

Circular

24

Divulgação Técnica

2025 | ISSN 2675-1348



BovConfort: desenvolvendo um aplicativo móvel para auxiliar na identificação de situações de estresse térmico bovino e estimar perdas de produção de leite

Adriana Kroef Tarouco
Gabriela de Menezes Pinto
Yuri da Silva
Ivone Fatima Tazzo
Loana Silveira Cardoso
Amanda Heemann Junges
Paulo Henrique Correia Allem Junior



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO E PESQUISA
AGROPECUÁRIA**

CIRCULAR: divulgação técnica

**BOVCONFORT: DESENVOLVENDO UM APLICATIVO
MÓVEL PARA AUXILIAR NA IDENTIFICAÇÃO DE
SITUAÇÕES DE ESTRESSE TÉRMICO BOVINO E
ESTIMAR PERDAS DE PRODUÇÃO DE LEITE**

Adriana Kroef Tarouco
Gabriela de Menezes Pinto
Yuri da Silva
Ivonete Fatima Tazzo
Loana Silveira Cardoso
Amanda Heemann Junges
Paulo Henrique Correia Allem Junior

Porto Alegre, RS

2025

Governador do Estado do Rio Grande do Sul: Eduardo Figueiredo Cavalheiro Leite.

Secretário da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação: Clair Tomé Kuhn.

Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

Rua Gonçalves Dias, 570 – Bairro Menino Deus

Porto Alegre | RS – CEP: 90130-060

Telefone: (51) 3288.8000

<https://www.agricultura.rs.gov.br/ddpa>

Diretor: Caio Fábio Stoffel Efrom

Comissão Editorial:

Loana Silveira Cardoso; Larissa Bueno Ambrosini; Lia Rosane Rodrigues; Bruno Brito Lisboa; Raquel Paz da Silva; Flávio Nunes.

Arte: Rodrigo Nolte Martins

Catálogo e normalização: Flávio Nunes

B783 BovConfort : desenvolvendo um aplicativo móvel para auxiliar na identificação de situações de estresse térmico bovino e estimar perdas de produção de leite / Adriana Kroef Tarouco ... [et al.]. – Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2025.

36 p. : il. – (Circular : divulgação técnica, ISSN 2675-1348 ; 24)

Continuação de: Circular técnica, 1995-2016.

1. Aplicação. 2. Bovinos de leite. 3. Estresse calórico. 4. Declínio de produção. I. Tarouco, Adriana Kroef. II. Série.

CDU 636.2

REFERÊNCIA

TAROUCO, A. K. *et al.* BovConfort: desenvolvendo um aplicativo móvel para auxiliar na identificação de situações de estresse térmico bovino e estimar perdas de produção de leite. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2025. 36 p. (Circular: divulgação técnica, 24).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1 ESTRESSE TÉRMICO BOVINO.....	8
2.2 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU).....	9
2.3 DECLÍNIO DA PRODUÇÃO DE LEITE (DPL).....	13
2.4 MEDIDAS PARA MITIGAR OS EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE LEITE E NO BEM-ESTAR DOS BOVINOS LEITEIROS.....	15
2.5 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL BOVCONFORT	17
2.6 TESTES.....	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 O APLICATIVO BOVCONFORT	18
3.2 VALIDAÇÃO DO APLICATIVO MÓVEL	28
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
5 AGRADECIMENTO	31
REFERÊNCIAS	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Tabela do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), faixas de Conforto Térmico, sinais clínicos e perda estimada de produção de leite.13
- Figura 2.** Tela inicial com descrição de seu objetivo de criação e com acesso ao conteúdo e informações sobre o aplicativo móvel BovConfort.....19
- Figura 3.** Tela de conteúdo do aplicativo BovConfort, com duas opções de acesso: informações técnicas sobre o tema “conforto térmico bovino” e cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU).....20
- Figura 4.** Tela com opções de conteúdo técnico abordando a temática do conforto térmico bovino para o usuário acessar no aplicativo BovConfort.21
- Figura 5.** Telas com conteúdo técnico abordando a temática do conforto térmico bovino, disponíveis no aplicativo móvel BovConfort.....22
- Figura 6.** Telas de realização do cálculo do ITU, através de dados meteorológicos disponíveis no *website* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no aplicativo móvel BovConfort.....23
- Figura 7.** Telas de alertas, com os resultados do cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), conforme informações inseridas pelo usuário, indicando conforto (a) ou quatro níveis de condição de estresse térmico (b, c, d, e), com a opção de cálculo de declínio estimada de produção de leite (DPL) disponíveis no aplicativo móvel BovConfort.25

Figura 8. Telas de cálculo de perda estimada de produção de leite (8a; 8b), resultados obtidos (8c) e acesso ao botão de dicas de manejo disponíveis no aplicativo móvel BovConfort.27

Figura 9. Tela de informações do aplicativo móvel BovConfort, contendo acesso à equipe de desenvolvedores e colaboradores, referências bibliográficas utilizadas, contato eletrônico com a equipe, compartilhamento do aplicativo e questionário para avaliação.28

CIRCULAR:

divulgação técnica

BOVCONFORT: DESENVOLVENDO UM APLICATIVO MÓVEL PARA AUXILIAR NA IDENTIFICAÇÃO DE SITUAÇÕES DE ESTRESSE TÉRMICO BOVINO E ESTIMAR PERDAS DE PRODUÇÃO DE LEITE

Adriana Kroef Tarouco¹, Gabriela de Menezes Pinto², Yuri da Silva³, Ivonete Fatima Tazzo⁴, Loana Silveira Cardoso⁵, Amanda Heemann Junges⁶, Paulo Henrique Correia Allem Junior⁷

1 Médica Veterinária, Dr^a. em Ciências Veterinárias, Pesquisadora do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: adriana-tarouco@agricultura.rs.gov.br.

