



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA

Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa

Engenharia Mecânica

FELIPE SOUZA BELO

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO PARA BOVINOS LEITEIROS E
TRABALHADORES RURAIS NA MICRORREGIÃO DE IRECÊ/BA**

BOM JESUS DA LAPA

2023

FELIPE SOUZA BELO

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO PARA BOVINOS LEITEIROS E
TRABALHADORES RURAIS NA MICRORREGIÃO DE IRECÊ/BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica, do Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa, da Universidade Federal do Oeste da Bahia, para aprovação na Disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. MS. Anderson Breno Souza

Coorientador: Prof. Dr. André Issao Sato

BOM JESUS DA LAPA

2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE BOM JESUS DA LAPA
ENGENHARIA MECÂNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AValiação DO CONFORTO TéRMICO PARA BOVINOS LEITEIROS E
TRABALHADORES RURAIS NA MICRORREGIÃO DE IRECÊ/BA**

Autor: Felipe Souza Belo

Orientador: Anderson Breno Souza

Coorientador: André Issao Sato

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou este Projeto:

Prof. MS. Anderson Breno Souza, Presidente
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Coorientador: André Issao Sato
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Prof. MS. Iuri Benedito da Silva Santos
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Prof. Márcio Augusto Sampaio de Carvalho
Universidade Federal do Oeste da Bahia

FICHA CATALOGRÁFICA

B452 Belo, Felipe Souza
 Avaliação do conforto térmico para bovinos leiteiros e trabalhadores rurais
 na Microrregião de Irecê/BA. / Felipe Souza Belo. – 2023.

58f.: il.

Orientador: Prof. Me. Anderson Breno
Souza Coorientador: Prof. Dr. André Issao
Sato

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do
Oeste da Bahia. Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa - BA,
2023.

1. Termodinâmica. 2. Bovinos – Criação. I. Souza, Anderson Breno. II.
Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro Multidisciplinar de Bom
Jesus da Lapa - BA. III. Título.

CDD 536.7

DEDICATÓRIA

Eu dedico este trabalho a minha família e amigos, que tornaram possível essa conquista e me apoiaram durante a jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus e Pai, que em sua graça me concedeu alcançar essa conquista, me deu forças e tem sido abrigo para os dias mais escuros.

Aos meus pais, Marcílio e Alfredisia que foram e são o lugar para onde eu sempre posso voltar. O amor, carinho, paciência, sabedoria e todo o cuidado que vocês tiveram por mim durante esse período nunca jamais serão esquecidos.

Aos meus amigos e colegas, que me apoiaram, entenderam as minhas ausências e me fizeram saber que juntos podíamos alcançar a tão esperada graduação.

Aos meus professores, que dão o melhor de si para formar bons profissionais e em cujo relacionamento, pude crescer com o exemplo e conhecimentos de vocês.

Gratidão a todas as outras pessoas que conheci e pude conviver durante o período da graduação.

EPÍGRAFE

“O temor do Senhor é o princípio do saber, mas os loucos desprezam a sabedoria e o ensino”
(Provérbios 1:7)

RESUMO

O desenvolvimento das atividades agropecuárias são de extrema importância no Brasil e mundo uma vez que cooperam para o desenvolvimento de pequenos a grandes produtores e movimentam a economia interna e externa. No manejo de bovinos leiteiros, tanto o animal como o trabalhador precisam de um ambiente climático favorável à produção final do seu trabalho. Para que isso ocorra, a manutenção do conforto térmico se torna a chave para o desenvolvimento e crescimento dessa área, uma vez que o desconforto térmico influencia grandemente na produção de leite por parte do animal, na efetividade da realização de tarefas por parte do trabalhador e no bem estar de ambos. Um dos cuidados com o conforto térmico que tem sido objeto de estudo recente, é a avaliação do conforto por meio de índices, a partir de variáveis como temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação, que englobam, em um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e das atividades realizadas, seja do homem ou do animal. Assim, o presente trabalho utilizou de alguns dos índices indicados na literatura para avaliar o conforto térmico de bovinos leiteiros e trabalhadores rurais na microrregião de Irecê/BA. Para bovinos, foram escolhidos o Índice de Temperatura e Umidade e o Índice de Temperatura de Globo e Umidade. Para humanos, foram escolhidos o Índice de Temperatura e Umidade, o Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo e a Temperatura Efetiva com Vento. Para isso, os dados meteorológicos foram obtidos no portal do INMET, a partir da estação meteorológica na cidade de Irecê, sendo estes referentes aos dez últimos anos, e aplicados às equações de cada índice. Para este trabalho as variáveis de interesse foram a temperatura de bulbo seco, umidade, velocidade do vento e radiação solar. Após os cálculos dos índices ITU e ITGU e interpretação dos mesmos, foi verificado que há estresse ao calor para bovinos, em estado de alerta. Para os humanos, os índices ITU, IBUTG e TE_v mostraram que há tanto estresse ao calor - caracterizado por ser levemente desconfortável -, como estresse ao frio - variações entre ligeiramente fresco a moderadamente frio -, sendo que os efeitos da radiação solar contribuíram para o estresse ao calor e a velocidade do vento, para o estresse ao frio.

Palavras chave: Bovinos; Conforto térmico; Índice; Temperatura; Umidade.

ABSTRACT

The development of agricultural activities is extremely important in Brazil and the world since they cooperate for the development of small to large producers and move the internal and external economy. In the handling of dairy cattle, both the animal and the worker need a favorable climatic environment for the final production of their work. For this to happen, the maintenance of thermal comfort becomes the key for the development and growth of this area, since thermal discomfort greatly influences the milk production by the animal, the effectiveness of tasks performed by the worker and the well being of both. One of the concerns with thermal comfort that has been the object of recent study is an assessment of comfort through indexes, based on variables such as temperature, humidity, wind speed and radiation, encompassing, in a single parameter, the joint effect of meteorological elements and activities carried out, whether by man or animal. Thus, the present work used some of the indexes indicated in the literature to evaluate the thermal comfort of dairy and rural cattle in the micro region of Irecê/BA. For cattle, the Temperature and Humidity Index and the Globe Temperature and Humidity Index were chosen. For humans, the Temperature and Humidity Index, the Wet Bulb and Globe Temperature Index and the Effective Temperature were chosen. For this, meteorological data were obtained from the INMET portal from the meteorological station in the city of Irecê, referring to the last ten years, and applied to the equations of each index. For this work the variables of interest were the dry bulb temperature, humidity, wind speed and solar radiation. After calculating the ITU and ITGU indexes and interpreting them, it was verified that there is heat stress for cattle in a state of alert. For humans, the ITU, IBUTG and TE_v indexes showed that there is both heat stress - characterized by being slightly uncomfortable - and cold stress - variations between slightly cool and moderately cold -, with the effects of solar radiation contributing to the heat stress and wind speed for cold stress.

Keywords: Cattle; Thermal comfort; Index; Temperature; Humidity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Nomograma de TE	27
Figura 02: Fluxograma da metodologia	29
Figura 03: Limite de exposição ocupacional ao calor	31
Figura 04: Taxa metabólica M(W) por tipo de atividade	31
Figura 05: Tratamento de dados 01	35
Figura 06: Tratamento de dados 02	35
Figura 07: Tratamento de dados 03	36
Figura 08: Resultados ITU (bovino) do período frio	37
Figura 09: Resultados ITU (bovino) do período quente	37
Figura 10: Resultados ITGU do período frio	39
Figura 11: Resultados ITGU do período quente	39
Figura 12: Resultados ITU (humano) do período frio	41
Figura 13: Resultados ITU (humano) do período quente	41
Figura 14: Resultados IBUTG do período frio	43
Figura 15: Resultados IBUTG do período quente	43
Figura 16: Resultados TEv do período frio	45
Figura 17: Resultados TEv do período quente	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Faixas de conforto térmico	33
Tabela 02: Resultados finais	46

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Índice de Temperatura e Umidade: Bovino	25
Equação 2: Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade	25
Equação 3: Índice de Temperatura e Umidade: Humano	26
Equação 4: Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo	26
Equação 5: Temperatura Efetiva com Vento	27
Equação 6: Temperatura de Bulbo Úmido	29
Equação 7: Temperatura de Globo Negro	30

LISTA DE SIGLAS

SEAB	Secretaria da Agricultura e Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GEE	Gases de Efeito Estufa
NR	Norma Regulamentadora
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
PNQL	Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite
PIB	Produto Interno Bruto
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
ETC	Estresse Térmico Calórico
FR	Frequência Respiratória
NEL	Nelore
CPD	Curraleiro Pé-Duro
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers,</i> Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
ID	Índice de Desconforto
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo
TGU	Temperatura de Bulbo Úmido
TE _v	Temperatura Efetiva em Função do Vento
TE	Temperatura Efetiva
ITGU	Índice de Temperatura de Globo e Umidade
TGN	Temperatura de Globo Negro
TBS	Temperatura de Bulbo Seco
UR	Umidade Relativa
TPO	Temperatura do Ponto de Orvalho
TBU	Temperatura de Bulbo Úmido
V	Velocidade do Ar
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
SR	Radiação Solar

M

Taxa Metabólica

LISTA DE SÍMBOLOS

TBS	[°C]
TBU	[°C]
TGN	[°C]
TPO	[°C]
UR	[%]
Velocidade do ar	[m/s]
SR	[W/m ²]
M	[W]
IBUTG	[°C]
TE _v	[°C]
ITU	-
ITGU	-

SUMÁRIO

1	Introdução	17
1.1	Objetivos	18
1.2	Justificativa	19
2	Referencial teórico	20
2.1	Produção de leite no Brasil	20
2.1.1	Produção de leite na microrregião de Irecê	21
2.1.2	Trabalhadores rurais na produção leiteira	22
2.2	Controle térmico bovino	22
2.3	Controle térmico humano	24
2.4	Índices de conforto térmico	25
2.4.1	Índices de conforto térmico bovino	25
2.4.1.1	Índice de Temperatura e Umidade (ITU): Bovino	25
2.4.1.2	Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU)	26
2.4.2	Índices de conforto térmico humano	26
2.4.2.1	Índice de Temperatura e Umidade (ITU): Humano	27
2.4.2.2	Índice de Bulbo Úmido e Temperatura do Globo (IBUTG)	27
2.4.2.3	Temperatura Efetiva com vento (TEv)	27
3	Metodologia	29
4	Resultados e discussões	35
4.1	Análise bovina	37
4.1.1	Resultados do ITU (bovino)	37
4.1.2	Resultados do ITGU	39
4.2	Análise humana	41
4.2.1	Resultados do ITU (humano)	41
4.2.2	Resultados do IBUTG	43
4.2.3	Resultados do TEv	45
4.3	Resultados finais	47
5	Conclusão	48
6	Sugestão para trabalhos futuros	50
	Referências Bibliográficas	

1 INTRODUÇÃO

A pecuária desde tempos remotos tem movimentado o mercado no mundo todo, e a modernização dos sistemas de produção e criação de mecanismos de trabalho mais eficazes, têm contribuído para o crescimento da criação e exportação do gado. Conforme a SEAB (2019), Secretaria da Agricultura e Abastecimento do estado do Paraná, o rebanho mundial de bovinos girou em torno de 1 bilhão de cabeças, onde a Índia liderou com 30% dessa quantidade com cerca de 300 milhões de animais, seguidos do Brasil, China e Estados Unidos da América. No cenário nacional, o Brasil em 2020 ultrapassou a Índia, e se tornou o país com maior rebanho bovino do mundo. No mesmo ano, o Brasil também obteve o título de maior exportador de carne em toneladas no mundo, onde se encontrou no posto com 14,4%, ou seja, 2,2 milhões de toneladas (ARAGÃO; CONTINI, 2021).

Outro ponto forte ligado à pecuária é a produção de leite. Segundo a EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a produção mundial de leite em 2020 foi estimada em 532,3 milhões de toneladas, o que significou um aumento de 1,5% em relação a 2019, e de 6,7% com relação a 2016. No Brasil, nos últimos 40 anos a produção de leite quadruplicou. Esse aumento foi possível não só com a expansão do rebanho, mas também com a produtividade das vacas, a partir da incorporação de tecnologias (EMBRAPA, 2021).

Segundo o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, movimentando mais de 100 bilhões de reais ao ano. Também é fato que 99% dos municípios do país produzem leite e sua predominância situa-se na agricultura familiar. No geral, o leite emprega quase 4 milhões de pessoas, seja no campo ou na indústria (BRASIL, 2021).

Um grande inimigo da produção de leite no mundo é o estresse animal, que muitas vezes se refere ao estresse térmico devido ao clima em que o gado está sujeito e ao desconforto térmico durante o manejo. Uma boa maneira de aumentar a produção de leite relacionado ao avanço tecnológico nos tempos recentes, passou por proporcionar um ambiente mais confortável termicamente para o animal.

Vale ressaltar que, o Nordeste figura hoje como a terceira maior região produtora de leite no Brasil, atrás das regiões Sul e Sudeste, e possui um crescimento de 2,8% ao ano na produção. Ainda no Nordeste, o estado da Bahia representa a segunda maior produção de leite, fechando o ano de 2018 com produção de 891 milhões de litros, segundo dados do IBGE entre os anos de 1997 a 2018 (EMBRAPA, 2020).

A mesorregião Centro Norte da Bahia, da qual a microrregião de Irecê faz parte, é a terceira maior mesorregião baiana em termos de cabeças de bovinos. Em nível de microrregião, a microrregião de Irecê ocupa a posição 24^o de cabeças de gado na Bahia, segundo dados do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). A microrregião de Irecê é composta por 19 municípios: América Dourada, Barra do Mendes, Barro Alto, Cafarnaum, Canarana, Central, Gentio do Ouro, Ibipeba, Ibititá, Irecê, Itaguaçu da Bahia, João Dourado, Jussara, Lapão, Mulungu do Morro, Presidente Dutra, São Gabriel, Souto Soares e Uibaí, e há uma rica e crescente produção de leite, principalmente gerada por pequenos e médios produtores (IBGE, 2021).

Segundo dados do Weather Spark, a cidade de Irecê possui uma temperatura que varia de 15°C até 34°C ao longo do ano. O verão é curto, quente e de céu parcialmente encoberto.

A estação mais quente do ano se dá entre os meses de setembro a novembro, e a temperatura máxima de 34°C é alcançada no mês de outubro (WEATHER SPARK, 2022).

Uma grande contribuição para as altas temperaturas é o efeito estufa. A demanda energética global tem sido a principal causa do aumento do efeito estufa, uma vez que cada vez mais poluentes têm sido lançados na atmosfera. Segundo Saviano (2021) a revolução industrial causou um grande aumento do efeito estufa no mundo, o que levou consequentemente ao aquecimento global. Os autores também falam de um aumento acima de 2°C na temperatura média global, e que afetará não somente a temperatura, como também, outros eventos climáticos extremos. Tais consequências podem causar impactos em diversos segmentos socioeconômicos do Brasil, como a agricultura e pecuária (Salviano *et.al.*, 2015).

O conforto térmico no ambiente de trabalho para os seres humanos é tão importante quanto a observância deste item para os animais. No Brasil, a NR-17, Norma Regulamentadora nº 17 que trata do conforto térmico da seguinte maneira, fala sobre como adotar medidas de controle da temperatura, da velocidade do ar e da umidade com a finalidade de proporcionar conforto térmico nas situações de trabalho, observando-se o parâmetro de faixa de temperatura do ar entre 18 e 25 °C para ambientes climatizados (BRASIL, 2021). Portanto, a interação entre animal e ambiente deve ser considerada quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois as diferentes respostas do animal às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade (Navarini *et.al.*, 2009).

