

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM ZOOTECNIA
THALES GABRIEL DE OLIVEIRA

**ESTRESSE TÉRMICO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA: Compost Barn e
Freestall**

CERES – GO
2021

THALES GABRIEL DE OLIVEIRA

**ESTRESSE TÉRMICO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA: Compost Barn e
Freestall**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, sob orientação do Prof. Dr. Alexandre Kluge Pereira.

CERES – GO

2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OOL48e Oliveira, Thales Gabriel de
ESTRESSE TÉRMICO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA:
Compost Barn e Freestall / Thales Gabriel de
Oliveira; orientador Alexandre Kluge Pereira. --
Ceres, 2021.
40 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Zootecnia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2021.

1. Bovinocultura de Leite. 2. Zootecnia de
Precisão. 3. Leite. I. Pereira, Alexandre Kluge,
orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

TR nº 3/2021 - CCEG-CE/CEG-CE/GE-CE/DE-CE/CMPCE/IFGOIANO



Repositório Institucional do IF Goiano - RIF Goiano

Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Thales Gabriel de Oliveira
Matrícula: 2014103201810134

Título do Trabalho: **ESTRESSE TÉRMICO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA: Compost Barn e Freestall**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIF Goiano: 31/08/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido(a) autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado

em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiás.

Ceres, 19/08/2021

Thales Gabriel de Oliveira

Ciente e de acordo:

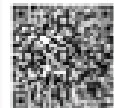
Prof. Alexandre Kluge Pereira - Orientador

Documento assinado eletronicamente por:

- Thales Gabriel de Oliveira, 3014088201890134 - Discente, em 14/08/2021 14:59:21.
- Alexandre Kluge Pereira, PROFESSOR ENS. BASICO TECH TECNOLOGICO, em 19/08/2021 12:05:48.

Este documento foi emitido pelo SLWP em 17/08/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://uap.ifgiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 302465
Código de Autenticação: a78b298c77



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Ceres

Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, Nome, CERES / GO., CEP 76300-000

(62) 3307-7100



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 16/2021 - CCEG-CE/CEG-CE/GE-CE/DE-CE/CMPCE/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao dia 30 do mês de julho do ano de dois mil e vinte e um, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do acadêmico Thales Gabriel de Oliveira, do Curso de Zootecnia matrícula 2014103201810134, cujo título é "**ESTRESSE TÉRMICO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA: Compost Barn e Freestall**". A defesa iniciou-se às 9 horas e 00 minutos, finalizando-se às 9 horas e 40 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho **APROVADO** com média 7,6 no trabalho escrito, média 8,4 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 8,0 de pontos, estando o estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, a estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

(Assinado Eletronicamente)

Alexandre Kluge Pereira

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Waldeliza Fernandes da Cunha

Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por me conceder sabedoria para enfrentar todos os desafios da vida.

Agradeço a Nossa Senhora da Aparecida, que tem rogado por mim e intercedido constantemente sobre a minha vida, me protegendo e guiando.

Agradeço aos meus pais, por todo amor, carinho e suporte dado.

Agradeço aos meus amigos e professores do IF Goiano – Campus Ceres, em especial o meu orientador Alexandre, que tem me guiado nesse processo.

Agradeço ao IF Goiano, instituição que tem me propiciado tanto crescimento e aprendizado.

RESUMO

A produção estimada de leite no Brasil foi de 24,95 milhões de toneladas em 2020. Para produzir esta elevada quantidade de leite, é necessário que tecnologias sejam implementadas nos sistemas produtivos com o intuito de alavancar a produção dos animais. O Free-Stall e o Compost Barn surgem como tecnologias adotadas em sistema de confinamento de vacas leiteiras, sendo capazes de minimizar os efeitos causados pelo estresse térmico. Estes são sistemas que permitem um comportamento mais livre dos animais, como manutenção de seu bem estar. Temperatura e umidade relativa do ar são variáveis que podem interferir nesse sistema de produção, mas que se bem controladas permitem que as vacas alcancem a sua máxima produção aliadas a um bom manejo higiênico e alimentar. Os sistemas Freestall e Compost Barn são sistemas de confinamento de gado leiteiro que permitem o controle do estresse térmico dos animais, fazendo uso ou não de ventilação natural, exaustores, nebulizadores, aspersores e outros.

Palavras-chave: Bovinocultura Leiteira, Zootecnia de Precisão, Leite

ABSTRACT

The estimated milk production in Brazil was 24.95 million tons in 2020. To produce this high amount of milk, technologies need to be implemented in production systems in order to leverage the production of animals. Free-Stall and Compost Barn emerge as technologies adopted in confinement systems for dairy cows, being able to minimize the effects caused by heat stress. These are systems that allow animals to behave more freely, in order to maintain their well-being. Temperature and relative humidity of the air are variables that can interfere in this production system, but if well controlled they allow the cows to reach their maximum production combined with a good hygienic and feeding management. The Freestall and Compost Barn systems are confinement systems for dairy cattle that allow for the control of the animals' thermal stress, using or not natural ventilation, exhaust fans, nebulizers, sprinklers and others.

Keywords: Dairy Cattle, Precision Zootechnics, Milk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Produção de leite em 2019, número de propriedades produtores (unidades) e produção média por fazenda.....	3
Figura 2. Relação entre BEA e produtividade.	5
Figura 3. Cinco liberdades do BEA.	6
Figura 4. Freestall.	7
Figura 5. Representação gráfica de galpão freestall convencional (FVA), laterais abertas com ventilação natural.....	9
Figura 6. Representação gráfica de freestall fechado com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada (LPCV).	10
Figura 7. Compost Barn.	11
Figura 8. Respostas básicas da termorregulação em relação à temperatura efetiva do ambiente.....	14
Figura 9. Zonas de conforto e termoneutralidade de vacas leiteiras de acordo com os valores de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar.....	15
Figura 10. variáveis climáticas e respostas fisiológicas de vacas leiteiras confinadas em galpão freestall convencional com e sem sistema de arpersão e nebulização. ..	21

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
DESENVOLVIMENTO	3
Panorama do Leite – Brasil e Mundo.....	3
Bem-estar Animal na Bovinocultura de Leite	4
Confinamento de Gado de Leite	6
Freestall	7
Galpão FreeStall Convencional com laterais abertas	8
Galpão FreeStall com Sistema de Resfriamento Evaporativo e Ventilação Cruzada.....	9
Compost Barn	10
Estresse e conforto térmico em sistemas de confinamento de gado de leite	12
Termoneutralidade	13
Respostas fisiológicas: frequência respiratória	16
Índices de avaliação conforto térmico	17
Produtividade e conforto térmico em sistemas Freestall e Compost Barn.....	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS.....	23

INTRODUÇÃO

Em 2020, estima-se que o Brasil tenha produzido 24,95 milhões de toneladas de leite, sendo 4,69% da produção mundial (532,3 milhões de toneladas). Esta produção mundial foi 1,9% superior ao ano de 2019 (LEITE, STOCK E RESENDE, 2021). No Brasil, as maiores regiões produtoras são Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte, respectivamente. Contudo, o maior estado produtor de leite é Minas Gerais Sudeste (ZOCCAL, 2019).

Nos últimos anos, a produtividade/vaca (kg/lactação) aumentou 14,8%, saltando de 1.710 kg para 1.963 kg vaca/lactação (RESENDE et al., 2019), resultado inicialmente decorrente da maior utilização de manejos que visem o bem-estar animal (DIAS et al., 2015) aliadas a modernização e especialização das fazendas leiteiras, devido principalmente aos sistemas de produção implementados, como o Freestall e Compost Barn (SIQUEIRA, 2019).

O bem-estar animal visa assegurar as melhores condições de criação para os animais de companhia e de produção, mantendo o animal seguro e apto para expressar seu comportamento natural, com boa nutrição e livre de doenças, dores, fome ou sede (OIE, 2017). O bem-estar animal está intimamente ligado ao aumento da produção através das melhorias de manejo, podendo ser prejudicado em sistemas muito intensivos de criação (McINERNEY, 2004).