2 Bolsista Iniciação Tecnológica PIBIT/CNPq-DDPA/SEAPI. E-mail: gabrielapinto@ufcspa.edu.br

3 Estagiário CIEE-DDPA/SEAPI. E-mail: yuridasilvaa1@gmail.com

4 Engenheira Agrônoma, Dr^a. em Produção Vegetal/Agrometeorologia, Pesquisadora DDPA, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: ivonete-tazzo@agricultura.rs.gov.br.

5 Engenheira Agrônoma, Dr^a. em Agrometeorologia, Pesquisadora DDPA, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: loana-cardoso@agricultura.rs.gov.br.

6 Engenheira Agrônoma, Dr^a. em Agrometeorologia, Pesquisadora DDPA, Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: amanda-junges@agricultura.rs.gov.br.

7 Bolsista Iniciação Científica PROBIC/FAPERGS-DDPA/SEAPI. E-mail: paulo.allem@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

Um grande desafio para a bovinocultura de leite mundial é o aumento anual, progressivo e contínuo da temperatura média do ar, conhecido como aquecimento global. A partir do início dos anos 80, tem-se registrado aumento contínuo da temperatura da Terra em cerca de 0,18°C a cada década, com previsão de que em 2100, a temperatura do planeta possa aumentar entre 2,1°C e 3,9°C (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). No Brasil, elevação das temperaturas médias anuais do ar é observada desde 1990, com os anos de 2015 e 2019, sendo considerados os mais quentes até o ano de 2022 (Instituto Nacional de Meteorologia, 2023; Tazzo *et al.*, 2024).

Temperaturas do ar excessivamente elevadas registradas e seu aumento médio anual, impõem altos riscos à atividade agropecuária. Além disso, a seleção genética por animais mais produtivos, com elevada produção de leite, tem tornado os rebanhos leiteiros mais vulneráveis às mudanças climáticas. À medida que os níveis de produção (por exemplo, taxa de ganho de peso, produção diária de leite) se elevam, a sensibilidade e a intolerância ao estresse térmico também aumentam e, quando associado a um ambiente adverso, o animal corre maior risco de entrar em desconforto térmico (Gupta *et al.*, 2023; Tao *et al.*, 2020).

O estresse calórico acontece quando as altas temperaturas aliadas à alta produção de calor metabólico resultam em um estoque de calor corporal excedente, e o animal não consegue eliminá-lo para o ambiente (Azevedo; Alves, 2009).

Uma vaca de alta produção gasta aproximadamente 31,1% da energia ingerida diariamente na produção de calor.

Mais da metade desse calor (53%) provém da síntese de leite e quase um quarto (23,5%) tem origem na fermentação, digestão e excreção. Somados, esses percentuais perfazem o que conhecemos por incremento calórico. O restante (23,5%) corresponde ao calor produzido pelos processos metabólicos necessários à manutenção de suas funções vitais. Têm-se relatado que a queda de ingestão de vacas leiteiras inicia quando a temperatura ambiente atinge 25°C, e reduz drasticamente quando excede os 40°C (20% a 40%) (Hahn, 1999; Zang, 2008).

Portanto, para evitar o declínio da produção de leite e, conseqüente perda econômica da atividade, é importante que o produtor rural identifique uma condição de estresse térmico de forma rápida e objetiva, para tomar decisões de manejo frente a ambientes desafiadores impostos pelas mudanças climáticas.

Neste sentido, desenvolveu-se um aplicativo móvel que permite, de uma forma ágil e facilitada, identificar e classificar uma situação de estresse térmico, através do cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (Thom, 1959), estimar um possível declínio de produção de leite (DPL), além de disponibilizar informações técnicas e específicas de manejo para estabelecer o bem-estar dos animais e evitar prejuízos econômicos na atividade leiteira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ESTRESSE TÉRMICO BOVINO

As variações de temperatura do ar e de umidade relativa do ar são fatores que podem causar estresse térmico nos bovinos, afetando consideravelmente a produtividade

leiteira. Percebe-se então, a necessidade de não somente focar na produtividade quando se trata da indústria do leite, mas também garantir que os bovinos estejam em condições de bem-estar (Azevêdo; Alves, 2009).

2.2 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

A temperatura ambiente é o principal parâmetro que tem sido utilizado para definir o risco ao estresse térmico. Outros parâmetros que influenciam a carga térmica total incluem radiação solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, que afetam a transferência de calor radiativo e a eficiência do resfriamento evaporativo, sendo, portanto, considerações importantes na avaliação do risco de situações de estresse térmico (Collier *et al.*, 2019). As melhores condições climáticas para os bovinos seriam de temperatura entre 10°C e 27°C, umidade relativa do ar entre 60% e 70% e ITU abaixo de 74 (Baêta; Souza, 1997).

Vários índices foram desenvolvidos na tentativa de captar a influência de todas as variáveis que impactam o balanço calórico dos bovinos. Além do índice de temperatura e umidade (ITU; que combina efeitos de temperatura e umidade relativa do ar), têm-se: índice de umidade de globo negro (BGHI; incorpora temperatura, umidade e calor radiante), índice de carga térmica (HLI; incorpora temperatura, umidade, calor radiante e velocidade do vento/resfriamento evaporativo), as unidades de carga térmica acumulada (AHLU; acumula escores de HLI acima/abaixo do limiar como um resumo da atual carga térmica), índice de temperatura equivalente para bovinos (ETIC; combina temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar), índice climático abrangente (ICC; ajusta a temperatura

do bulbo seco pela umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar), e índice de frequência respiratória estimada (IRR; que combina temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento para estimar a frequência respiratória – como uma medida do risco de estresse térmico) (Shephard; Maloney, 2023).