No processo da criação de gado, muitas vezes o trabalhador é negligenciado e deixado de lado. Ele é parte tão importante quanto o produto ou serviço desenvolvido, e sem o trabalho e esforço humano, não há resultado ou ação alguma. É nesse contexto que, oferecer condições dignas de trabalho, além de favorecer um ambiente confortável são peças fundamentais em qualquer propriedade ou empresa que visa a produção leiteira.

1.1 Objetivos

Geral

Avaliar o conforto térmico para os bovinos leiteiros e para os trabalhadores rurais da microrregião de Irecê, localizada na mesorregião Centro Norte do estado da Bahia.

Objetivos específicos:

- a) Obter dados meteorológicos para o município de Irecê, a partir de base de dados online;
- b) Realizar o tratamento de dados de forma a fazer uma análise dos últimos 10 anos no município escolhido;
- c) Definir os índices de conforto térmico adequados para bovinos e humanos;
- d) Calcular tais índices e analisar os resultados de conforto térmico para a região escolhida.

1.2 Justificativa

Tendo em vista a forte produção de leite na microrregião de Irecê, condicionada em sua maioria, a pequenos e médios produtores, juntamente ao exemplo dos laticínios Valpadana e Davaca que movimentam o mercado local e nacional e a fazenda Frutop localizada no município de Ibipeba - ranqueada no top 100 em produção de leite no Brasil, além da questão de a região de Irecê estar localizada no semi árido nordestino, caracterizada por verões quentes e com poucas chuvas no ano, o estudo do conforto térmico bovino e humano pode ser considerado uma ferramenta bastante útil para entender se a atual produção leiteira da microrregião está sendo afetada pelo seu clima intenso e característico.

A necessidade de melhorias no setor produtivo de leite, e agropecuário como um todo, se faz ainda mais urgente, haja vista que, para 2030, irão permanecer os produtores mais eficientes, que se adaptarem à nova realidade de adoção de tecnologia, melhorias na gestão e maior eficiência técnica e econômica, segundo previsões da Secretaria de Política Agrícola, realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Ainda, a ausência de estudos e artigos para o interior da Bahia, e ainda mais para a microrregião de Irecê, dando um olhar específico para o mercado agropecuário, faz com que este trabalho se torne ainda mais importante para o desenvolvimento e visibilidade da região, ao ensejar também trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os temas mais relevantes como revisão para o presente trabalho. A partir disso, o capítulo é composto de outras quatro partes principais: produção de leite no Brasil, mecanismos de controle térmico bovino, mecanismos de controle térmico humano e índices de controle térmico.

2.1 Produção de leite no Brasil

O Brasil é um país rico no que se refere à produção de leite. Conforme Teixeira *et al.* (2020), a cadeia produtiva do leite é uma das principais atividades econômicas do Brasil, com forte efeito na geração de emprego e renda.

Regionalmente, o Sul e o Sudeste sempre estiveram à frente da produção de leite no Brasil, acumulando 68% da produção nacional. Acontece que, em 1997 a produção de leite na região Sudeste era tamanha que chegava ao dobro da produção no Sul. Porém, o crescimento da produção na região Sul alinhado com a queda na região Sudeste, fez com que em 2014 o Sul ultrapassasse o Sudeste e se tornasse a maior região produtora de leite no país. Entre 1997 e 2018, a produção sulista cresceu, em média, 4,6% ao ano, enquanto que no Sudeste apenas 1,4%. A região Nordeste, fica em destaque por sua boa evolução na produção entre os anos de 1997 a 2018 (TEIXEIRA *et al.*, 2020), apesar de mostrar uma queda na taxa de crescimento para o ano de 2020 com relação a 2019, aumentado a produção em 1,9%, onde ocupa atualmente a posição de terceira maior região produtora de leite, seguida das regiões Centro-Oeste e Norte.

Vale destacar estas duas últimas regiões, a região Centro-Oeste e Norte, que apesar de possuírem menores volumes de produção no país, e assim com o Nordeste, apresentaram uma boa evolução percentual entre os anos de 1997 e 2018, mas em 2020, apresentaram percentuais negativos de crescimento de 0,2% e 4,92%, respectivamente, na produção de leite. Em termos de representação nacional, as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte respondem a 14%, 11,6% e 6,1% do montante nacional de leite (CNA, 2021).

Ao observarmos o quadro da produção de leite por estados no Brasil, entendemos melhor como se dá a flutuação das regiões Sul e Sudeste e a representação de outros estados para as suas regiões. O estado de Minas Gerais aparece historicamente como maior produtor, com 9,7 bilhões de litros, à frente do Paraná, com 4,6 bilhões, Rio Grande do Sul com 4,3 bilhões, Goiás com 3,18 bilhões e Santa Catarina com 3,13 bilhões (CNA, 2021). Com relação aos municípios, três deles representam 2,2% da produção nacional de leite, são eles Castro e Carambei do Paraná e Patos de Minas, de Minas Gerais, segundo pesquisa de 2020 do IBGE, conforme a Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2021).

Com relação à quantidade de cabeças de gado leiteiro, o Brasil é pioneiro no mundo, com uma população de gado que atingiu um ápice de 23 milhões de cabeças em 2014. Ainda, tem se visto um grande aumento na produtividade por animal, como apontam dados do IBGE em parceria com a Embrapa, de que em cerca de vinte anos, a quantidade de litros de leite por vaca/ano aumentou em quase 90% (TEIXEIRA *et al.*, 2020). Dentre os estados mais produtivos, elegem-se Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná com a tríade de produtividade no Brasil (CNA, 2021). Tais resultados de produtividade foram possíveis nos últimos anos graças ao avanço tecnológico, que possibilitou um melhor apoio das ferramentas

e metodologias, ligadas ao estudo científico, para a gestão de qualidade e do cuidado com o gado, desde a pré-ordenha até o pós-ordenha.

A produção de gêneros alimentícios foi afetada profunda e beneficentemente a partir de normas e regulamentações no Brasil no decorrer dos anos. De acordo com Baptista *et al.* (2013), o primeiro marco de organização da produção leiteira ocorreu em 29 de março de 1952, quando Getúlio Vargas assinou o Decreto 30.691, aprovando o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Riispoa). Atualmente, esse decreto ainda vigora no país e é um marco na procura pela melhor qualidade na produção de leite (BAPTISTA *et al.*, 2013).

No passar dos anos, verificou-se necessário atualizar as normativas com relação à produção de leite no Brasil, visando melhorias e aperfeiçoamento. Em 1998, o MAPA estabeleceu a Portaria 166, para formar um grupo de trabalho para analisar e propor programas e medidas visando ao aumento da competitividade e à modernização do setor produtivo de leite e derivados no Brasil (TIMM & OLIVEIRA, 2004). Tal comissão, gerou em 1999 o que ficou conhecido como PNQL, Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite, que tinha como objetivo promover a melhoria da qualidade do leite e garantir a segurança alimentar da população, assim como agregar valor aos produtos lácteos, evitar perdas e aumentar a competitividade em novos mercados (PINTO, 2011).

2.1.1 Produção de leite na microrregião de Irecê

A cidade de Irecê fica localizada no interior do estado da Bahia, na mesorregião Centro Norte do estado. Segundo uma estimativa do IBGE (2021) sua população é de 74.050 pessoas e possui um PIB, Produto Interno Bruto de R\$ 18.285,81 referente ao ano de 2019. Irecê é a cidade mais desenvolvida da sua microrregião, tanto em termos de população quanto em termos econômicos. A cidade é mais conhecida pela sua grande variedade de comércio e serviços de saúde, lazer e gastronomia. A microrregião é composta por 19 municípios: América Dourada, Barra do Mendes, Barro Alto, Cafarnaum, Canarana, Central, Gentio do Ouro, Ibipeba, Ibititá, Irecê, Itaguaçu da Bahia, João Dourado, Jussara, Lapão, Mulungu do Morro, Presidente Dutra, São Gabriel, Souto Soares e Uibaí, e sendo localizada no sertão da Bahia, a criação de Gado e a produção de leite, sendo comandada principalmente por pequenos e médios produtores, é uma das fontes mais importantes de renda para os 19 municípios (BRASIL, 2022).

Segundo dados estatísticos do IBGE para o ano de 2021, a microrregião de Irecê possui um total de 25.553 cabeças de vacas ordenhadas, produziu uma quantidade de leite igual a 32.462.000 litros com um valor de produção igual a R\$ 58.783.000. Tais números mostram uma representatividade de 2,83% de cabeças de vacas ordenhadas, 2,7% da quantidade de leite e 2,84% do valor de produção da microrregião de Irecê em relação ao estado da Bahia (BRASIL, 2022).

Atualmente, a microrregião de Irecê conta com uma empresa de beneficiamento de leite, a Valpadana, que produz produtos como leite pasteurizado, iogurtes, bebidas lácteas, queijos e manteigas. A empresa atua no mercado há 31 anos, possui mais de 1200 pontos de venda e serve 38 municípios dentro e fora da microrregião de Irecê. A Valpadana conta com uma fazenda na cidade de Irecê onde há criação própria de gado leiteiro, além de comprar volumes de leite de vários outros produtores associados ao longo da microrregião.

Além disso, recentemente outra empresa de beneficiamento de leite, a Davaca, com sede na cidade de Ibirapuã, extremo sul da Bahia, que atua no mercado há 30 anos e em 8 estados brasileiros, passou a comprar leite diretamente dos produtores da microrregião de Irecê, o que trouxe renda para os produtores e competitividade para o mercado de laticínios.

2.1.2 Trabalhadores rurais na produção leiteira

Segundo Alves (2020), 21,1% da população economicamente ativa do Brasil está diretamente envolvida com trabalho rural. Além disso, no território brasileiro, aproximadamente 17,8 milhões de pessoas são envolvidas com esse tipo de trabalho e dele tiram sua principal forma de sustento.

De acordo com Leonardi (2017), o trabalho dos produtores leiteiros envolve diversas tarefas, que vão desde o manejo com os animais, alimentação, ordenha, higienização do ambiente e material, armazenamento do leite, até o consumo do produto final, possuindo alguns postos que exigem esforço físico do trabalhador. Haja vista que a atividade agropecuária no Brasil é, na maioria, conduzida por pequenos e médios produtores, e que demanda do trabalhador atenção e esforço em outras atividades à parte da produção leiteira. Em muitas ocasiões ao longo do país, o trabalhador rural acaba sobrecarregado com muitas atividades, o que influencia definitivamente na sua produtividade, sem contar na qualidade de vida.

No Brasil, muito da economia agrícola hoje depende da agricultura familiar, e no caso da produção de Leite não é diferente. Na agricultura familiar no Brasil, conforme Soares (2009), encontram-se casos desde famílias muito pobres, que detém em caráter precário um pedaço de terra, que dificilmente pode servir de base para uma unidade de produção sustentável, até famílias com dotação de recursos suficientes para aproveitar as oportunidades criadas em seu contexto (SOARES et al., 2009).

Estatisticamente, em 2017 o Censo Agro da IBGE apontou que além dos 77% dos estabelecimentos agropecuários serem considerados como Agricultura Familiar, esse setor emprega mais de 10 milhões de pessoas, o que representa 67% das pessoas ocupadas no meio rural, segundo boletim da CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Ainda, esses 77% representam 3,9 milhões de propriedades que são classificadas como agricultura familiar e correspondem a 23% da área de todos os estabelecimentos rurais do país. Isso significa que, R\$ 107 bilhões provêm desse sistema de produção, o que equivale a 23% de toda produção agropecuária brasileira (CONAB, 2021).

Por fim, no Brasil a atividade leiteira gera rendas mensais para os agricultores ao facilitar a gestão do capital da propriedade. Assim, evidencia-se que a atividade leiteira é típica de pequenas propriedades, apresentando-se como fonte de renda mensal da família, ao contrário de outras culturas e criações (TROIAN et. al., 2009).

2.2 Controle térmico bovino

A definição de conforto térmico, de acordo com Ricci (2013), é a força exercida pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, causando nela uma reação fisiológica proporcional à intensidade da força aplicada e a capacidade do organismo em compensar os desvios causados pela força. A partir disso, Abreu (2011) destaca que o estresse calórico é um

típico problema encontrado no manejo de vacas leiteiras nos trópicos e subtropicais, causando reduções na produção e mudanças na composição do leite, redução na ingestão de alimentos e aumento na ingestão de água.

As raças de bovinos podem ser classificadas em duas categorias, a raça zebuína e taurinas. A raça zebuína é oriunda da Ásia, e tolera mais o clima quente. Já a raça taurina é oriunda da Europa, onde os animais se adaptam a um clima mais ameno. No Brasil, destacam-se as raças Holandês, Jersey e Pardo Suíço, entre as raças taurinas e Gir, Guzerá e Sindi entre as raças zebuínas (ESTEIO GESTÃO AGROPECUÁRIA, 2021).

Na literatura, não existe um consenso sobre a faixa de temperatura ideal para o conforto térmico bovino, especificamente para vacas leiteiras, haja vista os diversos fatores envolvidos em cada situação, como região geográfica, raça e idade do animal, além dos fatores climáticos como temperatura do ar, umidade, velocidade do ar e irradiação térmica. De acordo com Ricci (2013) as melhores condições de temperatura e umidade relativa para criar animais estão em torno de 13 a 18°C e 60 a 70%, respectivamente, e que um sistema que mantenha a temperatura cutânea a 35°C (máximo) previne reduções no rendimento leiteiro. Já Garcia (2017) diz que para haver conforto térmico para vacas leiteiras, a temperatura deve estar entre 12 e 18° e a umidade relativa entre 70 e 80%, e para uma zona de termoneutralidade a temperatura deve variar entre -5 a 25° e a umidade relativa entre 30 a 80%.

Segundo Almeida (2011), a raça holandesa, especializada em produção leiteira, possui zona de termoneutralidade situada entre 4 e 26 °C, e conforme Fialho (2018) as consequências que os bovinos sofrem por causa do ETC, Estresse Térmico Calórico, são a variação da homeostase, o que leva a alterações endócrinas e a efeitos negativos sobre eventos reprodutivos na fêmea bovina, alteração do desenvolvimento folicular, comprometimento da competência oocitária e pode também atrasar ou mesmo inibir o desenvolvimento embrionário.

Entre os principais métodos de controle do estresse térmico pode-se citar o oferecimento de sistemas de ventilação, aspersão e resfriamento evaporativo como formas de interferência externa para amenizar esse estresse. Porém, apesar da aplicação de sistemas de resfriamento serem eficientes, as respostas da própria vaca ao clima quente são indicadores mais confiáveis do grau de estresse térmico, como por exemplo, o deslocamento do animal para uma região de sombra e o aumento da FR, frequência cardíaca (RICCI, 2013).

Um experimento realizado pela Embrapa (2019), em que analisou o nível de estresse térmico de bovinos das raças NEL, Nelore, CPD, Curraleiro Pé-Duro, F1: ½ CPD + ½ NEL e F2: ¼ CPD + ¼ NEL + ½ Senepol, mostrou como resultado que o aumento natural da FR dos animais foi eficiente no controle da temperatura corporal, numa situação de exposição contínua de calor.