O bem-estar animal está altamente relacionado ao conforto térmico e, através do manejo adequado e de mão de obra especializada, é possível promover o aumento da produtividade. Contudo, é comum notar desconforto e estresse térmico em sistemas de criação de gado leiteiro, um problema que precisa ser mitigado para alcançar os melhores índices produtivos (ROZELMEN, 1993; PEREIRA et al., 2010).

O estresse térmico ocorre quando condições ambientais e climáticas estão inadequadas quanto às exigências do animal para manutenção da homeotermia (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007). Temperatura, umidade do ar, radiação solar e velocidade do vento figuram entre as principais condições climáticas que acarretam no estresse térmico, que pode ser vislumbrado a partir da resposta apresentada pelo animal quando está inserido nessas condições, sendo a frequência respiratória a resposta mais rápida e direta (NEIVA et al., 2004; GARCIA et al., 2017).

Rozelmen (1993) indica que o confinamento (freestall e composto barn) de bovinos de leite atuam não somente no aumento da produtividade mas promovendo também o bem-estar animal e o conforto térmico dos animais confinados. Freestall é um sistema de confinamento, caracterizado por um galpão que possui aberturas laterais ou não, com ventilação natural, que podem estar associadas ou não a ventilação superficial, com linhas de baias livres, cuja superfície pode ser de borracha, colchão ou concreto com uma camada de substância orgânica ou areia (GARCIA, 2017). Este sistema permite de forma mais eficiente dissipação do excesso de calor e umidade do ar e maior dispersão dos gases, do interior do galpão de confinamento.

O Compost Barn (CB) é um sistema de confinamento loose housing (“habitação solta”) alternativo para vacas leiteiras, permitindo maior liberdade de movimento e mais conforto aos animais, já que os animais podem se deitar de uma forma mais natural, possibilitando maior bem estar animal (BEA) (ENDRES; BARBERG, 2007; ECKELKAMP et al., 2016). Damasceno (2012) indica que este sistema proporciona maior longevidade, ambiente mais confortável, seco e seguro, durante todo o ano para as vacas.

Sabendo que o BEA e o conforto térmico está associado à qualidade de vida de bovinos de leite ao longo de toda a sua criação e que os sistemas Freestall e CB são sistemas que favorecem a manutenção do BEA, em especial quanto ao nível de conforto térmico, objetivou-se com este trabalho elucidar o estresse térmico na bovinocultura leiteira e o efeito dos sistemas compost barn e freestall no estresse térmico.

DESENVOLVIMENTO

Panorama do Leite – Brasil e Mundo

Em 2020, a produção estimada de leite no mundo foi de 532,3 milhões de toneladas (t), uma produção 1,9% superior ao ano de 2019 (524,3 milhões de t) e 6,7% superior ao ano de 2016 (498,6 milhões de t). Em 2020, estimou-se que Brasil produziria 24,95 milhões de t (LEITE, STOCK E RESENDE, 2021).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, estando atrás somente dos EUA, Índia e China (LEITE, STOCK E RESENDE, 2021), contudo não figura entre os maiores exportadores de leite no mundo (ROCHA, CARVALHO E RESENDE, 2020).

A Nova Zelândia é o país que mais exporta produtos lácteos no mundo e a Argentina a maior exportadora de leite para o Brasil (ROCHA, CARVALHO E RESENDE, 2020).

O Brasil possui o segundo maior rebanho de bovinos leiteiros, estando atrás da Índia que possui o maior rebanho (FAO, 2019), porém Rocha, Carvalho e Resende (2020), a partir de dados levantados do IBGE e FAO, destacam que o Brasil possui um dos menores índices produtivos de leite, quando se considera a produção (em litros) por propriedade ao dia (Figura 1), indicando que no Brasil não há tamanha otimização e modernização dos sistemas produtivos.

	Produção de leite (bilhões de litros/ano)	Número de produtores (unidades)	Produção média por fazenda (litros/dia)
Brasil	33,491	1.176.295	78
Estados Unidos	97,735	46.000	5.821
Alemanha	32,666	69.200	1.293
Nova Zelândia	21,372	11.900	4.920
Argentina	10,097	10.200	2.712

Figura 1. Produção de leite em 2019, número de propriedades produtores (unidades) e produção média por fazenda.

Fonte: Rocha, Carvalho e Resende (2020).

A demanda interna de consumo de leite e produtos lácteos no Brasil aumentou durante a pandemia da Covid-19, resultando no crescimento de importações em 23,6%, equivalente a 1,34 bilhão de litros, contra 100,65 milhões de litros exportados (CARVALHO e ROCHA, 2021).

Segundo Carvalho e Rocha (2021), para que o Brasil ganhe mais destaque no cenário mundial de produção de leite, é necessário trabalhar a exportação, para que o setor cresça em ritmo mais acelerado. Contudo, para isto, é necessário que o Brasil aumente os investimentos em tecnologias e conhecimentos, bem como aumentar o acesso ao mercado e a qualidade dos produtos ofertados, para que aumente assim a competitividade internacional.

Bem-estar Animal na Bovinocultura de Leite

O bem-estar animal (BEA) pode ser definido como a preocupação e a conscientização do ser humano quanto as condições de criação dos animais, visando sempre que estes animais expressem as melhores condições fisiológicas do nascimento até o abate, mantendo o animal seguro, expressando seu comportamento natural, estando bem nutrido, sem sofrimento, dor, medo, angústia, ansiedade e em bom estado de saúde (OIE, 2017).

Oliveira et al. (2008) e Dias et al. (2015) ressaltam o aumento da procura por alimentos de maior qualidade que sejam originários de sistemas de criação mais sustentáveis, devido a pressão da sociedade para que os produtores adotassem práticas que sigam as diretrizes e preceitos do BEA. Desse modo, surge uma preocupação pública que estimula alterações nos sistemas de criação e produção, dando origem a alimentos oriundos de um ambiente mais saudável (CORNISH et al., 2016; SMITH et al., 2019).

Segundo McInerney (2004), há uma relação entre o nível de produção de um animal e seu de nível de BEA, indicando que as melhorias de manejo para aumento de produção aumentam conseqüentemente os níveis de BEA do animal. Contudo, num determinado momento, o BEA entra em declínio quando o manejo torna-se muito intensivista (Figura 2).

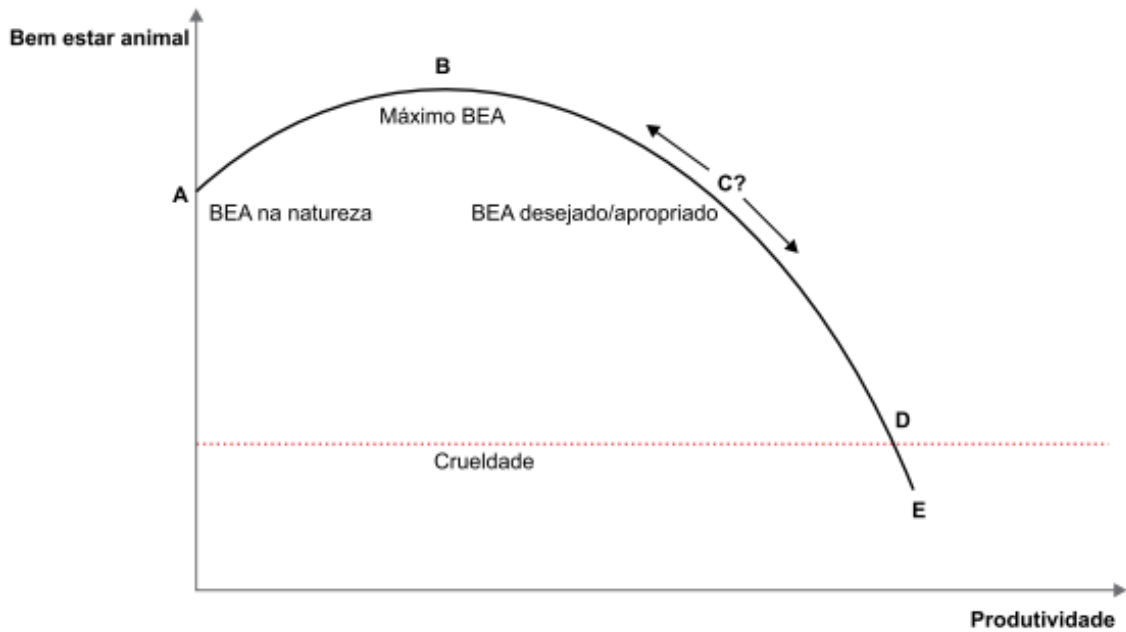


Figura 2. Relação entre BEA e produtividade.