Uma revisão indicou que, nenhum dos índices térmicos, hoje disponíveis, leva em consideração os princípios termodinâmicos totalmente. Entre os citados anteriormente, destaca-se o IRR, como um bom índice, pois se correlaciona com as respostas fisiológicas dos bovinos (Wang *et al.*, 2018). Já o BGHI, ITU, RRI, TCE e ICC demonstraram ser mais eficazes na predição da temperatura de um local específico do corpo, no entanto, não representativos da real condição de estresse térmico, com o último, apresentando a melhor correlação com a temperatura retal dos bovinos (Arias; Mader, 2023).

O ITU foi adaptado do Índice de Desconforto para humanos desenvolvido por Thom (1959), e, mesmo com reconhecidas limitações, pois não leva em consideração a velocidade do ar e as cargas térmicas de radiação, é amplamente utilizado para avaliar condições ambientais adversas, uma vez que a temperatura e umidade relativa do ar influenciam grande parte dos impactos de troca de calor em ambientes térmicos e, portanto, representam adequadamente o impacto geral sobre os animais (Hahn, 1995; Brown-Brandl *et al.*, 2005; Hahn *et al.*, 2009).

Outro fator a ser considerado para justificar a utilização do ITU é o acesso facilitado dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, pois são registros encontrados em todos os modelos de estações meteorológicas atualmente

utilizadas, e amplamente divulgados nos meios de comunicação e nas mídias digitais.

O valor do ITU, que foi utilizado no aplicativo móvel para identificar uma situação de estresse térmico, é obtido pela seguinte fórmula (Thom, 1959):

$$ITU = T_m + (0,36 * T_{po} + 41,5);$$

em que: T_m = temperatura média diária do ar;

T_{po} = Temperatura do Ponto de Orvalho;

$T_{po} = ((UR/100)^{1/8}) * (112 + (0,9 * T_m)) + (0,1 * T_m) - 112.$

De acordo com os valores calculados do ITU é possível identificar uma condição de conforto ou desconforto térmico para os animais. Na aplicação, dá-se a possibilidade ao usuário de obter o cálculo do ITU utilizando os dados de temperatura média diária e umidade relativa do ar ocorridos em um único dia ou no máximo com registros de até cinco dias. Neste caso, o resultado é dado como o valor médio do ITU entre os dias considerados para o cálculo. Esta funcionalidade visa à identificação prévia de situações de desconforto térmico e, portanto, permite a adoção de ações antecipadas para mitigar seus efeitos nos animais, evitando perdas posteriores de produção de leite. O limiar entre conforto e desconforto térmico é geralmente considerado quando o valor calculado do ITU é de 71. Quanto maior o resultado obtido, mais elevado será o nível de desconforto térmico sentido pelo animal e o impacto deste no seu desempenho. Foram consideradas quatro classes de valores do ITU, adaptadas de Rosemberg, Biad e Verns (1983), para identificar as faixas de classificação de conforto/desconforto térmico, a saber:

- ITU 1: valores menores ou iguais a 71, indicando uma situação de conforto térmico.

- ITU 2: valores superiores a 71 e menores ou iguais a 79, considerada uma situação de estresse leve a moderada.

- ITU 3: valores superiores a 79 e menores ou iguais a 84, considerada uma situação de estresse térmico severo, indicando perigo.

- ITU 4: valores acima de 84, considerada uma situação de estresse térmico crítico, indicando condição emergencial.

A faixa de ITU 2 abrange uma ampla gama de valores. Para este projeto de desenvolvimento, dividiu-se em duas subcategorias: valores $>71 \leq 75$ foram considerados como uma situação de estresse térmico que exigiu atenção (nível de estresse leve, e $>75 \leq 79$ (nível médio a moderado de estresse), considerados como uma condição de alerta. A relação entre temperatura média do ar e umidade relativa do ar, juntamente com as respectivas classificações de faixas do ITU e sinais clínicos de estresse são apresentados, sob a forma de uma tabela adaptada de Zimbleman *et al.* (2009) (Figura 1). Esta tabela consta como material técnico disponibilizado no aplicativo móvel.

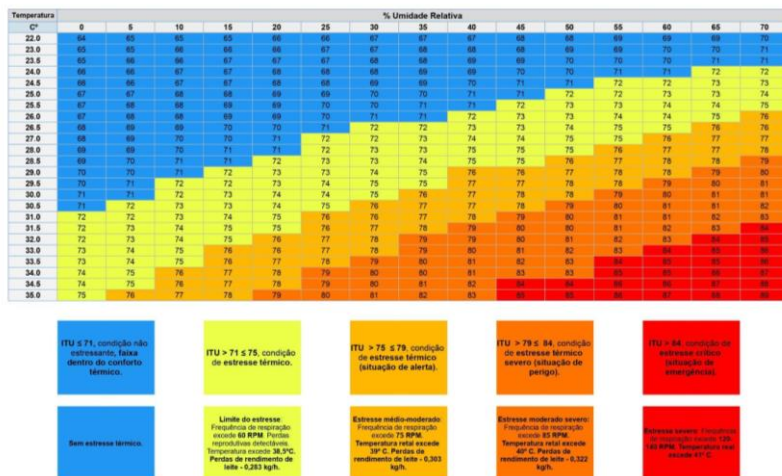


Figura 1. Tabela do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), faixas de Conforto Térmico, sinais clínicos e perda estimada de produção de leite.

Fonte: Adaptado de Zimbleman *et al.* (2009).