O método de criação dos bovinos também é preponderante para o controle da temperatura e conforto térmico dos mesmos. No sistema de confinamento dos bovinos, os animais são alimentados em cochos e dispõem de um ambiente coberto e confortável. Alguns desses sistemas de confinamento mais conhecidos são o *Compost Barn*, que consiste em uma área de descanso coletivo dos animais adjacente a um corredor de alimentação e o *Free Stall*, que consiste em um confinamento com camas individuais delimitadas por barras de aço (MARTINS, 2021).

Além destas, ainda há outras maneiras de evitar o estresse térmico dos bovinos, como por exemplo o uso de telhados e sombrites para favorecer ambientes frescos, a estimulação do plantio de árvores nos currais para uma melhor oxigenação e frescor do ambiente, o cuidado com a dieta dos animais, pois, conforme Ricci (2013), uma vez que o animal tem maiores custos com energia para tentar manter a homeotermia, ao mesmo tempo ele tem menor ingestão de alimento, que causa um déficit de energia e que leva à queda na produção de leite, e o melhoramento genético, ao procurar gerar uma raça mais tolerante ao calor, são de extrema relevância para oferecer um melhor conforto térmico aos bovinos.

2.3 Controle térmico humano

Segundo a ASHRAE, Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (Tradução livre), em seu módulo 55 (2017), o conforto térmico pode ser conceituado como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico e que é estimado a partir de avaliações subjetivas. Torna-se ainda mais complicado padronizar uma zona de conforto térmico, quando se tem zonas de trabalho diferenciadas, que vão do escritório até a zona rural.

No caso do ambiente natural, Buriol (2015) indica que a quantificação do conforto térmico geralmente é realizada utilizando-se a temperatura e a umidade do ar, em função da dificuldade de determinação das outras variáveis e por serem facilmente modificadas pelo vestuário e sombreamento, especialmente devido à mobilidade humana. Ademais, pode-se usar outras variáveis como velocidade do vento, nos estudos realizados pelo pesquisador francês Missenard, em 1937 e o efeito da radiação, como proposto pelo arquiteto brasileiro Monteiro em 2008 (FANTE, 2019).

Contudo, de acordo com Oliveira (2006), enquanto a ambiência animal tem recebido maior atenção por parte dos pesquisadores, poucos estudos têm sido conduzidos com relação à ambiência do trabalhador rural. Dessa forma, trabalhadores têm sua saúde prejudicada por causa do desconforto térmico, e por isso estão mais suscetíveis a acidentes de trabalho e a uma queda de rendimento no trabalho. Almeida & Veiga (2010) mostram que a jornada de trabalho pode superar 12 horas diárias, com frequência de até sete vezes na semana sob condições ambientais bastante desfavoráveis, principalmente nas variáveis temperatura e umidade.

Dessa forma, existem algumas maneiras de regular a temperatura corporal do ser humano, seja de forma natural, por meio da termorregulação natural ou por meio de medidas e sistemas de resfriamento, como o uso adequado de vestimentas, de EPI's, equipamentos de proteção individual, e da instalação de mecanismos de ventilação, por exemplo.

De acordo com Silva (2001), o sistema de controle térmico humano inclui o mecanismo vasomotor, o aumento da perda de calor por evaporação através do suor, ou mecanismo "sudomotor", e a geração de calor através dos calafrios e Buriol (2015) sustenta que a temperatura fisiológica humana depende da intensidade do metabolismo e das taxas de troca de calor com o ambiente, que para manter o equilíbrio térmico, o calor metabólico produzido pelo corpo humano mais as trocas de calor por radiação, evaporação e convecção devem se anular.

Um mecanismo natural de termorregulação do corpo humano é o mecanismo de evaporação, que consiste na perda de calor acompanhada pela vaporização de um líquido a

partir da superfície corporal. Uma maneira de rejeitar a maior parte do calor ganho e de refrescar a superfície quente é por meio da sudorese, que é o ato de produzir e liberar suor. A sudorese inicia-se quando a temperatura corporal central é superior a 37°C (MAGALHÃES *et. al.*, 2001) e como explica Werebe (2017) o processo acontece no hipotálamo que, ao identificar um aquecimento, por meio do sistema nervoso simpático, avisa às glândulas sudoríparas que é hora de transpirar.

É certo também que, a vestimenta e o uso de EPI's afetam o conforto térmico de um trabalhador. Conforme Almeida & Veiga (2010), a depender do material da vestimenta ou EPI utilizado, o tempo de atividade recomendado pode variar de acordo com o esforço exigido por tal atividade, isso para elevar-se um mesmo valor da temperatura corporal. Como grande parte dos EPI's de trabalhadores rurais, por exemplo, é feito de material plástico e impermeável, o tempo de atividade reduz-se drasticamente se este trabalhador estivesse vestindo roupas leves.

2.4 Índices de conforto térmico

De acordo com Souza (2010), na tentativa de estabelecer critérios para a classificação dos ambientes, foram desenvolvidos diversos índices de conforto térmico, a partir de variáveis como temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação, que visam a englobar, em um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e das atividades realizadas sobre o indivíduo estudado, seja homem ou animal. Conforme Leal (2017), quanto mais variáveis meteorológicas consideradas para o cálculo de determinado índice de conforto térmico, mais representativos são seus resultados. Como primeiros índices que revelam certo conforto ou desconforto térmico, Kawabata (2005) traz a informação de que as respostas ao estresse térmico mais utilizadas são a temperatura corporal, a taxa e o volume respiratório, isoladamente ou em combinação.

Atualmente, entre os mais conhecidos índices de conforto térmico temos o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ou Índice de Desconforto (ID), Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG), Temperatura de Bulbo Úmido (TGU) e Temperatura Efetiva (TE), para humanos, e para bovinos temos o ITU, o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e a Temperatura de Globo Negro (TGN).

2.4.1 Índices de conforto térmico bovino

Oliviera (2006) traz alguns exemplos de índices térmicos desenvolvidos para animais e que podem ser usados para estimar o conforto térmico de bovinos leiteiros, como o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), proposto por Thom (1959) e citado por Pezzopane (2019) e o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) proposto por Buffington (1977).

2.4.1.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU): Bovino

Esse índice é bastante utilizado pois depende de variáveis climáticas fáceis de se obter, como temperatura do ar e umidade relativa. Dos Santos (2020), traz que o ITU é amplamente utilizado por representar a capacidade de evaporação, uma vez que esse é o

mecanismo responsável por cerca de 85% da perda de calor com o meio. Em algumas aplicações, o cálculo do ITU envolve a temperatura de bulbo úmido e a temperatura de orvalho.

O ITU bovino pode ser calculado a partir da equação (1) de Dikmen & Hansen (2009).

$$ITU = (1,8 * TBS + 32) - [(0,55 - 0,0055 * UR)(1,8 * TBS - 26)] \quad (1)$$

em que:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade bovino, adimensional;

TBS = Temperatura de bulbo seco (°C);

UR = Umidade relativa (%);

2.4.1.2 Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU)

O ITGU é um índice usado para medir o conforto térmico apenas em animais e também é usado para bovinos, suínos e frangos de corte. Segundo Gomes (2009), o índice ITGU é considerado mais preciso que o ITU para avaliar o conforto animal, por incorporar os efeitos da umidade, do escoamento do ar, da temperatura do bulbo seco e da radiação, em um único valor.

Ainda de acordo com Gomes (2009), o índice ITGU leva em questão a temperatura de globo negro e a temperatura de orvalho. O instrumento responsável por medir a temperatura de globo negro é feito de uma esfera oca de cobre, enegrecida com tinta preta fosca no interior da qual é adaptado um elemento sensor de temperatura. O ITGU representa, num único valor, os efeitos combinados da energia radiante, temperatura e velocidade do ar.

De acordo com Buffington (1977), o ITGU é definido pela equação (2).

$$ITGU = TGN + 0,36 * TPO + 41,5 \quad (2)$$

em que:

ITGU = Índice de Temperatura de Globo e Umidade, adimensional;

TGN = Temperatura de globo negro (°C);

TPO = Temperatura do ponto de orvalho (°C);

2.4.2 Índices de conforto térmico humano

Souza (2010), defende que altos valores de temperatura do ar e umidade relativa resultam em desconforto térmico, geralmente prejudicial para os seres humanos. Tendo como consequência do desconforto térmico, os trabalhadores rurais têm sua saúde afetada, além de correrem o risco de acidentes e de ter uma queda no rendimento.

Para humanos, alguns dos métodos de quantificação do conforto térmico envolvem tanto o índice ITU já mencionado, como também outros índices, como o Índice de Bulbo Úmido e Temperatura do Globo (IBUTG), proposto por Yaglou & Minard (1957) e a Temperatura Efetiva (TE), dentre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

2.4.2.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU): Humano

O ITU humano pode ser calculado a partir da equação (3) de Thom (1959).

$$ITU = TBS - 0,55(1 - UR)(TBS - 14) \quad (3)$$

em que:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade humano, adimensional;

TBS = Temperatura de bulbo seco (°C);

UR = Umidade relativa, em fração decimal;

2.4.2.2 Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG)

Para o IBUTG, a Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 2022) atua no Brasil para regulamentar a determinação de sobrecarga térmica por meio do índice, aliada à taxa metabólica que deve ser estimada com base na comparação da atividade realizada pelo trabalhador. Segundo a norma, uma atividade feita pelo trabalhador é insalubre quando o IBUTG máximo calculado é maior do que o exigido de acordo com a taxa do metabolismo requerido, onde esta varia com a quantidade de esforço empregado. O IBUTG leva em consideração a temperatura de bulbo úmido, a temperatura de globo negro, e a temperatura de bulbo seco para ambientes externos com carga solar (com radiação solar direta) (OLIVEIRA & PESSOA, 2006).

A norma ainda diz que são caracterizadas como insalubres as atividades ou operações realizadas em ambientes fechados ou ambientes com fonte artificial de calor sempre que o IBUTG (médio) medido ultrapassar os limites de exposição ocupacional estabelecidos com base no IBUTG (BRASIL, 2022).

O IBUTG, quando é levado em consideração a carga solar, foi proposto pela ISO 7243 (2017) e é quantificado de acordo com a equação (4).

$$IBUTG = 0,7 * TBU + 0,2 * TGN + 0,1 * TBS \quad (4)$$

em que

IBUTG = Índice de bulbo úmido e temperatura de globo (°C);

TBU = Temperatura de bulbo úmido (°C);

TGN = Temperatura de globo negro (°C);

TBS = Temperatura de bulbo seco (°C).

2.4.2.3 Temperatura Efetiva com vento (TEv)

A Temperatura Efetiva com Vento (TEv) incorpora a influência da velocidade do vento junto com a temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido, no índice já conhecido, a Temperatura Efetiva (TE) para a análise do conforto térmico humano. Conforme Leal et. al. (2017), este índice é diferenciado devido à consideração de dados de velocidade do vento, o que torna a análise mais próxima da realidade. A equação do índice TEv desenvolvida por Missenard (1937) é apresentada na equação (5).

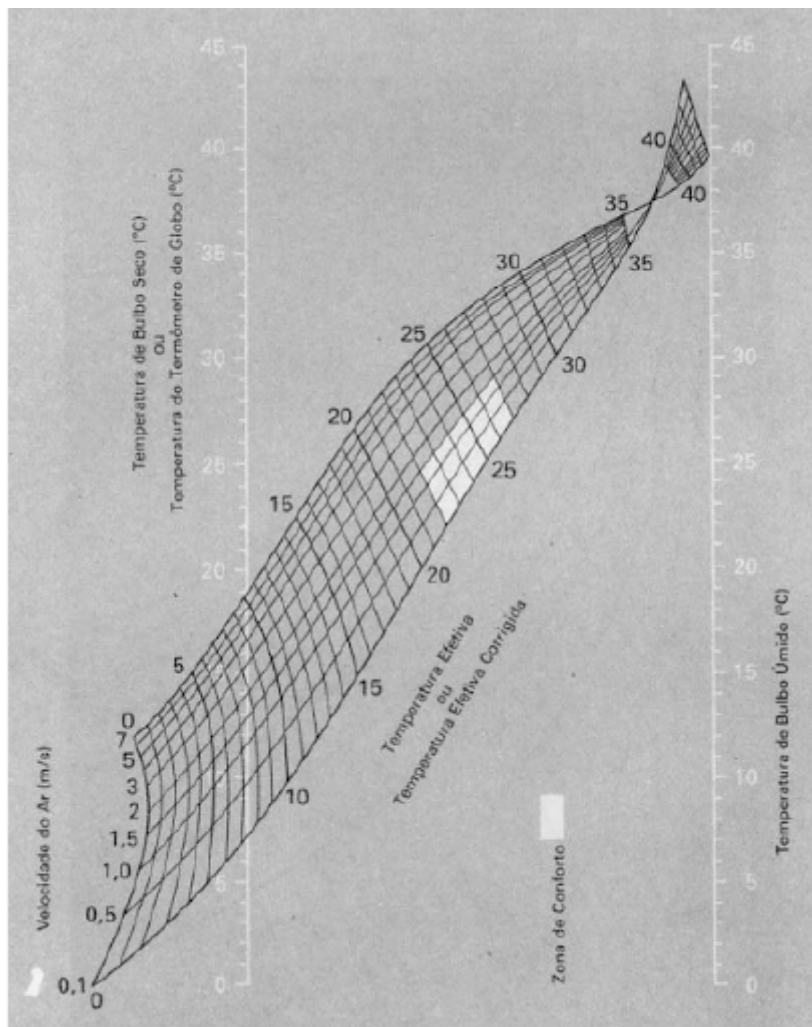
$$TEv = 37 - ((37 - TBS)/(0,68 - (0,0014 * UR) + (1/(1,76 + 1,4 * V^{0,75}))) - (0,2 * TBS * (1 - (UR/100))) \quad (5)$$

em que:

- TEv = Temperatura efetiva com Vento (°C);
- TBS = Temperatura de bulbo seco (°C);
- UR = Umidade relativa (%);
- V = Velocidade do vento (m/s).

O conforto térmico ainda pode ser estabelecido por meio da TE através de um nomograma, como mostrado na Figura 03.

Figura 01: Nomograma de TE



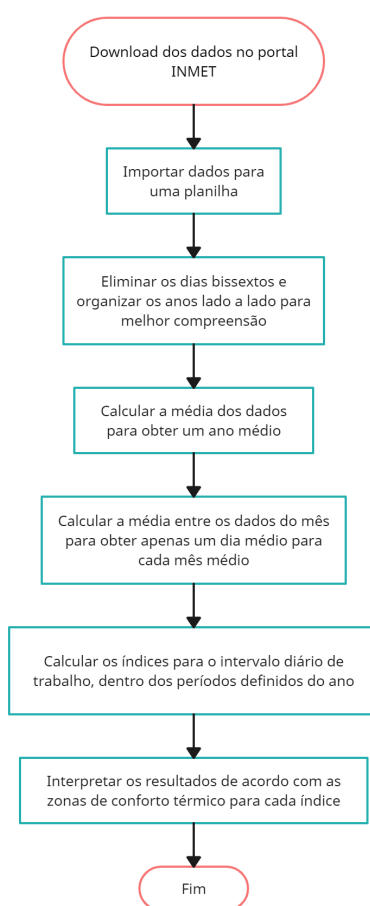
Fonte: Frota e Schiffer (2006).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi escolhida a cidade de Irecê-ba, que é a maior cidade dentre os 19 municípios da região de produção de gado na qual está inserida. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da cidade da cidade classifica-se como BSw_h, caracterizado por ser um clima quente de caatinga; chuvas de verão e período seco bem definido de inverno; temperatura média superior a 18°C; ausência de excedente hídrico. (BAHIA, 1998). Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia, a latitude de Irecê é -11,328998, a longitude -41,864504, com uma altitude de 768,42 metros (INMET, 2023).