Fonte: Dereti, Ribeiro e Fischer (2016).

Durante o Comitê Brambell, em 1965, no Reino Unido, o conceito de cinco liberdades (Figura 3) foi instituído, em que os animais devem estar livres: (I) de sede e fome, na liberdade fisiológica; (II) de desconforto térmico ou físico, na liberdade ambiental; (III) de dor ou doenças, na liberdade sanitária; (IV) para expressar seu comportamento natural, na liberdade comportamental e; (V) de medo, ansiedade ou estresse, na liberdade psicológica (FARM ANIMAL WELFARE CONCIL, 1993; COELHO et al., 2017). Mellor (2016) e Webster (2016) afirmam que é necessário avaliar não somente a exclusão dos aspectos negativos (cinco liberdades), mas também quanto aos aspectos positivos intrínsecos ao animal.



Figura 3. Cinco liberdades do BEA.

Fonte: JBS [s.d.].

Confinamento de Gado de Leite

Rezelmen (1993) afirma que nos sistemas de confinamento de gado leiteiro as vacas são alimentadas no cocho, necessitando de instalações confortáveis e funcionais que auxiliem na manutenção do conforto térmico, diminuindo o estresse

animal e propiciando melhorias no BEA e, conseqüentemente, na sua capacidade produtiva.

Contudo, Pereira et al. (2010) informam que o confinamento para bovinos de leite gera uma série de dificuldades que incluem aumento do custo de produção e necessidade de mão de obra mais especializada, mas assegurando maior produtividade e qualidade do leite, a partir do manejo adequado que promove a manutenção do BEA e do conforto térmico.

Freestall

O Freestall (Figura 4) é um sistema de confinamento de vacas leiteiras que permite controlar as condições ambientais adversas que existem nas áreas de alojamento das vacas. Consiste num galpão provido de baias individuais, feitas de cimento ou borracha com material de origem orgânica ou areia, que proporciona melhor conforto térmico aos animais, refletindo diretamente na produtividade deste animal (CECCHIN, 2012).



Figura 4. Freestall.

Fonte: Minerthal (2019).

O sistema Freestall possui diversas variações que podem se encaixar de acordo a realidade de cada produtor. Existem sistemas cujas laterais do galpão são abertas e fazem uso de ventilação natural que podem estar associadas ou não a ventilação mecânica. Nestes casos, chamamos de sistema Freestall Convencional. Também há sistemas que fazem uso das laterais do galpão fechadas e por isso é necessário à utilização de ventilação mecânica, visto que a climatização se baseia no controle, direcionamento e refrigeração do ar. Comumente são utilizados exaustores, defletores e, geralmente, um sistema de resfriamento evaporativo (painéis evaporativos e/ou nebulizadores e/ou aspersores) (GARCIA, 2017).

Mattos (1997) afirma que o sistema freestall é constituído por quatro áreas independentes e interligadas, sendo elas as áreas de repouso, alimentação, ordenha e exercícios. Na área de repouso, encontram-se as baias individuais para descanso dos animais; a área de exercício é uma área externa a baia e deve conter no mínimo 10m² de área por animal; a área de alimentação é formada pelos cochos onde a dieta será ofertada e; a área de ordenha é constituída pela ordenha mecânica, onde os animais serão ordenhados.

Um dos principais objetivos do sistema freestall é interceptar a radiação solar para reduzir a carga térmica no animal, auxiliando assim na manutenção da sua homeotermia, elevando o conforto animal e, conseqüentemente, o consumo de alimentos também, para que a produção seja maximizada (MOTA et al., 2017).

O sistema freestall possui várias vantagens, mas as que mais se destacam são a fácil mecanização, com melhor custo operacional, além do fato de os animais se exercitarem mais regularmente. Dentre as desvantagens, destacam-se maior custo de implementação, menor atenção individual para o animal e maior competição entre os animais (ARAÚJO, 2001).

Galpão FreeStall Convencional com laterais abertas

Estes galpões são caracterizados por laterais abertas (Figura 5), utilizando ventilação natural, que podem estar associados ou não com ventilação artificial, funcionando como um suplemento para a movimentação do ar. Desse modo, o entorno do galpão deve estar livre de árvores, edificações e qualquer obstáculo por no mínimo 15 metros que possam atrapalhar a ventilação natural. A orientação preferencial do galpão é no sentido Leste-Oeste, no sentido do eixo longitudinal do telhado. O piso deve ser de concreto, reforçado com 0,1 m de espessura e declive

de 1,5 a 2%. A área por vaca deve ser de pelo menos 4,2m², com área ótima de 5,6m². A altura do ponto mais baixo do telhado ao solo deve ser de no mínimo 3,6 m. Os comedouros e bebedouros devem ficar localizados nas sombras. A limpeza deve ser diária e a gestão de resíduos deve ser eficaz (GARCIA, 2017).