2.3 DECLÍNIO DA PRODUÇÃO DE LEITE (DPL)

O estresse térmico sofrido pelos animais provoca, além da diminuição no consumo, grandes adaptações metabólicas. Essas mudanças resultam em menor aporte de energia para a glândula mamária, e parece ser este, um dos mecanismos responsáveis pela queda da produção de leite e de seus componentes, afetando também sua qualidade (Lage *et al.*, 2018; Tazzo *et al.*, 2024). Quando a temperatura do ar atinge 25°C, ocorre a redução do consumo de matéria seca, caindo drasticamente quando excede os 40°C (20% a 40%) (Hahn, 1999; Zang, 2008).

No que se refere ao volume de leite produzido, em revisão de literatura de Graczki *et al.*, (2022), relatos dos autores indicam que o estresse causa perdas que podem chegar de 10% a 35%, sendo um importante fator causador de prejuízos aos produtores. Resultado semelhante foi relatado por Pinarelli (2003) e Porcionato *et al.* (2009), em que o estresse calórico gerou queda de 17% a 22% na produção de vacas de 15 a 40 kg/dia, respectivamente.

Neste sentido, a detecção de uma situação de estresse térmico e a intervenção para que se possa agir de forma a anular ou pelo menos minimizar seus efeitos, são fundamentais para manter a produtividade na atividade leiteira (Graczki *et al.*, 2022).

Para estimar os efeitos da temperatura e umidade relativa do ar no conforto térmico animal e sobre a produção de leite, utilizou-se no aplicativo móvel, a equação para vacas Holandesas em lactação, proposta por Berry, Shanklin e Johnson (1964), adaptada por Hahn (1993):

$$DPL = - 1,075 - 1,736(NP) + 0,02474 (NP) (ITU);$$

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

NP = nível normal de produção de leite, kg vaca dia⁻¹;

ITU = valor médio diário do índice de temperatura e umidade.

A estimativa de declínio de produção de leite (DPL) é obtida a partir do cálculo dos valores do ITU previamente executado pela aplicação, quando o usuário insere os dados de temperatura e umidade relativa do ar, registrados em estação meteorológica instalada em sua

propriedade/localidade, ou se estiver com Internet disponível, podendo acessar o *website* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através de link específico adicionado na aplicação. Além dos dados meteorológicos para o cálculo do ITU é necessário inserir, o valor de produção diária de leite de uma vaca, para um cálculo de declínio individual, ou o valor médio diário de leite produzido e o número de fêmeas em lactação, para estimar a queda de produção do rebanho.

2.4 MEDIDAS PARA MITIGAR OS EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE LEITE E NO BEM-ESTAR DOS BOVINOS LEITEIROS

O controle eficiente do ambiente visando combater o estresse térmico pode ser feito por meio da utilização de mecanismos naturais ou artificiais para potencializar a dissipação de calor corporal excedente produzido em ambientes desfavoráveis (Tarouco *et al.*, 2024).

Entre esses, pode-se destacar o incremento da movimentação do ar, o umedecimento da superfície do animal, o resfriamento evaporativo do ar (sistemas como ventilador, aspessor e painel evaporativo) e o uso de sombras para minimizar os efeitos da radiação solar direta, além da introdução de dietas com menor incremento calórico (Azevêdo; Alves, 2009).

Na escolha da prática a ser adotada na propriedade, devem-se considerar as necessidades dos animais (em muitos casos, variáveis durante o ano), o impacto das tecnologias escolhidas sobre as condições ambientais, o nível de gerenciamento da propriedade, o capital disponível e a relação custo-benefício da tecnologia escolhida (Pires; Campos, 2004).

Recomenda-se prestar atenção no rebanho para identificar os animais que estejam apresentando os seguintes comportamentos: procurar por sombra (não abandonar a sombra para se alimentar ou beber água); aumentar a ingestão de água; reduzir o consumo de alimentos; permanecer de pé ao invés de deitar; além de sinais clínicos como aumento da frequência respiratória; aumento da temperatura retal; aumento da produção de suor; salivação excessiva (Pires; Campos, 2004).

Segundo Antunes *et al.* (2009), há três estratégias de manejo que podem ser adotadas minimizando, de forma eficaz, os riscos do estresse calórico: 1) Implementação de sistemas de ventilação e sombreamento, o que proporciona redução da temperatura ambiente, e conseqüentemente a redução do estresse calórico, criando um local de conforto e bem-estar animal, o que afeta positivamente na produção de leite. 2) Desenvolvimento genético de raças mais tolerantes ao calor, através de cruzamentos industriais que proporcionem a expressão de maior resistência frente a condições adversas. 3) Melhoramento nutricional através do oferecimento de uma dieta “fria”, ou seja, dietas que possibilitam o fornecimento de nutrientes para a produção de leite, aliado a um menor incremento calórico proveniente da fermentação e metabolismo dos alimentos. Dietas como estas possuem como característica o alto teor de energia oriunda de óleos, fibra de alta fermentação, menor degradabilidade de proteínas e alto conteúdo de nutrientes protegidos. Ainda, a suplementação mineral com potássio, sódio e magnésio, além de prover uma água de boa qualidade, são práticas que podem minimizar os efeitos gerados pelo estresse calórico.

2.5 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL BOVCONFORT

Durante o desenvolvimento do aplicativo, foram adotados conceitos de métodos ágeis para organizar e entregar os trabalhos da equipe. Essa abordagem enfatiza a entrega incremental, a colaboração em equipe, o planejamento contínuo e o aprendizado constante no desenvolvimento de *software* (Leite; Lucrédio, 2014). Durante esse período, utilizaram-se *Sprints*, que são períodos de tempo pré-definidos nos quais a equipe realiza as entregas planejadas e apresenta os resultados ao *Product Owner* (PO) (Jacobs; Kirsch; Kaim, 2023). Optou-se por dividir esses períodos em uma base semanal, ajustando os prazos de acordo com a complexidade das funcionalidades do aplicativo.