A seguir, na Figura 02, é mostrado um fluxograma das principais atividades desse trabalho.

Figura 02: Fluxograma da metodologia



Fonte: Autor (2023).

Os dados meteorológicos locais, necessários para avaliação do conforto térmico local, foram obtidos a partir do portal do INMET, órgão que detém a estação meteorológica do tipo automática instalada no município de Irecê, Bahia, uma vez que as atividades de manejo bovino e do trabalhador acontecem geralmente com exposição direta das intempéries climáticas. Foram considerados dados que compõem uma série histórica de dez anos, referentes ao intervalo compreendido entre os anos de 2013 e 2022, sendo as variáveis de

interesse deste trabalho: a TBS, a umidade relativa do ar, a temperatura do ponto de orvalho, a velocidade do vento e a radiação solar incidente.

De posse destes dados, foi realizado o tratamento estatístico, por meio de softwares de planilhas, como Excel ou Google Sheets, com a finalidade de se obter representações dos períodos mais frio (maio a agosto) e mais quente (setembro a dezembro) do ano, respectivamente, inverno e primavera/verão.

Então, para este fim, foi necessário primeiro transformar os dados da série de dez anos para apenas um ano, chamado ano médio, por meio de média aritmética. Então foi feita a média entre os dez valores de uma variável para o mesmo horário. Por exemplo, a média entre os valores de temperatura à uma hora (01h00), dos dez dias primeiro de janeiro (01/01). Ao final desta etapa, obteve-se o ano médio. Em seguida, foi necessário transformar os trinta dias para cada mês em apenas um dia, chamado dia médio ou típico, para cada mês. O processo foi semelhante: aplicar média aritmética entre valores de uma variável, no mesmo horário, só que desta vez, entre os trinta dias do mês. Ao final desse tratamento, houve apenas um dia médio para cada mês, ou seja, doze dias médios.

Após isso, foi considerado um intervalo de tempo para os cálculos dos índices das 5h até às 18h, como sendo uma jornada ordinária de trabalho para humanos, e das 5h até às 23h, como sendo uma jornada ordinária de trabalho para bovinos, e calculados os índices nas horas desse intervalo para os períodos frios e quentes dos intervalos de meses supracitados. Vale salientar que em intervalos de tempo alguns dados não constam no registro histórico do INMET e, nesses casos, os intervalos referidos serão excluídos dos cálculos médios bem como as variáveis excedentes relacionadas aos anos bissextos.

Alguns índices necessitaram de valores de temperatura de bulbo úmido (TBU) e temperatura de globo negro para determinação da condição de conforto local. No entanto, estas variáveis não foram obtidas diretamente da estação meteorológica. Para solução destes problemas, buscou-se na literatura correlações que pudessem indicar valores aproximados destas variáveis com base na combinação de variáveis mais simples, obtidas no INMET.

A TBU, que é a temperatura de um termômetro coberto por um tecido imerso em água, quando colocado em uma corrente de ar, e a água se evapora do tecido, até atingir uma temperatura de equilíbrio (MIRANDA et. al, 2006), pôde ser determinada, Segundo Stull (2011), a partir da equação (6).

$$TBU = TBS * \operatorname{atan}[0,151977(UR + 8,313659)^{1/2}] + \operatorname{atan}(TBS + UR) - \operatorname{atan}(UR - 1,676331) + 0,00391838(UR)^{3/2} * \operatorname{atan}(0,023101 * UR) - 4,686035 \quad (6)$$

em que

TBU = Temperatura de bulbo úmido (°C);

TBS = Temperatura de bulbo seco (°C);

UR = Umidade relativa (%).

Essa equação é válida para valores de UR entre 5% e 99% e de TBS entre -20°C e 50°C. O erro absoluto médio é 0.28°C (STULL, 2011).

Já a temperatura de globo negro (TGN), medida em graus Celsius, reúne os efeitos combinados de temperatura do ar, temperatura radiante e velocidade do vento, além de prever uma medida do calor radiante do ambiente (SILVA et. al., 2008) e foi determinada por meio dos valores encontrados de radiação solar, TBS e umidade relativa. Para a determinação do TGN em ambientes externos, que é o caso deste trabalho, Hajizadeh (2017) desenvolveu a equação (7).

$$TGN = 0,01498 * SR + 1,184 * TBS - 0,0789 * UR - 2,739 \quad (7)$$

em que:

TGN = Temperatura de globo negro (°C);

SR = Radiação solar (W/m²);

TBS = Temperatura de bulbo seco (°C);

UR = Umidade relativa (%);

Para essa equação, o erro absoluto médio é 0,025 e o coeficiente de determinação R² é 0,906 (HAJIZADEH, 2017).

Para a análise do IBUTG, os valores de referência foram estabelecidos de acordo com a NR-15, como já mencionado e foi considerada os seguintes tipos de atividade: Trabalho pesado com as mãos e Andando no plano com uma velocidade de 2 km/h, escolhidos por serem os dois principais tipos de atividade, comuns durante o manejo do bovino leiteiro em ordenha, com uma taxa metabólica de 198 W para as duas atividades, conforme a Figura 03. As figuras abaixo mostram como se relacionam o IBUTG e o tipo de atividade realizada pelo trabalhador.

Figura 03: Limite de exposição ocupacional ao calor

M [W]	$\overline{IBUTG}_{\text{MÁX}} [^{\circ}\text{C}]$	M [W]	$\overline{IBUTG}_{\text{MÁX}} [^{\circ}\text{C}]$	M [W]	$\overline{IBUTG}_{\text{MÁX}} [^{\circ}\text{C}]$
100	33,7	186	30,6	346	27,5
102	33,6	189	30,5	353	27,4
104	33,5	193	30,4	360	27,3
106	33,4	197	30,3	367	27,2
108	33,3	201	30,2	374	27,1
110	33,2	205	30,1	382	27,0
112	33,1	209	30,0	390	26,9
115	33,0	214	29,9	398	26,8
117	32,9	218	29,8	406	26,7
119	32,8	222	29,7	414	26,6
122	32,7	227	29,6	422	26,5
124	32,6	231	29,5	431	26,4
127	32,5	236	29,4	440	26,3
129	32,4	241	29,3	448	26,2
132	32,3	246	29,2	458	26,1
135	32,2	251	29,1	467	26,0
137	32,1	256	29,0	476	25,9
140	32,0	261	28,9	486	25,8
143	31,9	266	28,8	496	25,7
146	31,8	272	28,7	506	25,6
149	31,7	277	28,6	516	25,5
152	31,6	283	28,5	526	25,4
155	31,5	289	28,4	537	25,3
158	31,4	294	28,3	548	25,2
161	31,3	300	28,2	559	25,1
165	31,2	306	28,1	570	25,0
168	31,1	313	28,0	582	24,9
171	31,0	319	27,9	594	24,8
175	30,9	325	27,8	606	24,7
178	30,8	332	27,7		
182	30,7	339	27,6		

Fonte: BRASIL (2022).

Figura 04: Taxa metabólica M(W) por tipo de atividade

Em pé, agachado ou ajoelhado	
Em repouso	126
Trabalho leve com as mãos	153
Trabalho moderado com as mãos	180
Trabalho pesado com as mãos	198
Trabalho leve com um braço	189
Trabalho moderado com um braço	225
Trabalho pesado com um braço	261
Trabalho leve com dois braços	243
Trabalho moderado com dois braços	279
Trabalho pesado com dois braços	315
Trabalho leve com o corpo	351
Trabalho moderado com o corpo	468
Trabalho pesado com o corpo	630
Em pé, em movimento	
Andando no plano	
1. Sem carga	
• 2 km/h	198
• 3 km/h	252
• 4 km/h	297
• 5 km/h	360

Fonte: Adaptado de BRASIL (2022).

Finalmente, os índices de conforto térmico escolhidos para bovinos foram o ITU, pois é o índice mais utilizado pela maioria dos pesquisadores para avaliação do conforto em animais, em razão da facilidade de obtenção dos dados de temperatura e umidade relativa do ar e o ITGU, que diferente do ITU, reflete o ambiente térmico com radiação solar direta e indireta e seria o mais adequado para avaliar o desconforto e as subseqüentes perdas na produção sob essas condições (MARTELLO, 2004), e serão calculados por meio da Equação 1 e 2, respectivamente.

Para a análise do conforto humano, foram escolhidos os índices ITU, pelos mesmos motivos já apresentados, IBUTG, que segundo Amorim (2020) que diz que para a avaliação da exposição ao calor nos ambientes de trabalho, o IBUTG é o índice mais utilizado internacionalmente, inclusive no Brasil e o TEv por agregar o efeito da velocidade do ar nos cálculos de TBS e TBU. Esse índice desenvolvido por Missenard (1937) também é mencionado por Supling (1992), e no Brasil por Souza & Nery (2012), Leal et. al (2017) e Gobo & Galvani (2012), como sendo um índice com análise mais próxima da realidade (LEAL et. al, 2017). Esses índices foram calculados de acordo com a Equação 3, 4 e 5 respectivamente.

Segundo Lucena (2020), a vantagem desses índices se deve ao fato de que são mais fáceis de aplicar por não necessitarem de variáveis fisiológicas dos seres humanos. Tratam-se de classificações climáticas, neste caso, da espacialização das zonas de conforto humano.

Na tabela abaixo pode ser visualizado a faixa de conforto térmico ideal para cada um dos índices utilizados.

Tabela 01: Faixas de conforto térmico

Índice de conforto	Faixa de conforto
Bovino	ITU Ambiente confortável: $ITU < 74$; Alerta: $74,9 < ITU < 78$; Perigo: $78,1 < ITU < 84$; Emergência: $ITU > 84,1$. Rohleder (2022)
	ITGU Ambiente confortável: $ITGU < 74$; Alerta: $74 < ITGU < 78$; Perigo: $79 < ITGU < 84$; Emergência: $ITGU > 84$. Barcelos (2022)
Humano	ITU Ambiente confortável: $21 < ITU < 24$; Levemente desconfortável: $24 < ITU < 26$; Extremamente desconfortável: $ITU > 26$ Leal (2017)
	IBUTG Conforme Figura 02 e Figura 03. Brasil (2022)
	TE _v < 5: Muito Frio 5 < TE _v < 10: Frio 10 < TE _v < 13: Moderadamente Frio 13 < TE _v < 16: Ligeiramente Frio 16 < TE _v < 19: Pouco Frio 19 < TE _v < 22: Ligeiramente Fresco 22 < TE _v < 25: Confortável 25 < TE _v < 28: Ligeiramente Quente 28 < TE _v < 31: Quente Moderado 31 < TE _v < 34: Quente TE _v > 34: Muito Quente

Fonte: Autor (2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após ter acesso aos dados e ter feito o tratamento dos mesmos, os valores dos índices foram encontrados a partir dos valores de temperatura, umidade, temperatura do ponto de orvalho, velocidade do vento e radiação dos dias médios para os meses do ano médio. Os valores dos índices foram calculados apenas para o período do dia definido anteriormente como sendo das cinco horas (5h00) até às dezoito horas (18h00), e das cinco horas (5h00) até às vinte e três horas (23h00), para humanos e bovinos, respectivamente.

Todos os dados encontrados foram computados em tabelas, e de forma organizada, apresentados a seguir em forma de gráficos. As análises do conforto térmico para cada índice foram feitas individualmente, por tópicos, e julgados conforme a definição de conforto térmico da Tabela 01. Em cada gráfico pode-se ver linhas horizontais que representam a faixa de conforto térmico para cada índice.

Abaixo, é mostrado o resultado desse tratamento de dados por meio das planilhas. A Figura 03 exemplifica o agrupamento das variáveis para os anos do intervalo determinado. Os dados foram agrupados lado a lado, e cada ano tinha uma cor para a melhor identificação. A Figura 04 mostra o tratamento final onde foi encontrado o ano médio com seus respectivos dias médios para cada mês, e na Figura 05, como cada índice foi encontrado, ao inserir suas fórmulas no programa.

Figura 05: Tratamento de dados 01

A	B	C	D	E	F	G
Data	Hora (UTC)	Temp. Ins. (C)	Umi. Ins. (%)	Pto Orvalho Ins.	Vel. Vento (m/s)	Radiacao (KJ/m²)
01/01/2013	0	26,6	43	12,8	3,4	
01/01/2013	100	25,4	56	16	4,6	
01/01/2013	200	24,3	61	16,4	4,9	
01/01/2013	300	23,5	66	16,7	4,7	
01/01/2013	400	22,7	69	16,6	2,8	
01/01/2013	500	22	72	16,7	3,6	
01/01/2013	600	21,2	74	16,4	3,2	
01/01/2013	700	20,8	74	15,9	2,4	
01/01/2013	800	20,1	73	15,1	2,5	
01/01/2013	900	20,2	72	15	2,9	40,8
01/01/2013	1000	22,2	64	15,1	4,1	704
01/01/2013	1100	24	59	15,4	3,6	1649,6
01/01/2013	1200	26,2	50	14,8	3,7	2526,8
01/01/2013	1300	27,5	44	14,3	3,6	3245,6
01/01/2013	1400	29	38	13,2	2,9	3794,1
01/01/2013	1500	31,3	33	13,1	2,5	4066
01/01/2013	1600	30,8	34	12,9	3,3	2954,9
01/01/2013	1700	30	37	13,6	3,7	1585,6
01/01/2013	1800	30,8	32	12,2	3,1	2210,7
01/01/2013	1900	31,9	30	12	2,3	1562
01/01/2013	2000	31,3	29	10,9	2	1009,1
01/01/2013	2100	29,2	37	13,1	4	430,2
01/01/2013	2200	28	39	12,9	2,6	6
01/01/2013	2300	27,5	41	13,1	2,7	
02/01/2013	0	26,6	44	13,2	2	
02/01/2013	100	25,5	47	13,3	2,5	
02/01/2013	200	24,6	61	16,6	3,9	

Fonte: Autor (2023).

Figura 06: Tratamento de dados 02

A	B	C	D	E	F	G	H
Data	Hora (UTC)	Temp. Ins. (C)	Umi. Ins. (%)	Pto Orvalho Ins.	Vel. Vento (m/s)	Radiacao (KJ/m²)	
JANEIRO	0	24,35	60	15,8	2,3	0	
	100	23,5	62	16,3	2,25	0	
	200	22,75	67	16,5	2,25	0	
	300	22,2	71	16,7	2,25	0	
	400	21,65	73,5	17,1	2,25	0	
	500	21,15	78	16,95	2,1	0	
	600	20,75	80	17,1	1,9	0	
	700	20,5	82	17	1,75	0	
	800	20,15	84	16,9	1,65	0	
	900	20,4	83	17,1	1,75	45,75	
	1000	21,85	74	17,2	2,65	549,65	
	1100	23,45	68	17,3	3,1	1312,05	
	1200	25,15	61,5	17,2	3,1	2100,2	
	1300	26,65	55	17,1	2,95	2846,6	
	1400	28,1	50	16,5	2,8	3292,7	
	1500	29,25	45,5	15,95	2,75	3396,7	
	1600	30,05	40,5	15,4	2,75	3266,75	
	1700	30,65	38	14,9	2,65	2903,75	
	1800	30,75	37	14,65	2,6	2367,3	
	1900	30,3	38	14,5	2,8	1674,3	
	2000	29,5	39,5	14,35	2,85	967,05	
	2100	27,75	44	14,95	2,45	230,15	
	2200	26,35	50	15,25	2,25	3,65	
2300	25,2	55	15,75	2,55	0		

Fonte: Autor (2023).