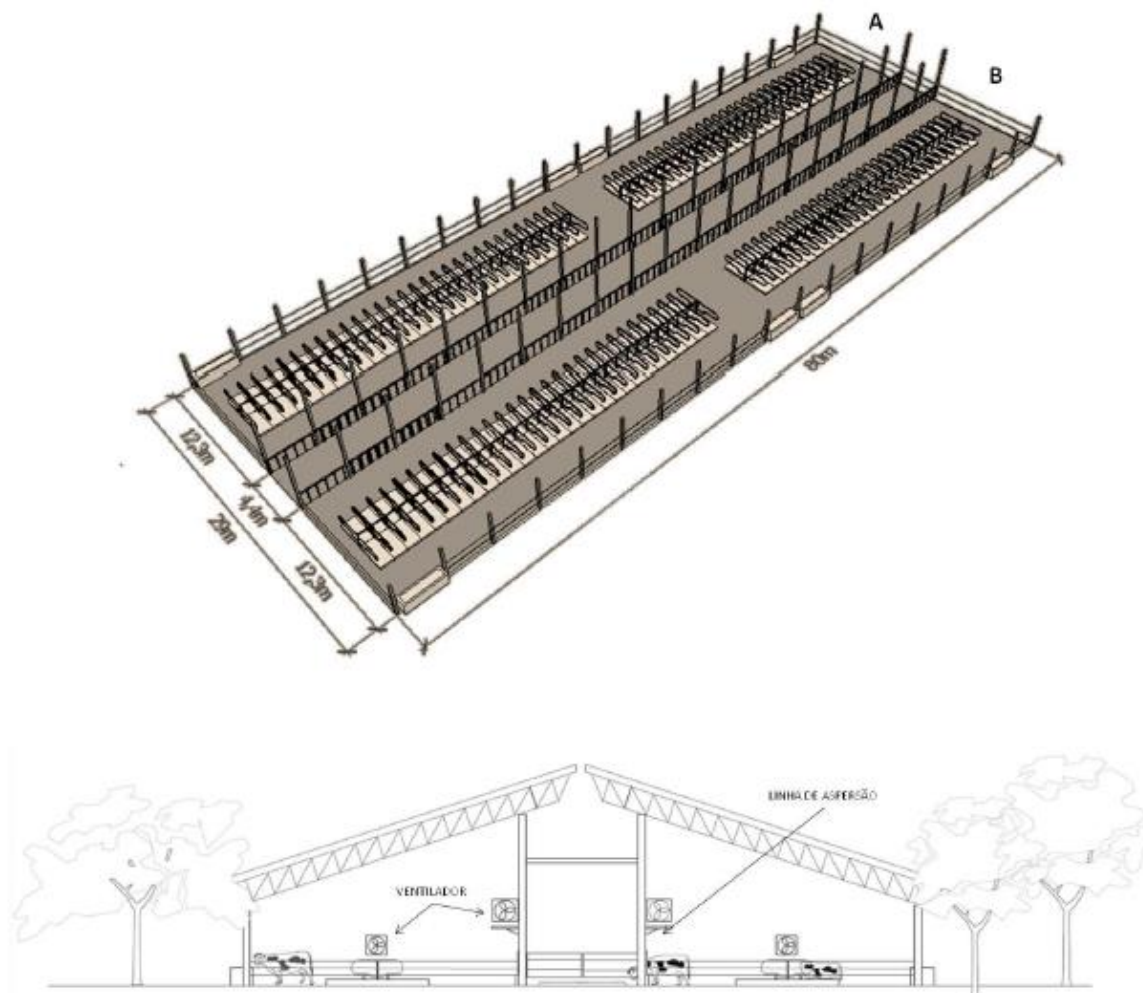


Figura 5. Representação gráfica de galpão freestall convencional (FVA), laterais abertas com ventilação natural.

Fonte: Garcia (2017).

Galpão FreeStall com Sistema de Resfriamento Evaporativo e Ventilação Cruzada

Este galpão é completamente fechado e, por isso, é necessário o uso de ventilação mecânica. O galpão freestall de ventilação cruzada também é conhecido como LPCV (low-profile cross-ventilated free-stall) (Figura 6). Neste sistema, a climatização se baseia no controle, direcionamento e refrigeração do ar. Comumente

se utiliza exaustores e defletores, podendo também estar associados a um sistema de resfriamento evaporativo (painéis evaporativos, nebulizadores, aspersores), que irão garantir a movimentação contínua e direcionada do ar refrigerado. O telhado tem inclinação de apenas 4% (GARCIA, 2017).

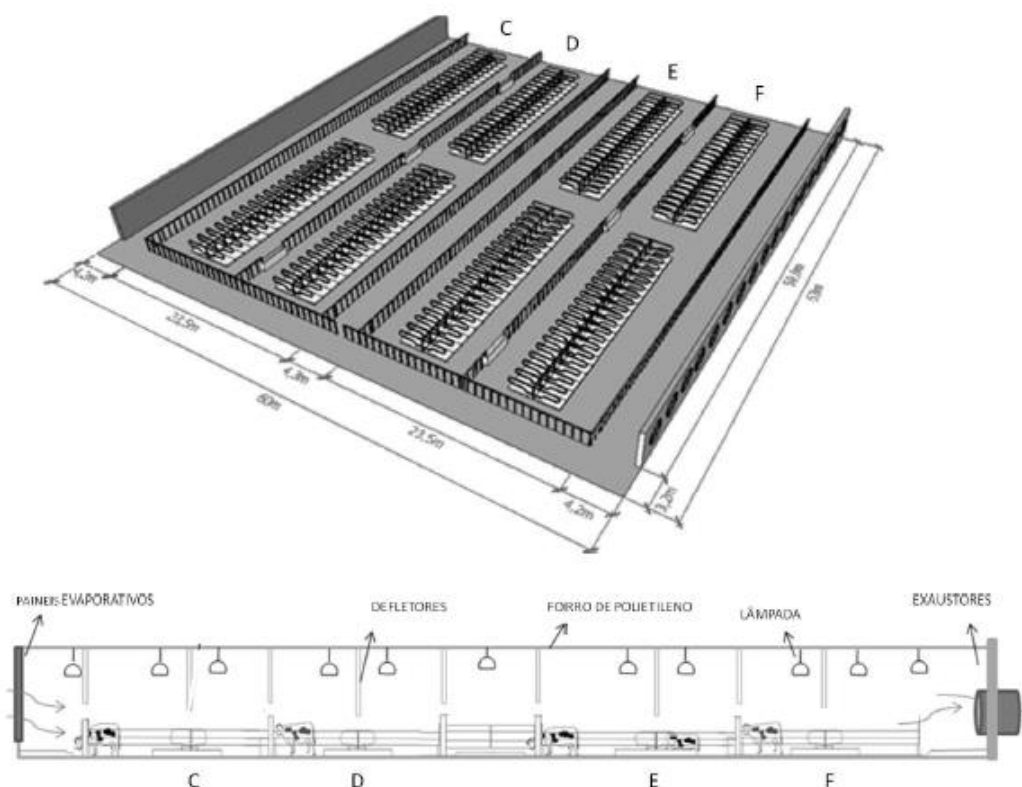


Figura 6. Representação gráfica de freestall fechado com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada (LPCV).

Fonte: Garcia (2017).

Compost Barn

O Compost Barn (CB) (Figura 7) é um sistema de confinamento alternativo que consiste no isolamento dos animais num galpão, não havendo baias individuais. Neste sistema, também conhecido como *loose housing* (um modelo alternativo), os animais ficam soltos no galpão, podendo andar livremente, o que melhora o seu conforto e, conseqüentemente, o bem estar animal (BEA) e a produtividade do rebanho (DAMASCENO, 2012, BLACK et al., 2013).



Figura 7. Compost Barn.

Fonte: Educapoint (2019).

Damasceno (2012) sugere que as instalações Compost Barn são mais sustentáveis, oferecendo diversos benefícios para a vaca, devido o aumento da área para expressar seu comportamento livre (liberdade de movimento) através dos exercícios, tendo mais espaço também para que as vacas possa se deitar naturalmente. O desgaste físico dos animais é reduzido devido a superfície de contato ser mais suave (as camas), melhorando bem-estar e saúde da vaca. Além disso, o manejo adequado da cama, mantendo-o seco, revolvendo-o pelo menos duas vezes ao dia, pode resultar na diminuição de contagem de células somáticas (CCS) do leite, além de diminuir a claudicação, manter as vacas mais limpas e aumentar a produção.

Quanto à instalação no Compost Barn deve haver uma abertura na cumeeira, muretas laterais, corredor de alimentação, bebedouros fora da área da cama (para evitar molhar a cama). A ventilação deve ser adequada, para remover tanto o calor das vacas quanto o calor e a umidade que o material da cama é capaz de gerar (GARCIA, 2017).

Segundo Damasceno (2012), a cama precisa ser revolvida frequentemente, a umidade da cama e a densidade animal devem ser sempre controladas. Além disso, o material da cama deve ser apropriado para o conforto do animal, atendendo também as exigências do produtor (custo acessível e próximo a propriedade para facilitar aquisição). Leso et al. (2013) indicam que os melhores materiais para cama são serragem, aparas de madeira e cavacos de madeira, bem como materiais de partículas pequenas, tais como a palha finamente processada e palha de milho.

Materiais como areia, esterco seco ou solo devem ser evitados. Estes autores ainda afirmam que o manejo adequado da cama deve proporcionar uma superfície seca, confortável e saudável.

Estresse e conforto térmico em sistemas de confinamento de gado de leite

Segundo Carrasco e Van de Kar (2003), as mudanças que ocorrem no meio em que o animal está inserido podem levar a desequilíbrios que ocorrem de forma individual em cada animal. Estes desequilíbrios podem ser fisiológicos (CANAES; NEGRÃO, 2009), imunológicos (THATCHER et al., 2010) e comportamentais (JORDAN, 2003).

O estresse térmico surge quando condições ambientais combinadas (temperatura e umidade do ar, radiação solar e velocidade do vento, por exemplo) fazem com que a temperatura ambiental efetiva torna-se mais elevada que a temperatura da faixa termoneutra do animal (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007).

O estresse térmico é um dos maiores problemas na criação de bovinos leiteiros. É necessário mitigar estes efeitos deletérios através do conforto térmico, que é influenciado não só pela temperatura do ar, mas também pela umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar e da capacidade adaptativa do animal, metabolismo e período produtivo (GARCIA, 2017).