A fase inicial do desenvolvimento se concentrou no *design* do aplicativo, estabelecendo um plano para as funcionalidades e a estética que seriam desenvolvidas. A paleta de cores foi criada com base em estudos de usabilidade, garantindo uma experiência amigável ao usuário e alinhada ao tema abordado. Além disso, foram planejadas as interfaces utilizando o editor gráfico *Figma*, que permite a criação de *designs* de produtos digitais através da *web*, assim como o desenvolvimento do logo da aplicação.

O Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) *Visual Studio Code* (VS Code) desenvolvido pela *Microsoft* foi utilizado para o desenvolvimento do aplicativo. O VS Code é amplamente utilizado pelos desenvolvedores devido a sua velocidade e sua facilidade de personalização (Jacobs; Kirsch; Kaim, 2023). Para este projeto, o IDE oferece recursos de emulação de dispositivos móveis, identificação de erros no código e sugestões de correção. Além disso, integrou-se o VS

Code ao *Git*, uma tecnologia de controle de versão, para garantir um monitoramento mais eficiente das atualizações das funcionalidades.

O kit de desenvolvimento *Flutter* foi utilizado para a programação da aplicação. Desenvolvido pelo *Google*, o *Flutter* oferece uma ampla gama de funcionalidades customizáveis para atender às necessidades de cada projeto (Flutter, [2020]).

No BovConfort, utilizaram-se ferramentas pré-implementadas, como texto, botões/atalhos, cálculos e navegação, através da linguagem *Dart* e implementação dos *Widgets*, que são os blocos de construção fundamentais para a construção da interface do usuário (Corazza, 2018).

2.6 TESTES

Durante o desenvolvimento do aplicativo, os testes de interface e funcionalidade foram realizados em dispositivos físicos e virtuais emulados pelo *Android Studio*, sendo ambos da plataforma *Android*. Desta forma, obteve-se uma gama muito maior de diferentes modelos de dispositivos, bem como versões de seu sistema operacional, para que fosse possível verificar possíveis falhas durante o uso do aplicativo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O APLICATIVO BOVCONFORT

O desenvolvimento do aplicativo móvel BovConfort foi iniciado em março de 2023, e postado na *Play Store*, loja de aplicativos para dispositivos *Android*, em outubro de 2023, disponível no link de acesso abaixo:

https://play.google.com/store/apps/details?id=ddpaseapi.gov.br.bovconfort&hl=pt_BR&gl=US. Ao todo, foram desenvolvidas 22 telas, que são interativas entre si. A navegação é realizada em um *menu* inferior horizontal, com três itens de botões CTA (*Call to Action*): este é um tipo de botão projetado para incentivar o usuário a realizar uma ação específica, nesse caso a alternância entre as abas do aplicativo. O primeiro item do *menu* de navegação é denominado *Home*, o qual traz uma breve introdução e objetivo do aplicativo, onde constam a identidade visual da aplicação com o logo e o nome (Figura 2).

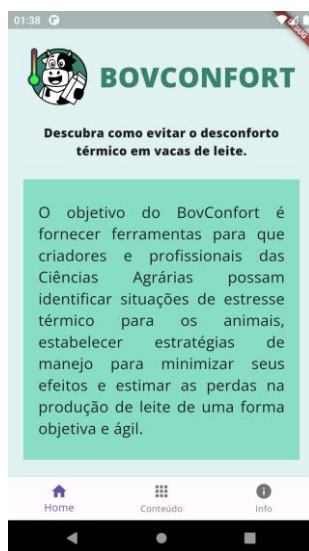


Figura 2. Tela inicial com descrição de seu objetivo de criação e com acesso ao conteúdo e informações sobre o aplicativo móvel BovConfort.

No item de *menu* central é onde está localizado o conteúdo principal do aplicativo. Foram inseridas informações técnicas sobre a temática do conforto térmico bovino, assim como a opção de calcular o Índice de temperatura e umidade /ITU (Figura 3).

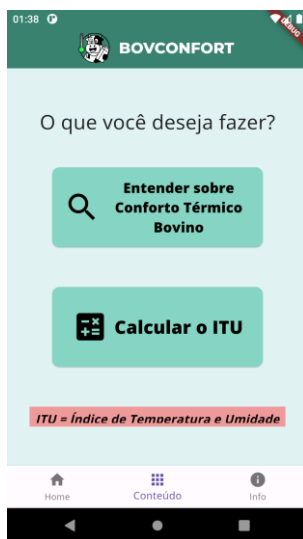


Figura 3. Tela de conteúdo do aplicativo BovConfort, com duas opções de acesso: informações técnicas sobre o tema “conforto térmico bovino” e cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU).

Ao acessar a primeira opção, o usuário é levado para uma tela com quatro possibilidades de conteúdo para navegar (Figura 4). A opção superior à esquerda leva o usuário a uma tabela em que apresenta a relação entre os valores de temperatura e umidade relativa do ar e as faixas de

classificação do ITU (Figura 5a). A tabela é dividida por cores, conforme a intensidade da situação do estresse térmico, em que a cor azul representa condição de conforto térmico até o vermelho, indicativo de uma situação emergencial, facilitando a identificação da faixa de classificação de estresse térmico na qual o ITU foi calculado (Figura 1).



Figura 4. Tela com opções de conteúdo técnico abordando a temática do conforto térmico bovino para o usuário acessar no aplicativo BovConfort.