Figura 07: Tratamento de dados 03

I	J	K	L	M	N	O
Índices bovinos	ITU	ITGU	Índices humanos	ITU	IBUTG	TEv
500	68,6	63,8		20,3	18,2	16,1
600	68,1	63,2		20,0	18,0	15,9
700	67,8	62,7		19,9	17,8	15,9
800	67,4	62,1		19,6	17,6	15,7
900	67,7	62,5		19,8	18,0	15,8
1000	69,4	65,0		20,7	20,3	16,2
1100	71,4	67,4		21,8	23,7	17,5
1200	73,2	69,9		22,8	27,1	19,2
1300	74,5	72,1		23,5	30,2	20,7
1400	75,8	74,0		24,2	32,5	22,1
1500	76,7	75,6		24,7	33,4	23,0
1600	76,9	76,7		24,8	33,1	23,5
1700	77,2	77,4		25,0	32,3	23,9
1800	77,2	77,5		24,9	30,6	24,0

Fonte: Autor (2023).

4.1. Análise bovina

4.1.1. Resultados do ITU (bovino)

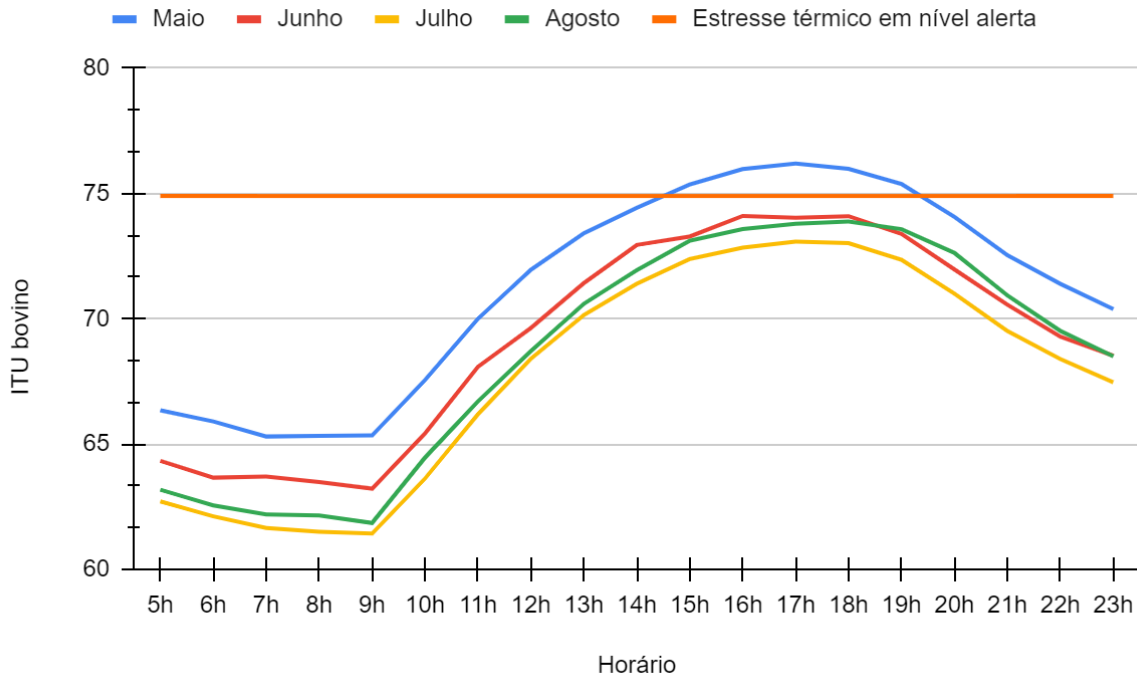
Por meio da análise do Índice de Temperatura e Umidade, foi perceptível notar que, principalmente entre os meses do período quente (setembro a dezembro) e geralmente a partir das quatorze horas (13h00) até às vinte horas (20h00), o ambiente deixou de ser confortável termicamente para os bovinos e entrou na faixa de alerta ao estresse ao calor, conforme a Tabela 01. Tais resultados são análogos aos encontrados no zoneamento bioclimático feito por Turco et. al. (2006) para o estado da Bahia, onde na microrregião de Irecê, o ITU ficou entre 73 e 75 nos meses mais quentes do ano. O autor ainda aponta uma queda de até 2 kg na produção de leite para vacas que produzem 25 kg de leite por dia. Logo, é importante ressaltar o cuidado que os bovinos leiteiros devem ter com a exposição direta ao calor, principalmente em épocas e horários suscetíveis ao estresse térmico, uma vez que a produção de leite, a composição do mesmo, a saúde física do bovino são afetadas.

Ademais, quando o ITU atinge valores na ordem de 75-80, podem ocorrer depressões imunitárias em muitos animais, aparentemente com origem no elevado ITU, levando normalmente a quebras na produção de leite e na fertilidade (ANDRADE, 2021). Rosanova et.al. (2020) recomenda que, em casos de alerta, providências devem ser necessárias para evitar perdas. Áreas cobertas e com bastante sombras de árvores podem reduzir cerca de 30% ou mais na carga térmica da radiação solar (CTR), quando comparada à carga recebida pelo animal ao ar livre (TURCO et. al., 2006). Andrade (2021) contribuiu ao mostrar que para um possível estudo de caso, a análise da temperatura retal e frequência cardíaca, são uma alternativa simples e eficiente de avaliar o conforto térmico. Tais resultados desse índice não cobrem detalhadamente todas as variáveis climatológicas possíveis, como o efeito da radiação solar e a ventilação natural, mas os mesmos foram influenciados de maneira significativa pela temperatura e umidade a ponto de mostrar um aumento do estresse térmico animal à medida que o dia fica mais quente.

Os meses de outubro, novembro e dezembro se destacaram por requerer maior cuidado para o manejo bovino à tarde. Notou-se também que o ambiente para o manejo

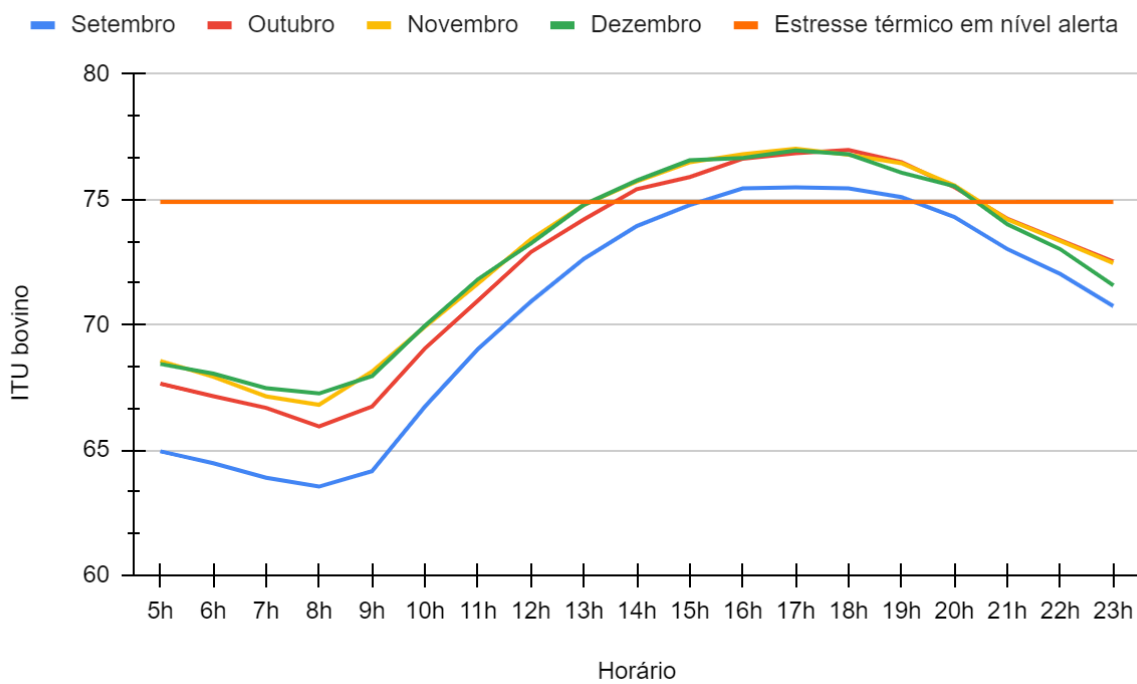
bovino entrou em estado de alerta num único mês do período frio, que foi em Maio, a partir das quinze horas (14h00) até às dezenove horas (19h00).

Figura 08: Resultados ITU (bovino) do período frio



Fonte: Autor (2023).

Figura 09: Resultados ITU (bovino) do período quente



Fonte: Autor (2023).

4.1.2. Resultados do ITGU

De maneira mais precisa, a análise do Índice de Temperatura de Globo e Umidade mostrou dados acima da zona de conforto térmico para os bovinos, e mais preocupantes do que a análise anterior, sobretudo, a partir de entre às treze horas (13h00) e às quatorze horas (14h00) até às vinte e uma horas (21h00). De acordo com a faixa de conforto térmico (Tabela 01) para esse índice, a situação é de alerta. Apesar do ITU ser bastante referenciado no estudo do conforto térmico animal, o ITGU é ainda melhor para tal análise, uma vez que este índice incorpora os efeitos da irradiação térmica e o ponto de orvalho, como visto nos gráficos abaixo, que mostra um estresse térmico mais acentuado. Dessa forma, os resultados foram mais expressivos quanto ao aumento do estresse térmico, em relação aos mostrados no ITU. Oliveira et. al. (2014) encontrou valores semelhantes de ITGU de 75,4 em sua análise para a cidade de São Gonçalo dos Campos, na Bahia, a cerca de 380 km de Irecê.

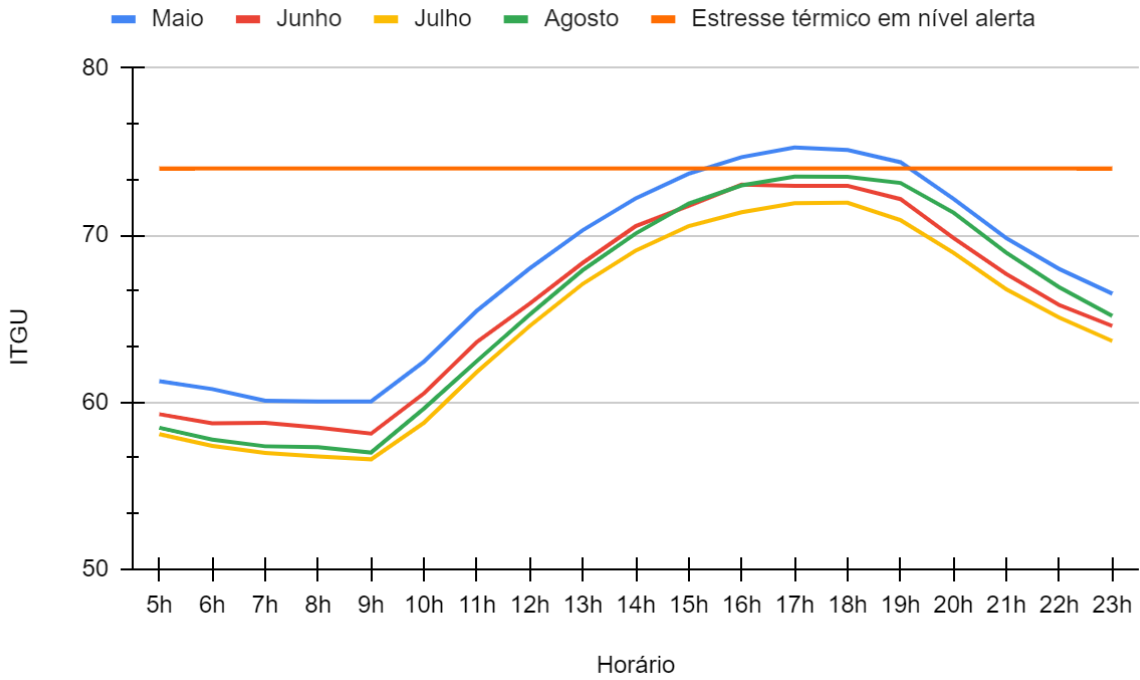
Apesar das consequências citadas anteriormente, Pescara (2012) mostra que o mecanismo pelo qual o estresse térmico impacta a produção e reprodução de vacas leiteiras pode ser explicado parcialmente pela redução na ingestão de matéria seca. A nível endócrino, problemas na absorção de nutrientes, ruminação e maior demanda de alimentos são exemplos de consequências do efeito estressante ao qual os bovinos estarão sujeitos. Em adição, segundo Andrade (2021), o aumento da FR e sudorese, aumento da porcentagem de gordura e diminuição da proteína no leite, alteração hormonal no sangue (prolactina aumentada), comportamento alterado (procura por sombra, mudam a orientação para o sol, ficam na água ou próximo a bebedouros) são outros exemplos de efeitos do estresse térmico apresentado.

De acordo com Cruz (2019), a aplicação do resfriamento evaporativo é um método eficaz para melhorar o conforto térmico bovino, quando também, há casos em que apenas a ventilação natural é necessária para resfriar o ambiente.

A análise de estresse ao frio para bovinos leiteiros não foi relevante para os índices ITU e ITGU, uma vez que esses animais possuem grande resistência ao frio. Segundo Azevêdo (2009), uma faixa de 13° C a 18° C é confortável para a maioria dos ruminantes e é recomendado temperaturas entre 4° C e 24° C para vacas em lactação, podendo restringir esses limites a 7° C a 21° C, em razão da umidade relativa e da radiação solar.

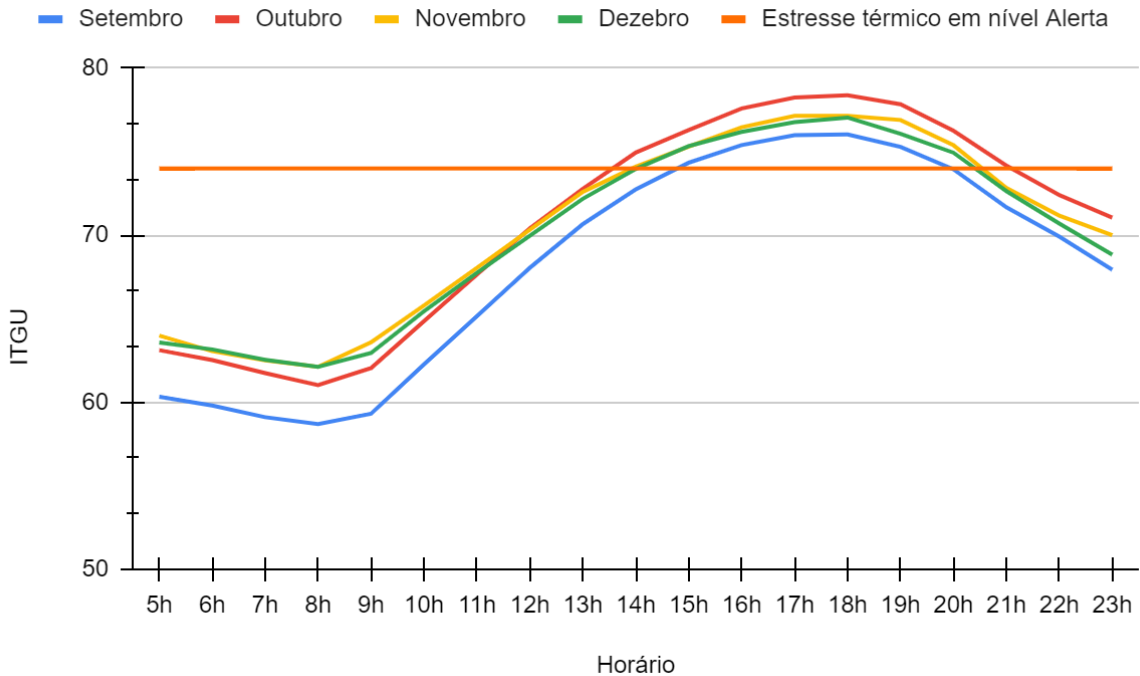
O mês de outubro foi o mês que apresentou os valores mais altos do índice em questão. Verificou-se também que, durante o mês de maio (período frio) ocorreram situações de alerta a partir das quinze horas até às dezenove horas (15h00 - 19h00).