Conhecer as condições climáticas e a variação existente delas, bem como suas interações com os animais, permite estimar as práticas de manejo ideais e adequar os sistemas de produção a partir das respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas dos animais (NEIVA et al., 2004).

Segundo Muller (1989), se o ambiente apresentar condições climáticas adversas, o animal estabelece preferências quanto à manutenção das funções vitais, priorizando, inicialmente, a manutenção (sobrevivência) e, depois, despende gasto energético para reprodução e produção. Contudo, todas as funções vitais podem ser suprimidas quando o ambiente apresenta-se hostil. Assim, é necessário que se assegure as condições de conforto térmico (faixa termoneutra) para que o animal consiga se manter e produzir, para que se torne viável economicamente.

Silva (2000) define o estresse térmico como a força exercida sobre um organismo que causa nele uma resposta fisiológica proporcional à intensidade da

força aplicada. Perissinotto (2003) acrescenta que o estresse térmico é fortemente influenciado pelo agente estressor (condições climáticas) em intensidade e duração, o que acarretará em desvios na produtividade e reprodução. Huber (1995) informa que o decréscimo na produção de leite é caracterizado principalmente na redução do consumo de alimentos, comumente visto em condições de estresse.

Termoneutralidade

Segundo Dereti, Ribeiro e Fischer (2016), os bovinos são animais homeotérmicos, que através de mecanismos internos de produção de calor, são capazes de regular e manter a temperatura corporal. Esse mecanismo regulatório depende da alimentação, da atividade física, da fase do ciclo de vida e categoria animal (crescimento, gestação, lactação) e do ambiente externo.

A temperatura corporal interna de bovinos deve ser mantida entre 38°C e 39,3°C para correto funcionamento do organismo. Esta faixa de temperatura corresponde à zona de conforto térmico ou de termoneutralidade (Figura 8). Em casos em que a temperatura externa (ambiental) está acima ou abaixo da faixa termoneutra, os animais começam a despende mais energia para manter a temperatura corporal dentro dos limites da faixa de conforto térmico, através da termorregulação, direcionando a energia que seria gasta para produção para se ajustar as condições ambientais (PEREIRA, 2005; FERREIRA et al., 2006).

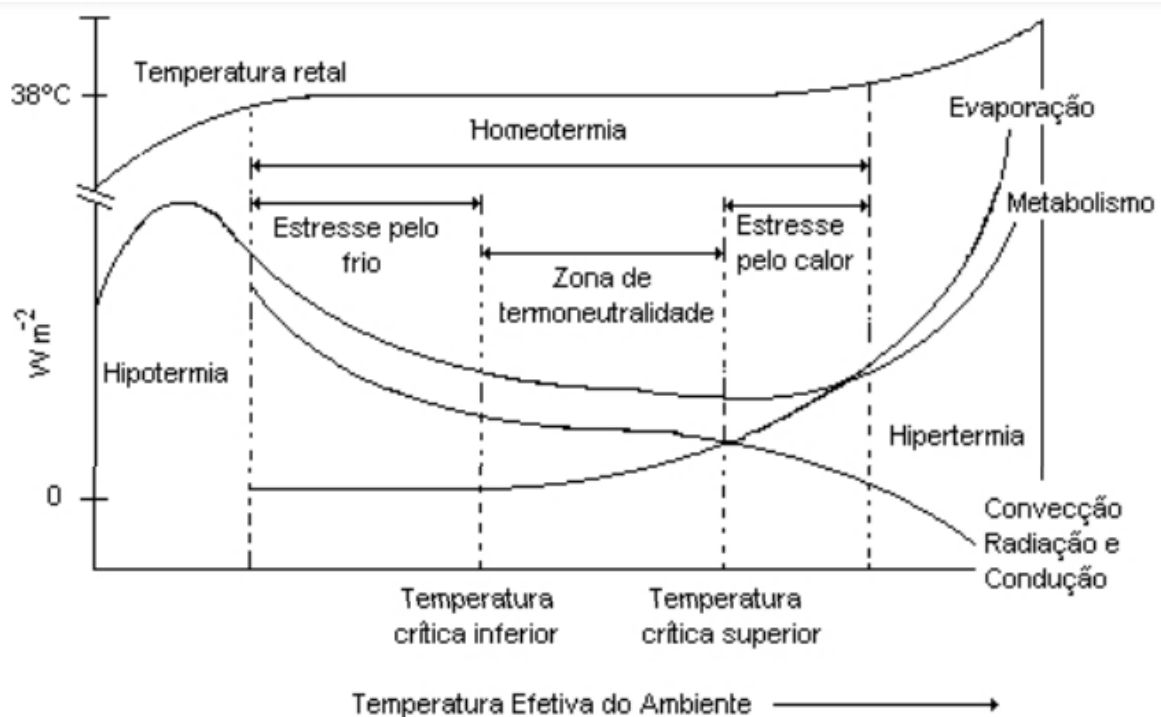


Figura 8. Respostas básicas da termorregulação em relação à temperatura efetiva do ambiente.

Fonte: Dantas et al. (2012).

A faixa de conforto de temperatura ambiental ideal para a grande maioria dos bovinos está entre 13 °C e 18 °C (NÃÃS, 1989), porém diversos autores relatam que essa faixa depende da raça leiteira, espécie e grau de tolerância ao frio ou calor, podendo estar entre -0,5 °C e 20 °C para Johnson (1987) ou até no máximo 25 °C para bovinos de leite no Brasil com umidade máxima de 50%, conforme Pires (2006). No entanto, Das et al. (2016) indica a faixa entre 16 °C e 25 °C de temperatura ambiental como a faixa termoneutra para se assegurar a temperatura corporal fisiológica. Garcia (2017) desenvolveu uma tabela (Figura 9) com faixas de termoneutralidade segundo diversos autores.

Autor(es)	Categoria	Faixas de Tbs e UR	Descrição
Dickmen e Hansen (2009)	Vacas leiteiras	28,4°C	Temperatura crítica superior baseada no valor de temperatura retal de 38,5°C.
West (2003)	Vacas leiteiras	25 a 26°C	Temperatura crítica superior.
Baeta e Souza (1997)	Raças europeias	-1 a 16°C 27°C	Zona de conforto térmico. Temperatura crítica superior.
Roefeldt et al. (1998)	Vacas em lactação	5 a 25°C	Zona de termoneutralidade.
Huber <i>apud</i> Titto (1998)	Vacas holandesas	4 a 26°C	Zona de termoneutralidade.
Bucklin e Bray (1998)	Vacas em lactação	24 a 27°C	Temperatura crítica superior.
Fuquay (1997)	Vaca em lactação	25 e 26°C	Temperatura crítica superior, independente de aclimação ou nível de produção.
Broucek (1997)	Vacas leiteiras	24 a 27°C	Temperatura crítica superior.
Igono et al. (1992)	Vacas Holandesas	27°C	Temperatura crítica superior, em clima quente e seco, na qual ocorreu declínio na produção de leite.
Cortez e Magalhães (1992)	Vaca leiteira	12 a 18°C 70 a 80% -5 a 25°C 30 a 80%	Zona de conforto térmico. Zona de termoneutralidade.
Naas (1989)	Ruminantes	13 a 18°C	Zona de conforto, onde a produtividade tenderia à máxima. Nesta faixa, cerca de 75% do calor trocado entre o animal e o ambiente é dissipado por condução, convecção e radiação.
		4 a 24°C 75%	Limites recomendados de temperatura para o mínimo de produção, em longos períodos de exposição, quando a umidade relativa média é 75%.
Stevens et al. <i>apud</i> Naas (1989)	Vaca em lactação	7 a 21°C	Para cargas de radiação superiores a 60 cal/cm ² /hs haverá uma alteração de 3 graus.
		30°C	Temperatura máxima admissível para exposições de curta duração em condições insalubres de ventos, radiação ou umidade relativa.
Johnson (1987)	Vacas leiteiras	21°C	Estresse térmico para vacas mais velhas e de alta produtividade.
Berman et al. (1985)	Vacas holandesas em lactação	25 a 26°C	Temperatura crítica superior, independente da produtividade e/ou aclimação das vacas.
Muller <i>apud</i> Naas (1998)*		26,7 °C	Umidade relativa em ambientes é limitante quando a temperatura supera 18,3°C, e mais pronunciadamente quando ultrapassa o valor de 26,7°C. A partir daí, o balanço calórico é prejudicado, assim, como o consumo alimentar e a produção de leite.
NRC (1981)	Vaca em lactação	13 a 18°C	Conforto térmico, máxima eficiência do metabolismo.
		26 a 30°C	Estresse térmico moderado (ofego, suor, 10% de queda na produção de leite e ingestão de alimentos).
NRC (1981)	Vaca leiteira	50 a 90%	
		32 a 37°C 50 a 90%	Estresse térmico severo (boca aberta, língua caída, depressão de 30% da produção de leite).

