões R2, R5 e R7, vivem durante todo o ano em condições de estresse térmico, tanto durante os meses mais quentes, quanto nos meses mais frescos;
- Em contexto de mudanças climáticas, as projeções de aumento da temperatura do ar para os próximos 30 anos, para as regiões analisadas, contribuirão para intensificar a condição de desconforto dos ambientes de criação dos animais que podem levar ao estresse e conseqüentemente a perdas de produção de leite, especialmente em vacas com maiores níveis de produção, e redução do consumo alimentar, exigindo estratégias de manejo adequadas para minimizar o problema.

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, L. E. O. C.; POULTER, B.; BARLOW, J. B.; ANDERSON, L. O.; MALHI, Y.; SAATCHI, S.; PHILLIPS, O. L.; GLOOR, E. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. **Biol. Rev.** v. 89; p. 913–931, 2014.

ARAGÃO; L. E. O. C.; MALHI; Y.; ROMAN-CUESTA; R. M.; SAATCHI; S.; ANDERSON; L. O. & SHIMABUKURO; Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 34, p. L07701, 2007.

ARAÚJO, R. T. Conforto animal: árvores de sombra em pastagens. In: PRODUÇÃO DE RUMINANTES EM PASTAGENS 24º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2007, Piracicaba, SP. **Anais...** 2007, p. 219-226.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras ½, ¾, 7/8 Holandes – zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p.2000- 2008, 2005.

AZEVEDO, D.M.M.R. e ALVES, A.A. Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos. **Series Documentos** n. °188. EMBRAPA Meio-norte, Teresina, PI, 2009.

BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, p.24-67.

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

BARBOSA, O. R.; DAMASCENO, J. C. **Bioclimatologia e bem estar animal aplicados à bovinocultura de leite**. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Jun 2002.

BARROS, P.C.; OLIVEIRA, V.; CHAMBÓ, E.D.; SOUZA, L.C. Aspectos práticos da termorregulação em suínos. **Rev. Eletron. Nutritime**, v.7, p.1248-1253, 2010.

BERRY, I.L.; SHANKLIN, N.D.; JOHNSON, H.D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 7, p. 329-331. 1964.

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. In: XIII CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2009, Uberlândia, MG. **Anais...** 2009, p. 59-71.

BOND, T. E.; KELLY, C. F.; ITTNER, N. R. Radiation studies of painted shade materials. **Agricultural Engineering**, v. 35, n. 6, p. 389-392, 1954.

BRIDI, A.M. (2008). **Instalações e ambiência em produção animal**. Disponível em:< [http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia\\_arquivos/InstalacoeseAmbienciae mProducaoAnimal.pdf](http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/InstalacoeseAmbienciae mProducaoAnimal.pdf)>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

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.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. (2010). Mudança Climática e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. ED. **REV. E ATUAL**. BRASÍLIA, 368 P.

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G. MARENGO, J. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, p. 512-525, dez. 2014b.

COLLINS, WILLIAN; COLMAN, ROBERT; HAYWOOD, JAMES; MANNING, MARTIN R. & MOTE, PHILIP. (2016). **A física por trás das mudanças climáticas**. Scientific American Brasil, Editora Segmento.

DHIMAN, T. R.; ZAMAN, M. S. Desafio dos sistemas de produção de leite em confinamento em condições de clima quente. In: II SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 2001. Belo Horizonte, MG. *Anais...* 2001, p. 5-20.

DOMINGUES, E. P. MAGALHAES, A. S.; RUIZ, R. M. **Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos na Região Nordeste**. Texto para Discussão 340/CEDEPLAR. Belo Horizonte, 2008.

FIDLER, A. P.; VANDEVENDER, K. **Heat Stress in Dairy Cattle**. Arkansas: University of Arkansas Cooperative Extension Service Printing Services, 2013. 6 p.

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. "**Management and housing of farm animals in hot environments**". In: *Stress physiology in livestock* (M.K.Yousef, ed), vol.II. Boca raton; CRC Press, 1985.

HAHN, G. L.; OSBURN, D. D. Feasibility of Summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. **Transactions of the ASAE**, v.12, n.4, p.448-451, 1969.

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

HUBER, J. T. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico**. In: PEIXOTO, A. M. et al. *Bovinocultura leiteira*. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

JANINI, K.; JACOBSON, L.; JOHNSON, V. Ventilating systems for enhancing indoor environmental quality. **Biosystems and Agricultural Engineering**, 2000.

JOHNSON, H.D.; RAGSDALE, A.C.; BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D. **Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle**. Missouri: Agricultural Experimental Station Research Bulletin, 1962. p.791.

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, n.59-91, 2002.

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.

LIMA, M.A. Agropecuária Brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.19, n. 3, p.451-472, set./dez. 2002.

LIMA, Richardson G. et al. Concentrações de amônio na água da chuva e estimativa de emissão de amônia de rebanhos domésticos de Pinheiro e Viana, Baixada Maranhense. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2273-2276, 2009.

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.

MENEZES, R. H. N. de. **Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do Estado do Maranhão**, Brasil. Campina Grande, 2009.168f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

MOURA, Emanuel Gomes. **Avaliação das qualidades físicas dos solos de duas transeções na Baixada Ocidental Maranhense**. Botucatu, São Paulo. 1991. 107p. Dissertação de Mestrado.

NÄÄS, I.A.; ARCARO JR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.139-142. Campina Grande, PB. 2001.

NÓBREGA, J.N.; SANTOS, C.A.C.; GOMES, O.M.; BEZERRA, B.G.; BRITO, J.I.B. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 197-208, 2014.

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, M. E. D. de. **Estimativas de Emissões de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> na cultura da cana de açúcar no Estado de São Paulo**. Piracicaba - SP (Tese de Doutorado), 2014.

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.

PERISSINOTTO, M. et al. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1492-1498, 2009.

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, n. 2, p. 117-126, mai./ago., 2007.

PINTO, H.S.; ASSAD, E.D.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Variabilidade climática. In: HAMADA, E. (Ed.). **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. cap. I, 1 CD-ROM.

PORCIONATTO, M.A.F., FERNANDEZ, A.M., SARAN NETTO, A.; et al.. Influência do estresse calórico na qualidade e na produção de leite. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.7, n.4, p.483-490, 2009.

RANDALL, M. The Physiology of Stress: Cortisol and the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis. **DUJS Online - The Dartmouth Undergraduate Journal of Science**. Fall 2010.

RODRIGUES, E. **Conforto térmico das construções**, 2005. Disponível em: <<http://ead.sitescola.com.br/arquivo/documento/homeotermia.pdf>>. Acesso em 20 de outubro de 2019.

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.

SILVA, I. M.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C.; CALDAS, A. M. Análise espacial das condições térmicas pré-ordenha de bovinos leiteiros sob regimes de climatização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.16, p.903-909, 2012.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (E.D). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University, p.996, 2007.

STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W. Heat Stress: Effects on Milk Production and Composition. In: FUQUAY, J. W.; FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. **Encyclopedia of Dairy Sciences Second Edition**. Reino Unido: ELSEVIER, 2011. p. 561-566.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na Produção de Leite. In: Simpósio Brasileiro de Ambiente na Produção de Leite, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.10-23. 1998.

THATCHER, W. W. Manejo de estresse calórico e estratégias para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivos em vacas de leite. XIV CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2010. Uberlândia, MG. **Anais...** 2010, p. 2-25.

THOM, E.C. **The discomfort index Weatherwise.** 1959. 60:12-57.

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.