A segunda opção, superior à direita, leva a uma imagem que mostra os principais efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras em lactação (Figura 5b). A terceira opção, inferior à esquerda, leva o usuário às dicas de manejo desenvolvidas com base em pesquisas recentes na área

(Figura 5c). Há quatro botões do tipo “*Drawer*”, em que o conteúdo é exibido ao serem clicados e podem ser recolhidos da mesma forma. Os textos fornecem informações sobre medidas para mitigar os efeitos do estresse térmico, entre elas, utilização de sistemas de sombreamento e refrigeração, disponibilização de água de qualidade e nutrição adequada.

A última opção, inferior à direita, “Leitura Complementar”, leva o usuário ao *website* da Secretaria Estadual da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação do Rio Grande do Sul (SEAPI) (Figura 5d), no qual é possível acessar as publicações técnicas nas áreas de agrometeorologia e biometeorologia, disponibilizadas pelo Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA) da SEAPI.

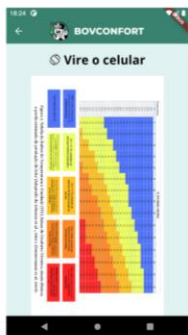


Figura a.

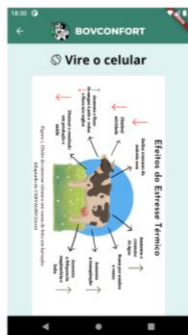


Figura b.



Figura c.



Figura d.

Figura 5. Telas com conteúdo técnico abordando a temática do conforto térmico bovino, disponíveis no aplicativo móvel BovConfort.

Para obter o valor do ITU, é possível escolher entre duas opções: a primeira fornece um cálculo de forma simplificada para o usuário que não tem acesso à internet, com a inserção de dados meteorológicos diários (temperatura média e umidade relativa do ar) locais. A segunda, para o usuário com acesso à internet, em que é induzido a entrar no *website* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET; Figura 6b) e obter dados diários de sua localidade ou região próxima, das seguintes variáveis meteorológicas: temperaturas do ar mínima e máxima, umidades relativas do ar mínima e máxima (Figura 6c) e, posteriormente, inserir as informações conforme a Figura 6d, para o cálculo do valor do ITU.

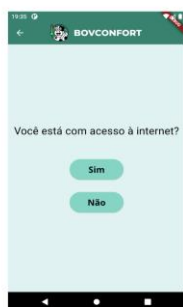


Figura a.

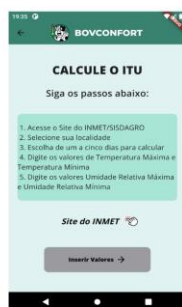


Figura b.



Figura c.



Figura d.

Figura 6. Telas de realização do cálculo do ITU, através de dados meteorológicos disponíveis no *website* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no aplicativo móvel BovConfort.

Utilizando os dados inseridos pelo usuário, o aplicativo calcula a temperatura média diária do ar e umidade relativa média diária do ar e o valor do ITU correspondente. Nesta

funcionalidade é possível inserir dados diários de temperatura e de umidade relativa do ar por até cinco dias (previsões disponíveis no *website* do INMET (Figura 6c). O resultado do ITU é dado como a média dos valores inseridos para cada dia considerado. Desta forma, o usuário pode antecipar a identificação de uma possível situação de estresse térmico em até cinco dias e estabelecer estratégias de manejo previamente, evitando queda de produção de leite, devido a um ambiente desfavorável (Figura 6d).

Os resultados dos níveis de estresse térmico no qual os animais estão sendo submetidos variam entre cinco faixas de classificação. O usuário será encaminhado para a faixa de ITU correspondente ao cálculo realizado após a inserção dos valores de temperatura e umidade relativa do ar, registrados em sua localidade/propriedade. As cinco faixas de classificação do conforto/desconforto térmico foram identificadas por cores (Figura 7):

- Dentro do conforto térmico: $ITU \leq 71$ / cor azul;
- Atenção (desconforto térmico): $ITU > 71 \leq 75$ / cor amarela;
- Alerta (estresse térmico moderado): $ITU > 75 \leq 79$ / cor laranja claro;
- Situação de perigo (estresse térmico severo): $ITU > 79 \leq 84$; cor laranja escuro;
- Situação de emergência (estresse térmico crítico): $ITU > 84$; cor vermelha.



Figura a.

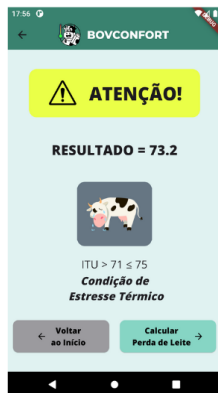


Figura b.



Figura c.



Figura d.



Figura e.

Figura 7. Telas de alertas, com os resultados do cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), conforme informações inseridas pelo usuário, indicando conforto (a) ou quatro níveis de condição de estresse térmico (b, c, d, e), com a opção de cálculo de declínio estimada de produção de leite (DPL) disponíveis no aplicativo móvel BovConfort.

Após o cálculo do ITU, há uma tela em que o valor do índice é apresentado, indicando qual o nível da condição de conforto ou desconforto térmico que os animais estão submetidos (Figura 7). Quando o resultado calculado for superior a 71 (condição de estresse térmico), o aplicativo oferece ao usuário a possibilidade de estimar o declínio da produção de leite (DPL), de acordo com o nível de produção da vaca. Este cálculo poderá ser efetuado para uma fêmea lactante individualmente (Figura 8a), considerando a sua produção diária média, ou para o rebanho, neste caso, é necessário introduzir os seguintes dados: número de vacas em lactação do rebanho e produção diária média de leite das fêmeas em litros (Figura 8b). Para estimar o declínio de produção, utiliza-se a fórmula do DPL e faz-se a conversão da informação da produção de leite em litros inserida pelo usuário para quilogramas.