Figura 9. Zonas de conforto e termoneutralidade de vacas leiteiras de acordo com os valores de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar.

Fonte: Garcia (2017).

Souza e Batista (2012) relatam que os bovinos perdem calor através de duas formas, sendo elas a sensível (não evaporativo) ou insensível (evaporativo). Na forma sensível, o calor é perdido e dissipado através de métodos de troca de calor,

seja por radiação, condução ou convecção. Já a forma insensível, o animal ativa outros mecanismos, como a sudorese e o aumento da frequência respiratória. Contudo, estes dois últimos são fortemente influenciados pela umidade, que quanto maior a umidade relativa do ar a altas temperaturas, menor será a dissipação de calor.

Baêta e Souza (1997) definem a condução como método de troca de calor em que há contato da superfície corpórea do animal com a superfície de outra área do mesmo animal, de outro animal, de alguma substância ou instalações. Pereira (2005) diz que na convecção, o calor é transferido de uma parte para outra de um fluido, em função de um movimento relativo de suas partículas, sendo provocados por um gradiente de pressão na massa fluida. Nos processos de perda de calor por convecção, estão envolvidos um fluido (gás ou líquido) e uma superfície sólida. Cunningham (2004) relata que na perda de calor por radiação, a transferência do calor ocorre na forma de ondas eletromagnéticas para o espaço.

Souza et al. (2010) destacam também a vasodilatação como um mecanismo para perda de calor, em que se aumenta o fluxo sanguíneo periférico e, conseqüentemente, a temperatura da pele.

Dias e Silva & Junior (2013) afirmam que o animal expresse o seu máximo desempenho produtivo, é necessário que o animal se encontre dentro da termoneutralidade. Desse modo, as condições ambientais exercem forte influência no desempenho animal, pois afeta diretamente nos mecanismos de transferência de calor e, desse modo, promovem desequilíbrio na regulação do balanço térmico entre o animal e o meio.

Respostas fisiológicas: frequência respiratória

Segundo Perissinoto et al. (2009), a frequência é o parâmetro fisiológico que fornece condição aos manejadores de avaliar as respostas dos animais em função do ambiente térmico. Patel et al. (2016) indicam que quanto maior a intensificação do estresse térmico, maior o recrutamento dos processos evaporativos, como aumento da frequência respiratória e da sudorese.

Segundo Ferraza et al. (2017) os mecanismos de termorregulação, quando ativados, aumentam acentuadamente a taxa respiratória seguido pelo aumento da temperatura retal. Além disso, o animal reduz o consumo de matéria seca e

ruminação como estratégia para minimizar a carga de calor total (NRC, 2001; FERRAZA, 2017).

Dantas et al. (2012) ressaltam que a frequência respiratória está sujeita a fatores intrínsecos e extrínsecos. Marai et al. (1999) caracterizam os fatores intrínsecos relacionados as respostas aos exercícios físicos, excitação, medo, estado fisiológico e produção de leite e o extrínsecos são atribuídos ao ambiente, em especial as condições climáticas, como temperatura, umidade do ar, radiação solar, velocidade dos ventos, estação do ano, hora do dia, densidade e sombreamento.

Ferreira et al. (2006) indicam que a frequência respiratória ideal para bovinos está entre 24 e 36 movimentos respiratórios por minuto. Frequências respiratórias acima destes valores já podem configurar desconforto térmico e, ao final, caracterizar estresse térmico. Brown-Blandl (2005) consideram a frequência respiratória de até 60 movimentos respiratórios por minuto como fisiológica. Hahn & Mader (1997) e Araujo et al. (2016) relatam frequência de 120 mov/min como carga excessiva de calor e 160 mov/min como muito críticas, sendo necessária agir imediatamente para reduzir a carga de calor.

Freitas et al. (2010) ressaltam que embora a compensação respiratória seja um bom mecanismo para dissipar o calor, em longos períodos a pressão arterial de CO₂ reduz, possibilitando o desenvolvimento de quadros de alcalose respiratória.

Índices de avaliação conforto térmico

Os índices de conforto térmico são índices que foram desenvolvidos para mensurar e caracterizar as zonas de conforto adequadas para cada espécie animal. Na bovinocultura leiteira, os mais utilizados são: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e Entalpia Específica (h) (RODRIGUES et al., 2011; GARCIA, 2017).

O ITU é utilizado para estimar o grau de estresse térmico, sendo 72 o valor limiar entre conforto e desconforto para as vacas leiteiras. Contudo, este valor pode se alterar, uma vez que sofre influência também das respostas produtivas e fisiológicas das vacas em lactação. As equações de ITU utilizam a temperatura do bulbo seco e do ponto de orvalho para determinar o índice (GARCIA, 2017).

Amstrong (1994) classificou o estresse térmico em ameno quando o ITU encontra-se entre 72 e 78, moderado entre 79 e 88 e severo entre 89 a 98. Cartmill

et al. (2001) relatam que ITU acima de 72 proporcionam diminuição da concepção do estro e de concepção.

O ITGU também é um índice muito utilizado para verificação do grau de estresse térmico, mas é indicada para situações em que os bovinos estão expostos a radiação solar. Diferente do ITU, utiliza-se temperatura do globo negro e não do bulbo seco (GARCIA, 2017).

Segundo Baêta e Souza (1997), para que os animais se encontrem em condição de conforto térmico, é necessário que o ITGU esteja até 74. Entre 75 e 78 indicam situação de alerta, com estresse ameno. Acima de 79, caracteriza-se estado crítico e estresse térmico elevado, em situação de emergência.

Bohmanova, Misztval e Cole (2007) ressaltam que o ITU é um índice que representa a combinação da temperatura ambiente e a umidade relativa, enquanto que o ITGU utiliza estes dois parâmetros, incluindo também a radiação solar e a velocidade do vento.

A CTR é caracterizada pela energia (W) que é incidente sobre a área corporal (m^2) do animal, estando diretamente ligada a exposição de radiação direta e indireta (BUFFINGTON et al., 1981; ARAUJO et al., 2016).

A entalpia específica do ar (h) é outro índice utilizado para avaliar ambientes zootécnicos. Neste índice, considera-se a quantidade de energia por massa de ar seco (kJ/kg de ar seco), que pode ser calculado pela equação de Albright (1990) ou pela de Rodrigues et al. (2010) que reformularam a equação de Albright, substituindo a razão de mistura (w) da massa de vapor d'água e massa de ar seco por variáveis de fácil mensuração, como temperatura do bulbo seco, umidade relativa do ar e pressão barométrica local.

Produtividade e conforto térmico em sistemas Freestall e Compost Barn

Malheiros & Konrad (2019) observaram que a produção de leite de vacas confinadas no sistema free-stall eram em média 40% superiores a produção dessas mesmas vacas em sistema de semi-confinamento. Além disso, indicaram maiores índices de conforto térmico em função do sistema implantado.

Diferentemente, Faria et al. (2008) determinaram que as condições microclimáticas de um galpão freestall estavam acima das recomendadas, pois através das análises realizadas, confirmaram diferentes microclimas dentro do galpão

fechado. Isto significa que a climatização não está instalada de forma adequada e que os animais não se encontram em conforto térmico.