Figura 10: Resultados ITGU do período frio



Fonte: Autor (2023).

Figura 11: Resultados ITGU do período quente



Fonte: Autor (2023).

4.2. Análise humana

4.2.1. Resultados do ITU (humano)

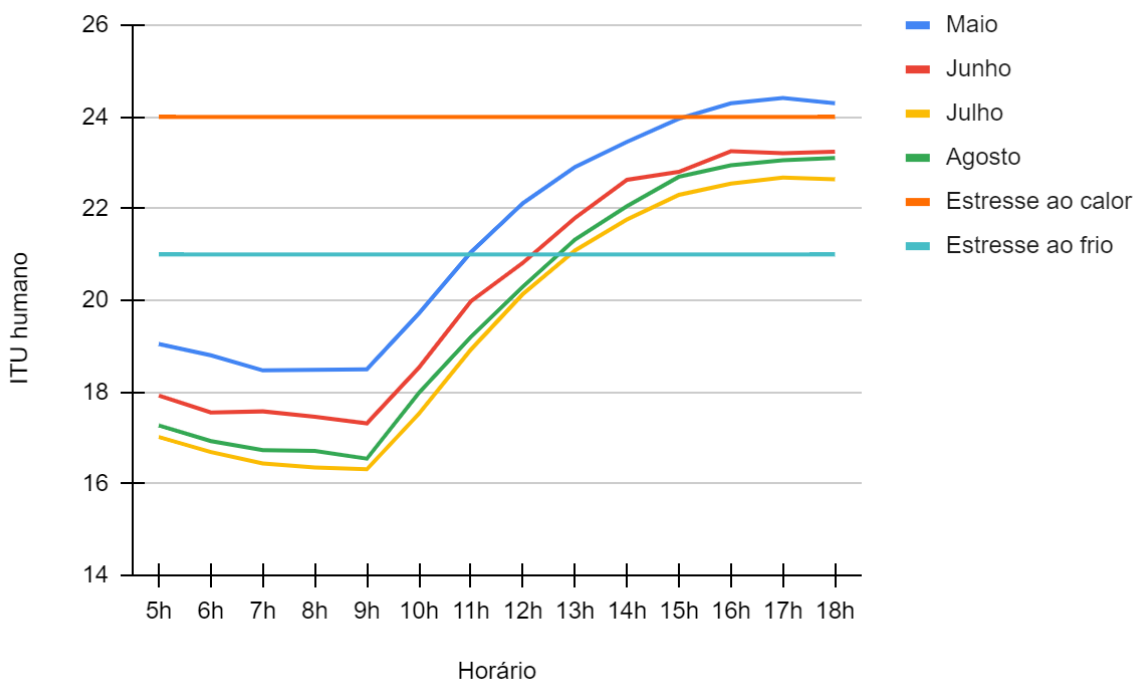
Para os resultados da análise em humanos, o Índice de Temperatura e Umidade mostrou que nos meses quentes de outubro a dezembro, entre às treze horas (13h00) e às quatorze horas (14h00), o clima foi considerado levemente desconfortável (Tabela 01) para o trabalho humano exposto a céu aberto. Souza (2010) classifica tal resultado como: Ambiente quente, no qual se inicia o desconforto térmico, podendo causar problemas de saúde e redução no rendimento do trabalhador rural. Como já dito, apesar do ITU não envolver variáveis importantes na quantificação do ambiente térmico, como a radiação solar e a velocidade do ar, esse índice é amplamente usado por envolver apenas informações meteorológicas, normalmente disponíveis em estações meteorológicas (SOUZA, 2010). Em comparação com Recife, outra cidade do semiárido nordestino, Nóbrega et. al. (2011) mostrou que, de um modo geral, os resultados encontrados indicam que também há certo índice de desconforto térmico, sobretudo nos meses mais quentes, com exemplo de um ITU que variou entre 25 e 26 para o início do mês de janeiro, em pleno verão.

Como consequência do estresse térmico, não somente a produtividade do trabalhador cai, como também aumenta seu risco à saúde. A elevação da temperatura corporal a níveis críticos acarreta na incidência de doenças térmicas, em particular, a exaustão térmica e a insolação por esforço, que são duas formas de insolação que atingem trabalhadores expostos a situações de estresse térmico (ROSA, 2019). Em ambientes onde não houver ventilação natural, a ventilação artificial e métodos refrigerantes são eficazes na manutenção do conforto térmico humano.

Também foi possível notar um estresse ao frio considerável em ambos os períodos, que perdura desde o início do intervalo de tempo estipulado até, geralmente, às últimas horas da manhã. Diferente dos bovinos, que possuem maior resistência ao frio, esse tipo de estresse para humanos é relevante, e conforme Saldiva et. al. (2022), a contração dos músculos, dores no corpo, doenças respiratórias e cardiovasculares e aumento no contágio de doenças, são consequências que o trabalhador está sujeito ao estresse térmico ao frio. Como muitos dos trabalhadores rurais do semi árido nordestino iniciam a ordenha das vacas na madrugada, Buriol (2015) recomenda o uso de vestimentas apropriadas, para não expor o corpo às intempéries e evitar ao máximo a transferência de calor, ocorrendo o risco de serem acometidas por doenças.

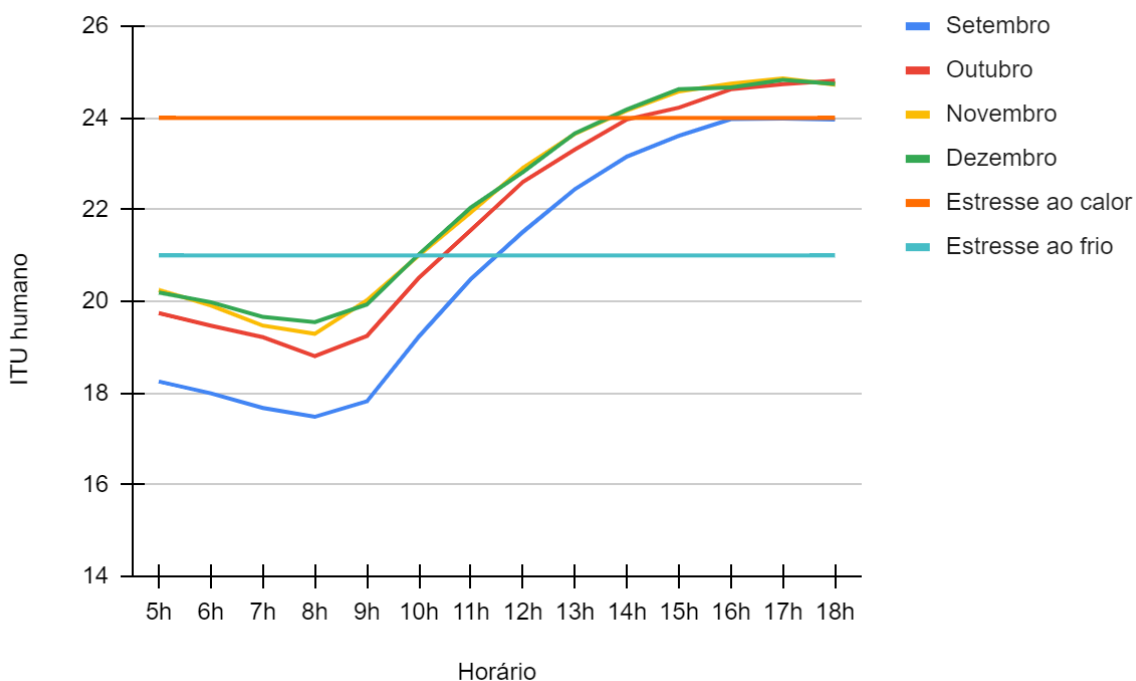
O mês de novembro, no geral, foi o mais quente dentre os analisados, e o mês de junho, o mais frio. Foram obtidos também níveis de desconforto leves no período frio no mês de maio, à semelhança dos dados já supracitados, no intervalo à tarde (a partir das quinze horas - 15h00).

Figura 12: Resultados ITU (humano) do período frio



Fonte: Autor (2023).

Figura 13: Resultados ITU (humano) do período quente



Fonte: Autor (2023).

4.2.2. Resultados do IBUTG

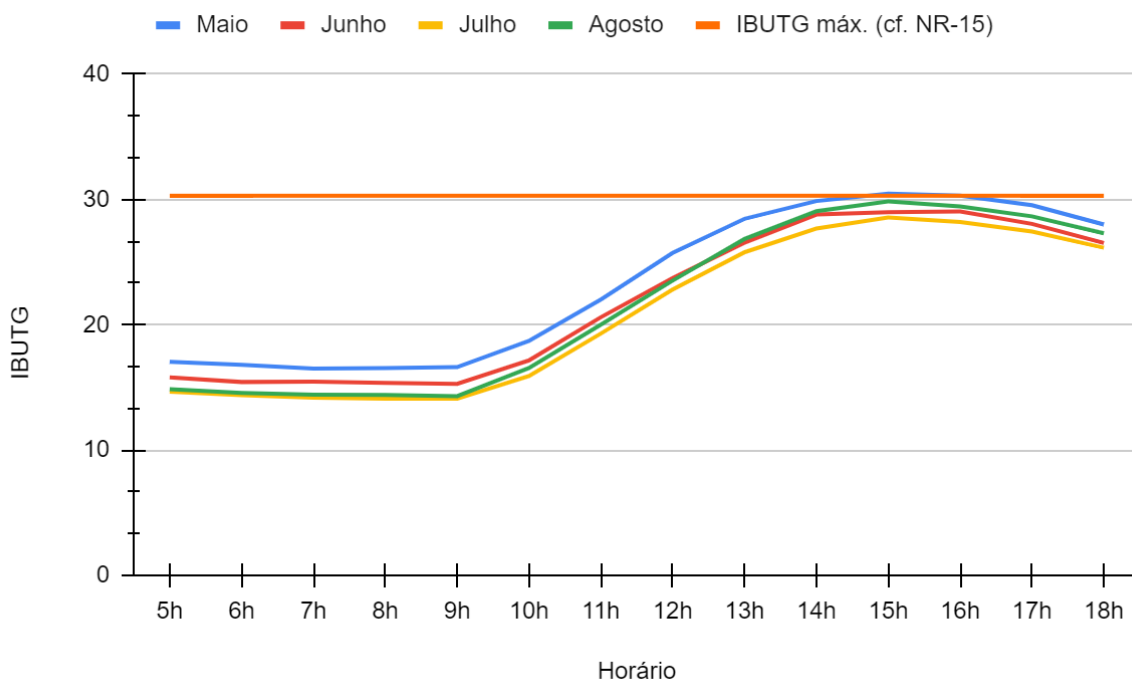
Para o Índice de de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo, como indicado anteriormente, os tipos de atividades adotados como referência foi o de Trabalho Pesado Com As Mãos e Andando no Plano Com Uma Velocidade De 2 km/h, com uma taxa metabólica de 198 W (Figura 03). Para isso, o conforto térmico humano é aquele cujo índice IBUTG for menor que 30,3 (Figura 02). Esse índice é bastante indicado para estudos de conforto térmico humano e possui resultados bastantes condizentes com a realidade, uma vez que leva em consideração a temperatura instantânea (sem efeito da umidade), a temperatura “real” (sob efeito da umidade) e o efeito da irradiação térmica. Os resultados de tal índice comprovaram novamente estresse térmico para humanos sob exposição direta do sol. Resultados semelhantes no semiárido para diversas atividades rurais foram endossados por Gosling et. al. (2008) onde o trabalho com tratores em Lavras, Minas Gerais, no mês de novembro, obteve valores de IBUTG médio de 30,2, onde há sobrecarga térmica incidente sobre o operador; Santos et. al. (2019), onde o trabalho com tratores em Campina Grande, Paraíba, entre agosto a outubro, mostrou haver exposição a temperaturas acima do limite de tolerância; Oliveira (2019), onde o manejo de animais sob galpão em Águia Branca, Paraíba, entre maio e junho, mostrou resultados acima da zona de conforto térmico para trabalhadores em trabalho pesado.

Algumas das consequências para o trabalhador, segundo Roscani et. al. (2019) em seu estudo de sobrecarga térmica em áreas rurais do Nordeste do Brasil a céu aberto, são: problemas cardiovasculares, erupções cutâneas, cãibras, espasmos musculares, tontura, desmaio, dor de cabeça, sudorese severa, fadiga e extrema fraqueza, náuseas, vômito e estado de confusão, disfunções cognitivas e até mortes. Em um estudo sobre trabalhadores das lavouras de cana-de-açúcar no Brasil, Roscani et. al. (2017) alerta para o perigo que roupas pesadas e inadequadas podem oferecer para a contribuição do estresse térmico. Uma solução satisfatória que o próprio autor sugere, é a de diminuição da intensidade do trabalho, aliada ao aumento de intervalos de descanso entre os trabalhos. Outra opção é favorecer o sombreamento das áreas de trabalho para minimizar o estresse térmico do trabalhador, uma vez encontrado valores preocupantes para a região estudada.

Para o IBUTG, a NR-15 se preocupa apenas com o nível máximo em que o índice deve chegar para garantir um conforto térmico, uma vez que os efeitos da irradiação térmica está inserida na equação, o que impossibilita um estudo de estresse ao frio por este meio.