O resultado é então exibido em uma tela subsequente, indicando a **estimativa** de declínio da produção de leite em quilos (Figura 8c). Nestas situações, o usuário é estimulado a buscar as informações sobre medidas de manejo indicadas para mitigar os efeitos do estresse térmico sobre a produção de leite. Esta é a última etapa do aplicativo, onde o usuário pode optar por retornar ao *menu* principal ou acessar informações técnicas adicionais para entender sobre o estresse térmico bovino.

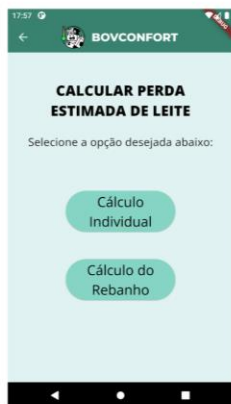


Figura a.

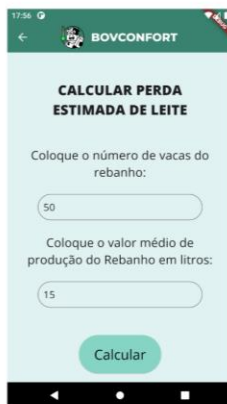


Figura b.



Figura c.

Figura 8. Telas de cálculo de perda estimada de produção de leite (8a; 8b), resultados obtidos (8c) e acesso ao botão de dicas de manejo disponíveis no aplicativo móvel BovConfort.

O último botão do *menu* (info) direciona para a tela de informações do aplicativo (Figura 9). Esta tela apresenta vários botões que fornecem acesso rápido à equipe de desenvolvimento e colaboradores (Equipe), às referências bibliográficas utilizadas como fonte de informações técnicas (Bibliografia), ao contato com os desenvolvedores por meio de endereço eletrônico (Fale conosco), à possibilidade de compartilhamento do aplicativo móvel (Compartilhar App), além de um questionário de avaliação da aplicação (opinião do usuário) por meio da plataforma Google Formulários (Avalie-nos).



Figura 9. Tela de informações do aplicativo móvel BovConfort, contendo acesso à equipe de desenvolvedores e colaboradores, referências bibliográficas utilizadas, contato eletrônico com a equipe, compartilhamento do aplicativo e questionário para avaliação.

3.2 VALIDAÇÃO DO APLICATIVO MÓVEL

Para validar as funcionalidades disponíveis no aplicativo móvel BovConfort, fez-se simulações de condições ambientais reais, utilizando-se os dados de temperatura e umidade relativa do ar compiladas a partir dos registros meteorológicos da rede de estações convencionais e automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Sistema de Monitoramento e Alertas Agroclimáticos (SIMAGRO/RS) da Secretaria da Agricultura, Pecuária,

Produção Sustentável e Irrigação (SEAPI) em dez regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul (Maluf; Caiaffo, 2001).

Para estimar o declínio de produção de leite (DPL), consideraram-se vacas com produção entre 5 a 40 kg dia⁻¹ (oito níveis), nos meses de setembro e outubro de 2023. Os resultados dos cálculos do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e do Declínio de Produção de Leite (DPL) realizados através das funcionalidades disponíveis no aplicativo foram comparados com os valores descritos no Comunicado Agrometeorológico Especial: Biometeorologia aplicada à bovinocultura de leite no Rio Grande do Sul: condições meteorológicas, índice de temperatura e umidade (conforto térmico) e estimativa de efeitos na produção de leite na primavera de 2023 (Tarouco *et al.*, 2023).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desafios enfrentados pela agropecuária frente às mudanças climáticas e, em especial, a bovinocultura leiteira têm causado perdas econômicas significativas para a atividade.

O desenvolvimento de tecnologia digital, como o aplicativo móvel BovConfort, de acesso gratuito, dá a possibilidade aos produtores rurais de identificar situações de estresse térmico calórico para bovinos leiteiros e, com isso, auxiliar na tomada de decisão em adotar estratégias de manejo que visam mitigar os efeitos negativos de um ambiente desafiador na produção leiteira. Foi desenvolvido um aplicativo móvel que fornece o cálculo do Índice de temperatura e umidade (ITU), como um indicador de uma situação de desconforto térmico e seu grau de severidade,

além de permitir estimar o declínio da produção de leite das vacas em lactação do seu rebanho.

A utilização de dados ambientais reais e a consonância com resultados da publicação do Grupo de Estudo em Biometeorologia aplicada na produção animal (Comunicado Agrometeorológico Especial) indica que esta ferramenta digital se mostrou ser eficiente para identificar situações de estresse térmico e estimar, através de um modelo matemático, quedas de produção leiteira. No entanto, estudos em propriedades rurais associando as variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar e seus efeitos reais na produção de leite, deverão ser conduzidos para dar mais robustez e confiabilidade aos valores estimados.

O BovConfort é uma ferramenta que facilita aos produtores de leite calcular o índice de temperatura e umidade, identificando situações de estresse térmico, estimar possíveis declínios de produção e acessar recomendações técnicas, desenvolvidas com embasamento científico, para obter melhores resultados de produtividade frente aos desafios climáticos atuais.

A conectividade e o aumento da internet no meio rural possibilitam e ampliam a demanda por métodos mais eficientes e ágeis de identificação de problemas e soluções para a produção animal. O uso do aplicativo BovConfort permite que o produtor rural adote estratégias de manejo rapidamente, tornando o seu sistema de produção mais sustentável, resiliente e produtivo.

5 AGRADECIMENTO

Agradecemos às instituições de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de Iniciação Científica e de Inovação Tecnológica (PROBIC/PIBIT).

REFERÊNCIAS

ANTUNES, M. M. *et al.* Efeitos do estresse calórico sobre a produção e reprodução do gado leiteiro. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária, 2009. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nupeec/files/2018/01/2-Efeitos-do-estresse-cal%C3%B3rico-sobre-a.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2024.