Valente (2019) avaliou as condições microclimáticas de galpões Compost Barn e verificou que nas condições em estudo as temperaturas médias diárias estavam compreendidas dentro da modesta zona de conforto e, em alguns casos, encontrava-se superiores a temperatura máxima indicada como zona de conforto. Isto ocorreu tanto para galpões abertos como fechados. No entanto, as temperaturas apresentadas pelos galpões abertos foram levemente superiores aos galpões fechados.

Mota et al. (2020) avaliaram a influência da estação do ano sobre o conforto térmico dos animais em sistema Compost Barn e não encontraram diferença significativa entre as estações avaliadas, indicando assim bom controle das condições microclimáticas dentro do galpão. Neste experimento, os animais encontraram-se em conforto térmico e bom desempenho produtivo.

Guesine (2020) comparou os microclimas interno e externos de um galpão Compost Barn e verificou maiores temperatura e maior entalpia para o ambiente interno, caracterizando assim estresse térmico para os animais alojados no galpão. A umidade relativa do ar não apresentou taxas muito elevadas.

Soares (2018) e Peixoto et al. (2019), diferentemente de Guesine (2020), observaram valores máximos para umidade relativa do ar, que são provenientes possivelmente das características da região, da cama, do sistema de ventilação implementado no interior do galpão e taxa de lotação.

Guesine (2020) indicou que a velocidade do vento no interior do galpão Compost Barn foi superior a parte externa, uma vez que no galpão existe um sistema de ventilação de ar, que faz com que a velocidade do vento no interior seja mais elevada.

Pilatti et al. (2019) encontraram baixa velocidade do vento, estando abaixo inclusive do indicado (3m/s). Os valores encontrados indicam que a redução do calor no interior do galpão não seja sendo feito de forma adequada, pois não controla e nem difunde o calor originário da fermentação da cama.

Soares et al. (2018) não verificaram estresse térmico para animais confinados em sistema Compost Barn ao avaliarem diferentes camas no galpão. Isto indica que nas condições em estudo os animais foram capazes de expressar seu

comportamento mais próximo do natural, contribuindo para o bem-estar animal e garantindo conforto térmico, estimulando o aumento produtivo.

Muttoni et al. (2020) encontraram bons índices de conforto térmico e bem estar animal em sistema freestall ao avaliarem comportamento, parâmetros fisiológicos, produção leiteira e índices reprodutivos como indicadores de bem-estar em vacas manejadas em sistema intensivo climatizado.

Garcia (2017) verificou que o ITU para galpão freestall do tipo LPCV encontrava-se abaixo do limiar máximo de conforto térmico. Contudo, para galpões do tipo FVA, o ITU foi de 78 e 79 no verão e na primavera, respectivamente, indicando desconforto térmico dos animais. Além disto, este mesmo autor ainda realizou um levantamento de variáveis climáticas e respostas fisiológicas de vacas leiteiras confinadas em galpão freestall convencional com e sem sistema de arpersão e nebulização (FIGURA 10).

Autor	Local	Sistema	Tbs (°C)	UR (%)	TC (°C)	FR (mov.min ⁻¹)	IMS (kg.dia ⁻¹)	Prod (kg.dia ⁻¹)		
Chen et. (2016)	EUA	F			38,9		27,9	42,6		
		F+A			38,5		29,1 ^{ns}	45,9		
Karimi et al. (2015)	Iran	F			39,5	70,4	13,7	40,5		
		F+A+V			39,2	63,3	15,5	44,6		
Bucklin et al. (2009)	EUA	EXT	27,7	71						
		F + A	27,4	70						
Perissinoto (2004)	Brasil	EXT	27,3	60						
		F + A + V	27 ^{ns}	59,8	38,4	55	15,0	20,3		
		F + N + V	26,6	60,3 ^{ns}	38,5 ^{ns}	56 ^{ns}	14,9	19,7 ^{ns}		
Frazzi et al. (2002)	Itália	F					21,8	30,6		
		F + A + V					22,7	33,5		
Lin et al. (1998)	EUA	1992	F+V	29,0	70		67	17,2	20,7	
			F + A + V	25,4	90		36	18,6	24,8	
		1993	F+V	30,3	67		72	15,8	19,7	
			F + A + V	26,8	86		56	16,6 ^{ns}	20,7 ^{ns}	
		1994	F + V	27,9	68		66	17,1	22,4	
			F + A + V	25,5	84		54	19	25,0	
			F + N + V	25,9	81		57	18,5	23,0	
		1995	F + V	31,5	69		77	17,5	21,0	
			F + A + V	27,5	94		58	20,5	24,0	
			F + N + V	26,6	88		66	19,6	24,2	
		Turner et al. (1992)	EUA	F			39,2	91	34,9	22,7
				F + A + V			38,7	75	38,1	26,3
Strickland et al. (1989)	EUA	F				95	17,8	18,1		
		F + A + V				57	19,1	20,2		

F = freestall convencional com laterais abertas, A = aspersão; V = ventiladores; Tbs = temperatura de bulbo seco; UR= umidade relativa; TC = temperatura corporal; FR = frequência respiratória; IMS = ingestão de matéria seca; Prod = produção de leite; ns = não foi significativo.

Figura 10. variáveis climáticas e respostas fisiológicas de vacas leiteiras confinadas em galpão freestall convencional com e sem sistema de arpersão e nebulização.

Fonte: Garcia (2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse térmico na bovinocultura leiteira é um dos principais causadores da baixa produtividade de leite.

A temperatura ambiente e a umidade do ar são os agentes estressores que mais contribuem para o estresse térmico de bovinos de leite.

Sistemas de confinamento como Compost Barn e Freestall permitem alavancar a produtividade leiteira e assegurar, em sua maioria, o conforto térmico dos animais confinados.

Mensurar os principais índices de conforto térmico (ITU e IGTU) e acompanhar as respostas fisiológicas do animal ao ambientes, especialmente frequência respiratória, são os melhores métodos de identificar desconforto e estresse térmico e, assim, realizar a tomada de atitude para resolver a problemática.

REFERÊNCIAS

- ALBRIGHT, L. D. ENVIRONMENT CONTROL FOR ANIMALS AND PLANTS. **American Society of Agriculture Engineers**, St. Joseph, 2010.
- ARAÚJO, A. P. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo B, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica.** Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.
- ARAUJO, J. I. M. et al. **Efeitos das variáveis climáticas sobre características fisiológicas de vacas mestiças (Holandês x Gir) em lactação.** Revista Acadêmica: Ciência Animal, v. 14, p. 185-193, 2016.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2044-2050, 1994.
- BAETA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal.** Viçosa: UFV, p.25, 1997.
- BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, n. 96, p. 8060-8074, 2013.
- BOHMANOVA, J.; MISZTVAL, I.; COLE, J. N. Temperature – humidity índices as indicators of milf production losses due to heat stress. **Journaul Dairy Science**, Suppl. 90, p.1947-1956, 2007.
- BROWN-BRANDL T.M. et al. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and nonshaded feedlot cattle, Part 1: analyses of indicators. **Biosystems engineering**, v. 90, p. 451–462, 2005.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globehumidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. St. Joseph, MI, USA. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v. 24, n. 3, p.711-714, 1981.
- CANAES, T. S.; NEGRÃO, J. A. Aspectos fisiológicos comportamentais e produtivos de cabras alpinas submetidas ao transporte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 893-897, 2009.
- CARRASCO, G. A.; VAN DE KAR, L. D. Neuroendocrine Pharmacology of Stress. **European Journal of Pharmacology**, v. 463, p. 235-272, 2003.

CARTMILL, J. A. An alternative al breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambiente temperature before or after calving or both. **Journaul Dairy Science**, v. 84, p.799-806, 2001.

CARVALHO, G. R.; ROCHA, D. T. Cresce a oferta de leite em tempos de pandemia. In: ZOCCAL, R. (coordenação técnica). **Anuário Leite 2021**. Embrapa, 2021.

CECCHIN, D. et al. Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo free-stall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 18, p. 109-115, 2014.