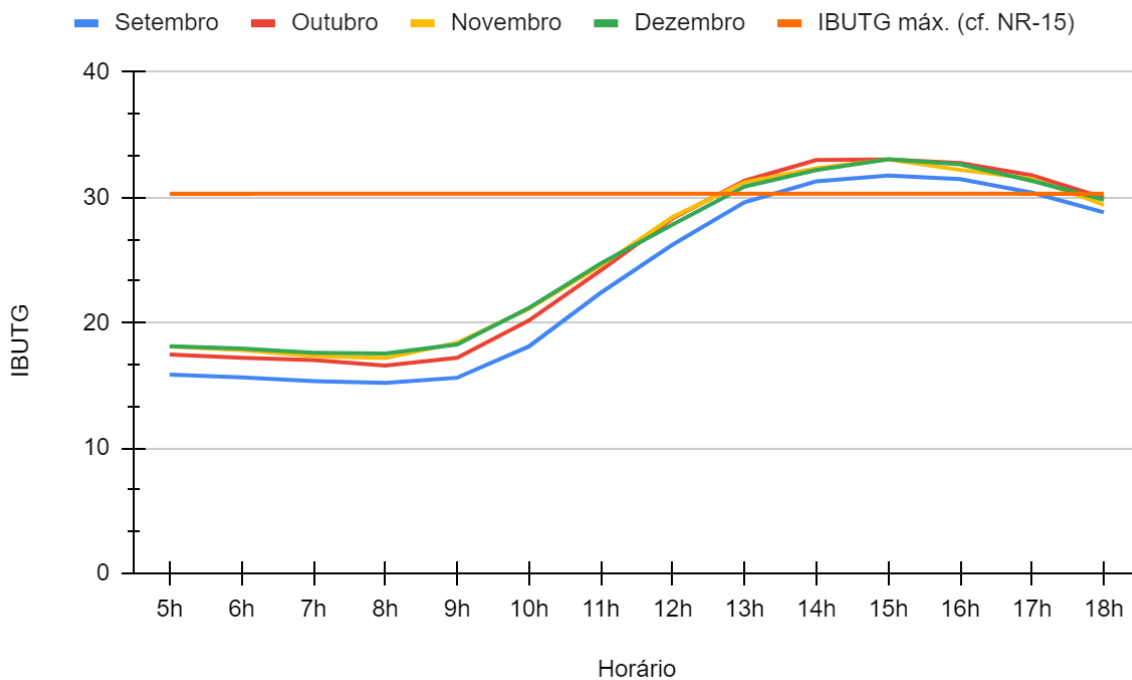
Assim, foi constatado estresse térmico nos quatro meses do período quente, num horário comum de entre às treze horas (13h00) até às dezoito horas (18h00), sendo o mês de outubro o mais quente, e julho, o mais frio. No mês de maio, do período frio, foi identificado estresse térmico apenas em dois horários do dia, entre às dezesseis e dezessete horas (16h00 e 17h00).

Figura 14: Resultados IBUTG do período frio



Fonte: Autor (2023).

Figura 15: Resultados IBUTG do período quente



Fonte: Autor (2023).

4.2.3. Resultados do TEv

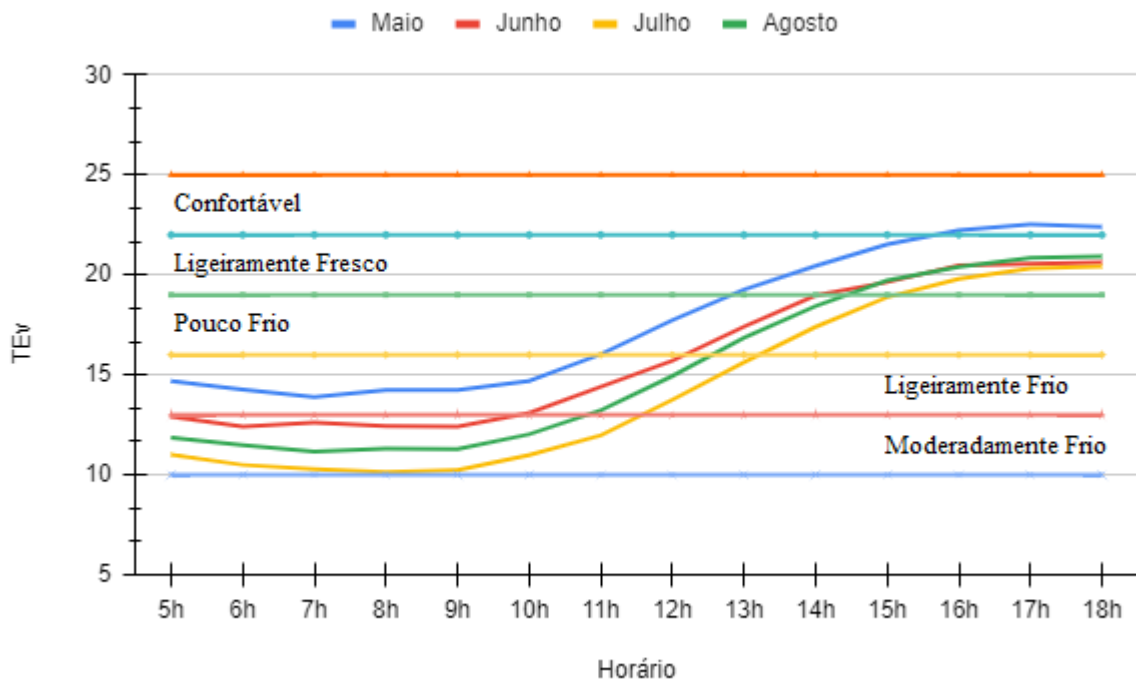
Os resultados do índice de Temperatura Efetiva mostraram que, no período frio, a sensação térmica esteve a maior parte do tempo fora do clima confortável, variando de Moderadamente Frio até Ligeiramente Fresco, estando uma minoria do tempo na zona de conforto térmico. Para o período quente, a sensação térmica variou de Ligeiramente Frio a Ligeiramente Fresco até às quatorze horas (14h00), estando o restante do tempo na zona de conforto térmico.

No geral, a ausência da avaliação da radiação térmica e a incorporação da velocidade do vento nesse índice foram determinantes para o resultado expressivo de estresse térmico ao frio. Resultados semelhantes de estresse ao frio foram encontrados por Santos et. al. (2011) em Arapiraca, Alagoas, cidade localizada no semiárido nordestino, onde análise nos meses de maio a dezembro mostraram valores de TEv oscilantes entre 18 a 22. Gobo & Galvani (2015) ressaltam que a presença do vento, em substituição pela radiação térmica, tem influência determinante no resfriamento dos resultados obtidos pelo índice TEv.

Para atividades sujeitas ao estresse do frio, segundo Fialho (2014), o trabalhador irá experimentar, desde a vasoconstrição, onde o vaso sanguíneo reduz de diâmetro evitando perder calor para o meio, ao passo em que aumenta a pressão arterial, a um ligeiro resfriamento do corpo e até tiritar. Para casos de estresse ao frio em ambiente aberto, o desconforto por frio pode ser facilmente contornado com o uso de vestimentas apropriadas, o que não é possível quando ocorre desconforto por calor (BURIOL et. al., 2014).

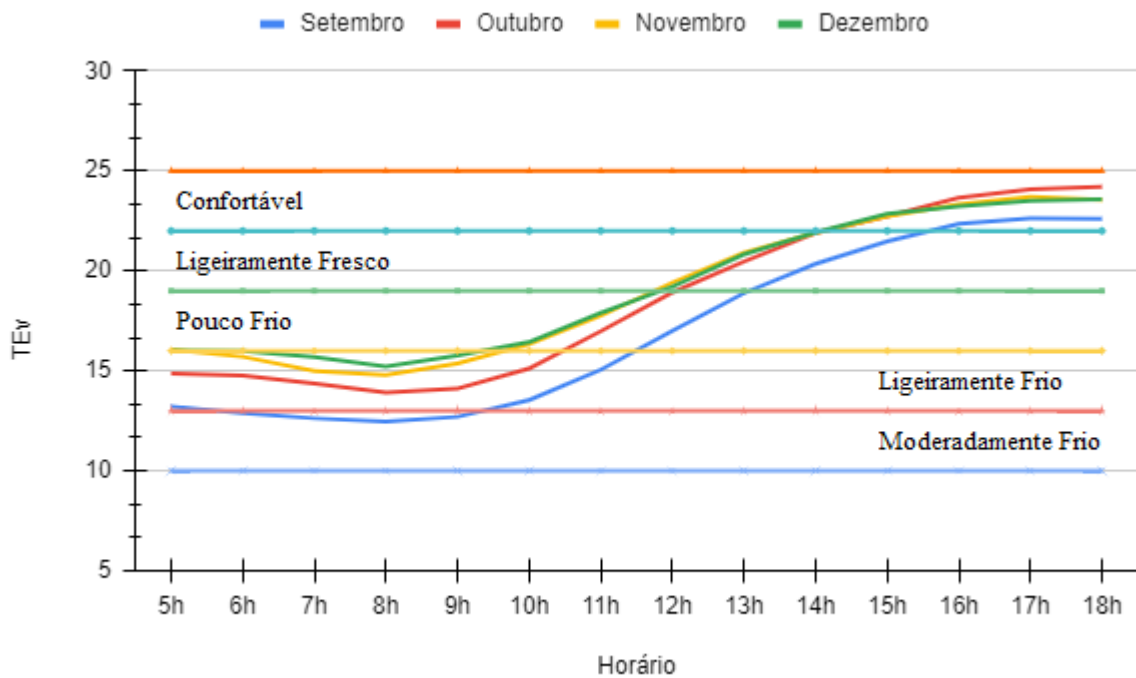
Foi observada, portanto, a condição de estresse ao frio nos dois períodos analisados, com a diferença que no período quente, a sensação térmica confortável permaneceu por mais tempo durante o dia. O mês de julho caracterizou maior estresse ao frio, uma vez que o TEv não atingiu valores confortáveis. O mês de dezembro, por outro lado, infligiu menos estresse térmico ao indivíduo, em relação aos outros meses e ainda permaneceu numa zona confortável a partir da tarde.

Figura 16: Resultados TEv do período frio



Fonte: Autor (2023).

Figura 17: Resultados TEv do período quente



Fonte: Autor (2023).

4.3. Resultados finais

A seguir, foram apresentados os resultados de todos os índices estudados em uma única tabela.

Tabela 02: Resultados finais

Índice	Resultado do índice	Período a ser observado
Bovino	ITU	Estresse ao calor: Alerta Entre às 13h00 e às 20h00 (set. a dez.)
	ITGU	Estresse ao calor: Alerta Entre às 13h00 e às 21h00 (set. a dez.)
Humano	ITU	Estresse ao calor: Levemente desconfortável; Entre às 14h00 e às 18h00 (out. a dez.);
		Estresse ao frio. Entre às 05h00 e às 12h00 (mai. a dez.)
	IBUTG	Estresse térmico ao calor: Acima do IBUTG máx. Entre às 13h00 e às 17h00 (set. a dez.)
	TEv	Estresse ao frio: Variação desde Moderadamente frio a Ligeiramente fresco Entre às 05h00 e às 18h00 (mai. a dez.)

Fonte: O autor.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho visou avaliar como o clima característico da microrregião de Irecê, Bahia, afeta a produção de bovinos e os trabalhadores rurais nela inseridos. Notou-se que o clima da região favoreceu o estresse térmico em períodos específicos do ano e do dia. Para entender a questão envolvida, objetivos foram definidos: a definição de índices de conforto térmico adequados, a busca pelas variáveis climatológicas numa plataforma nacional online - o ambiente do animal e do humano inseridos foi a exposição direta à radiação solar - e o tratamento dos dados.

Foi empregada uma metodologia tal em que foi possível analisar um período de dez anos, ao transformar esse tempo num ano típico médio e assim poder aplicar as variáveis nos índices escolhidos, que foram o ITU e o ITGU para bovinos e ITU, IBUTG e TE para humanos. As variáveis climatológicas usadas foram a temperatura de bulbo seco, umidade relativa, temperatura de ponto de orvalho, velocidade do vento e radiação térmica, além da obtenção posterior da temperatura de bulbo úmido e de globo.

Em resumo, foi comprovado por todos os índices, haver estresse térmico para bovinos e trabalhadores rurais na cidade de Irecê e microrregião. Para os bovinos, houve apenas estresse térmico ao calor. Para os trabalhadores, foi visto além do estresse ao calor, também desconforto térmico devido ao frio.

Os principais resultados mostraram que:

- O índice ITU, para bovinos, mostrou haver desconforto térmico, classificado como alerta, onde o período mais afetado foi entre os meses de setembro a dezembro, dentre às treze horas (13h00) até às vinte horas (20h00). O maior valor de ITU encontrado foi 77,0 nos meses de outubro, novembro e dezembro.
- O índice ITGU, para bovinos, mostrou haver desconforto térmico, classificado como alerta, onde o período mais afetado foi entre os meses de setembro a dezembro, dentre às treze horas (13h00) até às vinte e uma horas (21h00). O maior valor de ITGU encontrado foi 78,4 no mês de outubro.
- O índice ITU, para humanos, mostrou haver estresse ao calor, classificado como levemente desconfortável, onde o período mais afetado foi entre os meses de outubro a dezembro, dentre às quatorze horas (14h00) até às dezoito horas (18h00). Houve também estresse ao frio durante os meses de maio a dezembro, dentre às cinco horas (05h00) até às doze horas (12h00). O maior valor de ITU encontrado foi 24,9 no mês de novembro e o menor foi 16,3, no mês de julho.
- O índice IBUTG, para humanos, mostrou haver estresse térmico ao calor, onde o período mais afetado foi entre os meses de setembro a dezembro, entre às treze e às dezessete horas (13h00 - 17h00). O maior valor de IBUTG encontrado foi 33,0 no mês de outubro, novembro e dezembro.
- O índice TEv, para humanos, mostrou haver estresse térmico ao frio, de modo que, entre junho a agosto, dentre às cinco horas (05h00) até às dezoito horas (18h00) a sensação térmica variou de Moderadamente frio a Ligeiramente fresco. O mesmo ocorreu para os meses de maio, e de setembro a dezembro, com a diferença de que geralmente a partir de entre às quinze e às dezesseis horas (15h00 - 16h00) houve

conforto térmico. O maior valor de TE encontrado foi 24,2 no mês de outubro, e o menor foi 10,1, no mês de julho.

Dessa forma, a avaliação do conforto térmico para a microrregião de Irecê mostrou-se favorável à criação de bovinos leiteiros, sendo esta pouco afetada pelo desconforto térmico ao longo dos meses do ano, uma vez que são animais resistentes ao frio - muito vale pela combinação genética das raças - e quanto ao estresse ao calor, atingiu-se níveis de alerta, que podem facilmente ser mitigados com as aplicações de controle de conforto térmico já definidas.

Já os trabalhadores rurais, foi notada maior sensibilidade às variações climáticas, estando sujeito tanto ao estresse quanto ao frio e ao calor. A influência do vento, da radiação e das atividades realizadas pelo indivíduo se mostraram determinantes para a análise desse trabalho nesse ponto. É recomendado, então, o uso de roupas adequadas, intervalo para descanso e reidratação, além das outras medidas artificiais supracitadas para que haja a manutenção e otimização das atividades agropecuárias, uma vez que elas são de suma importância para o desenvolvimento local e regional.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, estudos de caso que acompanhem *in loco*, as variáveis climatológicas, a medição da frequência respiratória e temperatura retal (no caso animal), avaliação da aplicação de aspersores e do resfriamento evaporativo, podem ser uma boa alternativa, como forma de incrementar e melhorar a metodologia no estudo aplicado em trabalhos sobre conforto térmico e amenizar os danos causados pelo estresse térmico. A implantação de tais medidas pode encaixar perfeitamente para uma reanálise da situação de conforto térmico não só na microrregião de Irecê, mas em diversas outras regiões do semiárido brasileiro. Esse trabalho também fica à disposição para compartilhar dados e informações que possam ser úteis à microrregião abordada, num exemplo em que é necessário identificar qual é o momento do ano em que o trabalho bovino e humano deve ser mais cuidadoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. S. DE. Indicadores do estresse térmico em bovinos. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2011. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2020/11/estresse_termico.pdf>.

ALMEIDA, R, A, C. DOS S; VEIGA, M. M. Processo de trabalho rural e epi's: discussão sobre termorregulação corporal. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, v.8, n,2, p.29-39, fev. 2010.