ARIAS, R. A; MADER, T. L. Evaluation of four thermal comfort indices and their relationship with physiological variables in feedlot cattle. **Animals**, Basel, v. 13, n. 7, 1169, 2023.

AZEVÊDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78361/1/documento-188.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F.; **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1997.

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

BROWN-BRANDL, T. M. *et al.* Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: analyses of indicators. **Biosystems engineering**, London, v. 90, n. 4, p. 451-462, 2005.

COLLIER, Robert J. *et al.* Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. **Animal Frontiers**, [London], v. 9, n. 1, p. 12-19, 2019.

CORAZZA, P. V. **Um aplicativo multiplataforma desenvolvido com Flutter e NoSQL para o cálculo da probabilidade de apendicite.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

FLUTTER. **Documentação do Flutter em pt-BR.** Tradução feita pela comunidade. [S. l.: s. n., 2020]. Disponível em: <https://vueda.github.io/flutter-docs-ptbr/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

GRACZCKI, G. L. *et al.* Estresse térmico em vacas leiteiras: revisão. **Pubvet**, [s. l.], v. 16, n. 3, 2022. DOI: 10.31533/pubvet.v16n03a1065.1-4.

GUPTA, S. *et al.* The Impact of heat stress on immune status of dairy cattle and strategies to ameliorate the negative effects. **Animals**, Basel, v. 13, n. 1, 107, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13010107>. Acesso em: 13 dez. 2024.

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

HAHN, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 77, p. 10-20, 1999. Suppl. 2. Disponível em: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/77/suppl_2/10/4625559?redirectedFrom=fulltext. Acesso em: 2 nov. 2024.

HAHN, G. L. Environmental management for improved livestock performance, health and well-being. **Japanese Journal of Livestock Management**, Tokyo, v. 30, n. 3, p. 113-127, 1995.

HAHN, G. L. *et al.* Thermal indices and their applications for

livestock environments. *In*: DeSHAZER, J. A. (ed.). **Livestock energetics and thermal environment management**. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. p. 113-130.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Eventos extremos de janeiro de 2023 no Brasil**. Brasília, DF: INMET, 2023. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Nota_EventosExtremos_Brasil_Janeiro2023-rr.pdf#page=1&zoom=auto,-100,842. Acesso em: 10 jan. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Working Group I. Summary for policymakers. *In*: **Climate change 2021: the physical science basis: Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

JACOBS, M.; KIRSCH, J.; KAIM, E. O que é Agile?. *In*: MICROSOFT learn. [Redmond, WA]: Microsoft, 5. out. 2023. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/devops/plan/what-is-agile>. Acesso em: 12 nov. 2024.

LAGE, C. F. A *et al.* Efeitos do estresse térmico materno no final do período seco e lactação: estresse calórico, saúde, desenvolvimento, produção de leite, composição do leite. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 8097-8106, 2018. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-459.pdf>. Acesso em: 17 out. 2024.

LEITE, L. M.; LUCRÉDIO, D. Desenvolvimento de software utilizando o framework Scrum: um estudo de caso. **Tecnologias, Infraestrutura e Software**, São Carlos, v. 3, n. 2, p. 114-121, 2014.

MALUF, J. R. T.; CAIAFFO, M. R. R. Regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. v. 1, p. 151-152.

PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte**, Milan, v. 28, n. 12, p. 36-38, 2003.

PIRES, M. D. F. A.; DE CAMPOS, A. T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. (Comunicado técnico, 42). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/594946/1/COT42Modificacoesambientais.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2024.

PORCIONATO, M. A. F. *et al.* Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 483–490, 2009.

ROSENBERG, L. J.; BIAD, B. L., VERNIS, S. B. Human and animal biometeorology. *In*: ROSENBERG, L. J.; BIAD, B. L., VERNIS, S. B. **Microclimate, the biological environment**. 2nd ed. New York: Wiley, 1983. p. 423-467.

SHEPHARD, R. W.; MALONEY, S.K. A review of thermal stress in cattle. **Australian Veterinary Journal**, Burnswick, v. 101, p. 417–429, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/avj.13275>. Acesso em: 14 out. 2024.

TAO, S. *et al.* Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. **Theriogenology**, [New York], v. 150 p. 437–444, 2020. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.02.048.

TAROUCO, A. K. *et al.* Biometeorologia aplicada à bovinocultura de leite no Rio Grande do Sul: condições

meteorológicas, índice de temperatura e umidade (conforto térmico) e estimativa de efeitos na produção de leite na primavera 2023. **Comunicado Agrometeorológico**, Porto Alegre, n. 66, p. 6-42, dez. 2023.

TAZZO, I. F. *et al.* Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ao longo do verão de 2021/2022 e estimativas dos impactos na bovinocultura de leite no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 25, 2024.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Boston, v. 12, n. 2, p. 57- 60, 1959.

WANG, X. *et al.* A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices. **Journal of Thermal Biology**, Amsterdam, v. 77, p. 24–37, 2018.

ZANG, C. J. **Effect of dietary cation-anion balance on production performance and blood biochemistry indicators of dairy cows in the condition of heat stress.** Xinjiang: Xinjiang Agricultural University; 2008.

ZIMBLEMAN, R. B. *et al.* A reevaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *In*: ANNUAL SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 24., 2009, Tempe, AZ. **Proceedings** [...]. Tucson: University of Arizona, 2009. p. 158–168.



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO

Secretaria de Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação
Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

Avenida Getúlio Vargas, 1384 - Menino Deus
CEP 90150-004 - Porto Alegre - RS
Fone: (51) 3288-8000

www.agricultura.rs.gov.br/ddpa