COELHO, A. S.; MAIA, R. B. M.; VIANA, R. B. Abate Humanitário em bovinos. **PETVet Radar**, v.1, n.5, p. 3, 2017.

CORNISH, A.; RAUBENHEIMER, D.; MCGREEVY, P. What We Know about the Public's Level of Concern for Farm Animal Welfare in Food Production in Developed Countries. **Animals**, v. 6, p.1-15, 2016.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 579, 2004.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2012.

DANTAS, M. R. T. et al. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 7, ed. 194, art. 1306, 2012.

DAS, R. et al. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, v. 9, n. 3, p. 260-268, 2016.

DERETI, R. M.; RIBEIRO, A. R. B.; FISCHER, V. Bem estar animal em sistemas de produção de leite. In: VILELA, D. et al. **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016.

DIAS E SILVA, T. P.; JÚNIOR, S. C. S. Produção de leite de vacas submetidas a diferentes períodos de exposição à radiação solar no sul do Piauí. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 320-325, 2013.

DIAS, C. P.; DA SILVA, C. A.; MANTECA, X. The brazilian pig industry can adopt european welfare standards: a critical analysis. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p.1079-1086, 2015.

ECKELKAMP, E. A. et al. Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. **Livestock Science**, v. 190, p. 48-57, 2016.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of Dairy Cows in an Alternative Bedded-Pack Housing System. **Journal of Dairy Science**, n. 90, p. 4192-4200, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO STAT - Livestock Primary**. Roma, Italy, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/>>. Acesso em: 16 de junho de 2021.

FARIA, F. F. et al. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, 2008.

FARM ANIMAL WELFARE CONCIL. **Second report on priorities for research development farm animal welfare**. London: DEFRA, 1993.

FERRAZZA, R. A. et al. Thermoregulatory responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. **Journal of Thermal Biology**, v. 66, p. 68–80, 2017.

FERREIRA, F. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 732-738, 2006.

FREITAS, M. D. et al. Equilíbrio eletrolítico e ácido-base em bovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2608-2615, 2010.

GARCIA, P. R. **Galpão Free-stall com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem-estar animal**. Tese (Doutorado em Ciências) – USP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.

GUESINE, G. D. **Análise comparativa da produtividade de bovinos de leite confinados em diferentes tipologias de galpões tipo compost barn**. Dissertação

(Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, 2020.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation of thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: **International Livestock Environment Symposium**, Minnesota, 1997. St. Joseph: ASAE, p.125-129, 1997.

HUBER, H. Manejo de animais em sistema de estabulação livre visando maximizar o conforto e a produção. In: Congresso, Brasileiro de Gado Leiteiro, 2, **Anais...** Piracicaba 1995, p.41-68.

JOHNSON, H. D. **Bioclimatology and adaptation of livestock**. Amsterdam: Elsevier, p. 56, 1987.

JORDAN, E. R. Effects of heat stress on reproduction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 104-114, 2003.

LEITE, J. L. B.; STOCK, L. A.; RESENDE, J. C. Leite no mundo: produção deve crescer. In: ZOCCAL, R. (coordenação técnica). **Anuário Leite 2021**. Embrapa, 2021.

LESO, L. et al. A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, n. 44, 2013.

MALHEIROS, C. S.; KONRAD, P. A. Implantação e manejo do sistema de compost barn para vacas leiteiras. **Ciência & Tecnologia**, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 66-73, 2019.

MARAI, I. F. M. et al. Productive, physiological and biochemical changes in imported an locally born Holstein lactating cows under hot summer conditions of Egypt. **Tropical Animal Health and Production**, v. 31, p. 233-243, 1999.

MATTOS, W. R. S. Sistemas de estabulação livre para bovinos. **Simpósio sobre pecuária leiteira**, v. 1, p. 123-139, 1997.

McINERNEY, J. P. **Animal welfare, economics and policy – report on a study undertaken for the Farm & Animal Health Economics Division of Defra**. 2004. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/esg/reports/animalwelfare.pdf>>. Acesso em: 12 de março de 2021.

- MELLOR, D. J. Updating animal welfare thinking: moving beyond the “Five Freedoms” to “A Life worth Living”. **Animals**, v. 6, n. 3, p. 21-28, 2016.
- MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; LEITE, D. F. Sistema de confinamento Compost Barn: interações entre índices de conforto, características fisiológicas, escore de higiene e claudicação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 23, n. 1, 2020.
- MOTA, V. C. et al. Confinamento para Bovinos leiteiros: histórico e características. **PUBVET**, v. 11, n. 5, p. 433-442, 2017.
- MULLER, R. P. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Sulina, 1989.
- MUTTONI, J.; CARVALHO, R. A.; LONGO, L. V. Comportamento, parâmetros fisiológicos, produção leiteira e índices reprodutivos como indicadores de bem-estar em vacas manejadas em sistema intensivo climatizado (TunnelVentilation). In: **Anais da XIII Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)**, v. 1, n. 13, 2020.
- NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. 1 ed. São Paulo: Icone Editora Ltda., 1989, 183p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7ed. Washington, 2001. 381p.
- NEIVA, J. N. M. et al. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santas Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 668-678, 2004.
- OIE – Organização Mundial de Sanidade Animal. **Estratégia Mundial de Biene Estar Animal de La OIE**. Paris: OIE, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/bem-estar-animal/arquivos/ES_OIE_AW_Strategy.pdf> Acesso em: 20 de junho de 2021.
- OLIVEIRA, C. B; BORTOLI, E. C; BARCELLOS, J. O. J. Diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2092-2096, 2008.

PATEL, M. D. et al. Adaptive physiological and biochemical responses of dairy animals to heat stress: a review. **International Journal of Applied and Natural Sciences**, Chennai, v. 5, n. 1, p. 107-116, 2016.

PEIXOTO, M. S. M. et al. Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, p. 1-10, 2019.

PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p

PEREIRA, E. S. et al. **Novilhas leiteiras**. Fortaleza: Graphiti Gráfica e Editora Ltda., 2010.

PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo “freestall” para confinamento de gado leiteiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

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

PILATTI, A. et al. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot na humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2019.

PIRES, M. F. A. **Manejo nutricional para evitar o estresse calórico**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006.

ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. **EMBRAPA**, circular técnica, 2020.

RESENDE, J. C.; LEITE, J. L. B.; STOCK, L. A.; NARDY, V. P. D. R. Produção e produtividade de leite no mundo. In: **Anuário Leite 2019**: EMBRAPA, 2019.

Rezelman, J. A. 1993. History of Barns, The crooked lake review.

RODRIGUES, V. C. et al. A correct enthalpy relationship as thermal confort index for livestock. **International Journal of Biometereology**, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2010.

- RODRIGUES, V. C. et al. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, n. 55, p. 455-459, 2011.
- SILVA, R. G. Um modelo para a determinação do equilíbrio térmico de bovinos em ambientes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4 p. 1244-1252, 2000.
- SIQUEIRA, K. B. Consumo de leite e derivados no Brasil. In: **Anuário Leite 2019**: EMBRAPA, 2019.
- SMITH, R. P. et al. Review of pig health and welfare surveillance data sources in England and Wales. **Veterinary Record**, v. 184, n. 11, p.349, 2019.
- SOARES, A. A. **Variabilidade espacial do microclima em sistema compost barn: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, 2018.
- SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. O efeito do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 6-10, 2012.
- THATCHER, W. W. et al. Manejo de estresse térmico para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivo em vacas de leite. **XIV curso novos enfoques na produção e reprodução de bovinos**, Uberlândia – MG, 2010.
- VALENTE, D. A. **Análise comparativa da produtividade de bovinos de leite confinados em diferentes tipologias de galpões tipo compost barn**. Monografia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2019.
- WEBSTER, J. Animal welfare: freedoms, dominions and “A life worth living”. **Animals**, v. 6, n. 6, p. 35-42, 2016
- ZOCAL, R. Leite nas grandes regiões brasileiras. In: **Anuário Leite 2019**: EMBRAPA, 2019.