ALVES, M. Trabalho rural é de extrema importância econômica e protegido pela Lei. **Agro20**, 2020. Disponível em: <<https://agro20.com.br/trabalho-rural/>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

AMORIM, A. E. B. et al. Exposição ocupacional ao calor em atividades a céu aberto na construção de estruturas de edifícios. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 231–245, 5 dez. 2019.

ANDRADE, R. DE O. Estresse térmico em vacas leiteiras: Revisão bibliográfica. **Repositorio UNESP**, 6 jul. 2021.

ANUÁRIO leite 2021: saúde única e total. **Portal EMBRAPA**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132875/anuario-leite-2021-sau-de-unica-e-total>>.

ARAGÃO, A.; CONTINI, E.; SIRE, E. O agro no Brasil e no mundo: Uma síntese do período de 2000 a 2020. **EMBRAPA**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Ministério do Trabalho e Previdência. NR 15 – Atividades e Operações Insalubres. Brasília: **Ministério do Trabalho e Previdência**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-d-e-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-atualizada-2022.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Ministério do Trabalho e Previdência. NR 17 – Ergonomia. Brasília: **Ministério do Trabalho e Previdência**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-d-e-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-17-atualizada-2021.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

AZEVÊDO, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo; ALVES, Arnaud Azevêdo. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

BAHIA (Estado). Tipologia climática Köppen. **Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia**, 1998. Disponível em: <https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf>. Acesso em 27 fev 2023.

BAPTISTA DA, G. et al. Produção leiteira no Brasil. **BRASIL**, 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1514/1/A%20mar37_09_Produ%C3%A7%C3%A3o%20leiteira%20no%20Brasil_P.pdf>.

BARCELOS, R. T. DE. TEMPERATURA DO GLOBO NEGRO: Estimativa e métodos alternativos de baixo custo para medições em ambientes externo e interno. **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/234011/Rafael%20Trilha%20de%20Barcelos%20-%202021.2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 27 fev. 2023.

BOLETIM da Agricultura Familiar. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**, Brasília, v. 2, n. 1, Brasília, março. 2022.

BRASIL, 2022. IBGE Cidades: Irecê Panorama. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/irece/panorama>>. Acesso em: 19 mai. 2023.

BRASIL. Catálogo de estações automáticas. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2023. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoaut>>. Acesso em: 28 fev 2023.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. *Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 24, p. 711- 714, 1981.

BURIOL, G. A. et al. **Conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Maria, RS, Brasil**. *Ciência Rural*, v. 45, n. 2, p. 223–230, fev. 2015.

CLIMA, condições meteorológicas e temperatura média por mês de Irecê (Brasil). **Weather Spark**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30820/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Irec%C3%AA-Brasil-durante-o-ano#:~:text=Em%20Irec%C3%AA%2C%20o%20ver%C3%A3o%20%C3%A9>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

COMUNICADO técnico: Pesquisa Pecuária Municipal 2020. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil**, 2021. Disponível em:

<https://cnabrazil.org.br/storage/arquivos/Comunicado-Tecnico-CNA-ed-30_2021.pdf>.

Acesso em 23 fev. 2023.

CRUZ, Rafael Pereira da. **Análise da aplicação do resfriamento evaporativo e avaliação de conforto térmico no semiárido baiano**. Bom Jesus da Lapa, 2019. Acesso em 20 jun. 2023.

DE ALMEIDA, G. et al. **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.

DE SOUZA, A. et al. **Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul**. Revista de geografia Norte Grande, n. 46, p. 137–147, 1 set. 2010.

DIAS TIMM, C. **Nova legislação do leite no Brasil**, 2004. Disponível em: <<http://www2.ufpel.edu.br/veterinaria/inspleite/documentos/prelo/legisla.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. *Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?* **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 109–116, jan. 2009.

DOS SANTOS, M. L. et al. Determinação do índice de temperatura e umidade que altera a temperatura interna de bovinos de corte da raça nelore. **XXIX Congresso de Iniciação Científica. UFPEL**, 2020. Disponível em: <https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2020/CA_02836.pdf>. Acesso em 27 de fev de 2023.

BOVINOS tropicalmente adaptados: Tolerância ao calor. **EMBRAPA**, 2021. Disponível em: <<file:///C:/Users/User/Downloads/FolderTolerancia-ao-calor-impressao-1.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

FANTE, K. P. UNESP. Eventos extremos de temperatura e seus impactos no conforto térmico humano: Estudo de caso em Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da geografia do clima. **Repositório Institucional UNESP**, 9 set. 2019.

FERREIRA, Maurício Silva. Um modelo do sistema térmico do corpo humano. 2001. **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2001. . Acesso em: 25 fev. 2023.

FIALHO, A. L. L. et al. Efeito do estresse térmico calórico agudo e crônico sobre a qualidade oocitária de bovinos de raças adaptadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 64–72, 2018.

FIALHO, E. S.; FURTADO, J. B.; XAVIER, T. C. Análise do (des)conforto térmico da cidade de Viçosa (MG) no ano de 2014. **Geografia Ensino & Pesquisa**, p. e23–e23, 10 set. 2021.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: Arquitetura e urbanismo**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2006.

GARCIA, P. Galpão *freestall* com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem-estar animal. **Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, 2017. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br/admin/modSite/arquivos/imagens/7859b99125437c15081be1d5a17970bb.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

GOMES, R. C. G. Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em galpões climatizados para aves de corte. **Universidade Federal de Lavras**, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3563/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Predi%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%ADndice%20de%20temperatura%20do%20globo%20negro%20e%20umidade%20\(ITGU\)%20em%20galp%C3%B5es%20climatizados%20para%20aves%20de%20corte.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3563/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Predi%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%ADndice%20de%20temperatura%20do%20globo%20negro%20e%20umidade%20(ITGU)%20em%20galp%C3%B5es%20climatizados%20para%20aves%20de%20corte.pdf)>. Acesso em: 27 de fev de 2023.

GOBO, J. P. A.; GALVANI, E. Aplicação do Índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEv) nos estudos de conforto térmico para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 403–413, 6 out. 2012.

GOBO, J. P. A.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Regionalização bioclimática do Rio Grande do Sul: um estudo do conforto térmico humano em escala climática regional e sub-regional. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 471-489, set-dez. 2015.

GOSLING, M; ARAÚJO, G. C. D. Saúde física do trabalhador rural submetido a ruídos e à carga térmica: um estudo em operadores de tratores. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, 2008.

HAJIZADEH, R. et al. *Offering a model for estimating black globe temperature according to meteorological measurements*. **Meteorological Applications**, v. 24, n. 2, p. 303–307, abr. 2017.

KAWABATA, C. Y. et. al. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.598-607, set./dez. 2005.

LEAL, L. R. et al. Análise de Índices de Conforto Térmico Urbano associados às Condições Sinóticas de Vitória (ES), Brasil. **Livro de Atas do II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável**, II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável, pp. 363-372, 2017.

LEAL SANTOS, R.; ANDRADE, H. O. de. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 40, p. 77-84, 2008.

LEONARDI, N. DA V. et al. Perfil da musculatura extensora lombar de trabalhadores rurais na atividade leiteira. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 16, n. 2, p. 128–135, 2018.

LUCENA, R. L. et. al. Índices de (des)conforto humano em um município de clima semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.07, pp. 3287-3303, 2020.

MAGALHAES, S.; ALBUQUERQUE, R. R.; PINTO, J. C.; MOREIRA, A. L. Termorregulação. **Faculdade de Medicina da Universidade do Porto**, Porto. 2001.

MAPA, setor leiteiro e supermercados lançam a 1ª Semana do Leite. **BRASIL**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-setor-leiteiro-e-supermercados-lancam-1a-semana-do-leite>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

MARTELLO, L. S. et al. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 263–273, ago. 2004.

MARTINS, A. K. F. Conforto térmico e o Compost Barn como alternativa para criação de vacas leiteiras: revisão. **Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária**, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32889/1/ConfortoT%c3%a9rmicoCompost.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

MIRANDA, J. H. DE. et al. Aplicação de métodos numéricos para estimativa de variáveis psicrométricas. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 686–694, dez. 2006.

NAVARINI, F. C. et al. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 508–517, 2009.

NÓBREGA, R. S.; SILVA LEMOS, T. V. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia, UFPE**, V. 28, No. 1, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR. et. al. Índice de desconforto e índice de temperatura efetiva: uma implementação para *smartphones* e *tablets*. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 30, n.2, p.155-163, abril-junho, 2015.

OLIVEIRA, J. W. M. DE. Conforto térmico de trabalhadores: estudo de caso em criação de suínos. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba**, Patos, 2019.

OLIVEIRA, L. DE. et al. Zoneamento bioclimático da região Sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.823-831, set.dez. 2006.

OLIVEIRA, P. A. et al. Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de novilhos submetidos a dietas com torta de amendoim. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 861-869, 2014.

OLIVEIRA, R. F. A. DE; PESSOA, V. M. do N. A influência do índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) na perda de peso de eletricitistas do grupo de manutenção de linhas energizadas da Companhia Energética de Alagoas (CEAL). **Revista Produção Online**, v. 6, n. 1, 24 out. 2007.

PARANÁ (Estado). Situação Conjuntural dos Últimos Anos e Prognóstico da Pecuária de Corte Dezembro de 2018. **Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural**, 2018. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/bovino_corte_2019_v1.pdf>. Acesso em: 05 mar 2023.

PESCARA, J. O efeito do estresse térmico em vacas leiteiras e suas implicações nutricionais. **Milkpoint**, 2012. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/empresas/novidades-parceiros/o-efeito-do-estresse-termico-em-vacas-leiteiras-e-suas-implicacoes-nutricionais-79926n.aspx>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PESQUISA da Pecuária Municipal. **IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. *Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements*. **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 103–111, jan. 2019.

PINTO, M. LEGISLAÇÃO SOBRE QUALIDADE DO LEITE NO BRASIL. **INMETRO**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/legislacao-sobre-qualidade-do-leite-no-brasil-mayara-souza-pinto.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

RICCI, G.; ORSI, A.; DOMINGUES, P. **ESTRESSE CALÓRICO E SUAS INTERFERÊNCIAS NO CICLO DE PRODUÇÃO DE VACAS DE LEITE -REVISÃO**, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/140889/ISSN0102-5716-2013-20-03-09-18.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

ROHLER, L. A. S. et. al. Avaliação de parâmetros ambientais em uma microrregião no sul do estado do Amazonas e suas relações com estresse térmico de bovinos leiteiros. **Ciência Animal Brasileira**, 2022. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/cab/a/bFfF9pdNGhf6jMshzrzrmgG/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 27 de fev de 2023.

ROSA, V. C.; LIMA, L. E. M. O estresse térmico visto como um risco ocupacional. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 15, n. 2, p. 53-73, Abr/Jun 2019.

ROSANOVA, C. et al. Determinação do ITU – índice de temperatura e umidade da região de Araguaína-TO para avaliação do conforto térmico de bovinos leiteiros. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 69254–69258, 17 set. 2020.

ROSCANI, R. C. et al. Risco de exposição à sobrecarga térmica para trabalhadores da cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, 20 abr. 2017.

ROSCANI, R. C.; MAIA, P. A.; MONTEIRO, M. I. Sobrecarga térmica em áreas rurais: a influência da intensidade do trabalho. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 44, 2019.

SALDIVA, P. MONTEIRO, A. P. Chegada do frio provoca alterações no funcionamento do organismo: cuidados são necessários. **Jornal da USP**, 2022. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/atualidades/chegada-do-frio-provoca-alteracoes-no-funcionamento-do-organismo-cuidados-sao-necessarios/>>. Acesso em 21 jun. 2023.

SALVIANO, M. F.; GROPPPO, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64–73, mar. 2016.

SANTANA, R. V. et al. Conforto térmico nas condições meteorológica de vitória da conquista, no estado da bahia, brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 58461–58479, 15 jun. 2021.

SANTOS, A. M. DOS.; MELO, D. F. DE.; MORAIS, F. T. L. DE. FURTADO. D. A. Caracterização de ambiente térmico para trabalhadores em casas de vegetação. **I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade**, 2019.

BARAÚNA, J. B.; AMORIM, R. F. C.; CAVALCANTE, L. P. A. Análise do conforto térmico humano no município de Arapiraca - Alagoas, utilizando software Matlab. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, p. 939–948, 2014.

SANTOS JÚNIOR, J. B.; CASTRO, L. M. S. P.; ALVES, E. R.; SALES, M. C. L. Microclimas do município de Viçosa do Ceará: Uso da temperatura efetiva na análise do conforto térmico. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 385–394, 27 out. 2016.

SANTOS, R. L.; ANDRADE, H. O. de. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de geografia Norte Grande**, n. 40, set. 2008.

SILVA, L. L. G. G. DA. et. al. Conforto térmico para novilhas mestiças em sistema silvipastoril. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa**, 2008. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/629889/1/bot034.pdf>>. Acesso em: 28 fev 2023.

SOARES, I. F. **A AGRICULTURA FAMILIAR: Uma alternativa para o desenvolvimento sustentável no município de Condado – PB**. Disponível em: <<file:///C:/Users/User/Downloads/456-Texto%20do%20artigo-878-1-10-20101202.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SOUZA, A. DE. et al. Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. **Rev. geogr. Norte Gd.**, Santiago, n.46, p.137-147, Set. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000200008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 nov 2022.

SOUZA, D. M. DE.; NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **UEL. Geografia (Londrina)**, v. 21, n.2. p.65-83, maio/ago. 2012.

STULL, R. *Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature*. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 50, n. 11, p. 2267–2269, 1 nov. 2011.

SUPING, Z. et al. *Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance runners*. **International Journal of Biometeorology**, v. 36, n. 2, p. 63–68, jun. 1992.

TEIXEIRA, D. et al. Cadeia produtiva do leite no Brasil, produção primária. **EMBRAPA**, 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215880/1/CT-123.pdf>>.

TEODOREANU, E. *Thermal Comfort Index. Present Environment and Sustainable Development*, v. 10, n. 2, p. 105–118, 1 out. 2016.

THERMAL Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI. ASHRAE, 2017. Disponível em: <<https://hोगiaphat.vn/upload/docs/ASHRAE55-version2017.pdf>>.

THOM, E.C. & BOSEN, J.F. *The discomfort index*. **Weatherwise**. 1959; N° 12, p. 57 - 60.

TROIAN, A.; DALCIN, D.; VASCONCELOS DE OLIVEIRA, S. O SISTEMA LEITE: relevância e rentabilidade na agricultura familiar. **Universidade Federal do Maranhão: IV Jornada Internacional de Políticas Públicas**, 2021. Disponível em:

<http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/eixos/8_agricultura/o-sistema-leite-relevancia-e-rentabilidade-na-agricultura-familiar.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2023.

TURCO, Sílvia HN et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 20-27, 2006.

VIANA, E. Principais raças de vacas leiteiras utilizadas no Brasil. **Esteio Gestão Agropecuária**, 2021. Disponível em: <<https://esteiogestao.com.br/principais-racas-de-vacas-leiteiras-utilizadas-no-brasil/>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

WEREBE, E. C. Suor: qual a sua função. **Hospital Israelita Albert Einstein**, 2017. Disponível em: <<https://www.einstein.br/noticias/noticia/suor-qual-a-sua-funcao>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

YAGLOU, C.P.; MINARD, D. *Control of heat casualties at military training centers. Archives of Industrial Health, Chicago*, v.16, p.302-5, 1957.