

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

AMANDA KAREN FERREIRA MARTINS

Conforto térmico e o *Compost Barn* como alternativa para criação de vacas leiteiras: revisão

Uberlândia

2021

AMANDA KAREN FERREIRA MARTINS

Conforto térmico e o *Compost Barn* como alternativa para criação de vacas leiteiras: revisão

Trabalho de Conclusão de Curso da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Medicina Veterinária.

Orientadora: Prof. Dra. Mara Regina Bueno de
Mattos Nascimento

Uberlândia

2021

AMANDA KAREN FERREIRA MARTINS

Conforto térmico e o *Compost Barn* como alternativa para criação de vacas leiteiras: revisão

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Medicina Veterinária.

Orientadora: Prof. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

Uberlândia, 17 de junho de 2021

Banca Examinadora:

Mara Regina Bueno de Matos Nascimento (UFU)

Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento (UNIPAC)

André Madeira Silveira França (Doutorando PPGCV - UFU)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, aos meus pais Mária e Cleubert e meu irmão Bruno, pelo apoio incondicional, e por serem meu porto seguro sempre que precisei.

Ao meu namorado Brunner, pelo companheirismo e paciência durante essa trajetória, e por compartilhar comigo de seu amor pela veterinária.

A CONAVET e todos os amigos que fiz na empresa jr, pela amizade, pelos momentos alegres e ensinamentos que contribuíram com meu crescimento não só profissional, mas também pessoal.

Aos meus amigos de faculdade, em especial Lissa, Maressa, Roger e Uly, que estiveram comigo desde o início, dividindo alegrias, angústias, e sem dúvidas tornaram essa caminhada muito mais leve.

A minha orientadora, Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, que me acolheu ainda no início da graduação na iniciação científica, e agora também em meu trabalho de conclusão de curso, meu muito obrigada pelos ensinamentos, apoio e paciência.

A todos aqueles que conheci ao longo dessa jornada e que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

A todos vocês, minha eterna gratidão.

RESUMO

O estresse térmico é um fator limitante para um bom desempenho produtivo e reprodutivo de bovinos leiteiros. Com o intuito de minimizar esses problemas, muitos produtores têm optado por confinar seus animais em sistemas que promovam um maior conforto térmico e bem-estar. Um tipo de sistema que vêm sendo bastante difundido na pecuária leiteira é o *Compost Barn*, onde as vacas ficam alojadas em um galpão com uma área extensa de cama que posteriormente pode ser usada como compostagem. Neste contexto, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre a termorregulação, o estresse por calor na produção da vaca leiteira, bem como, o sistema *Compost Barn* como uma opção para amenizar os efeitos deletérios da temperatura ambiente elevada, e outras implicações desse sistema de confinamento. A vaca leiteira, especialmente quando em lactação, produz muito calor e este precisa ser dissipado para o ambiente para manter o equilíbrio térmico uma vez que são animais homeotérmicos. Quando a temperatura ambiente se encontra entre 5 °C e 25 °C o gasto energético para isso é mínimo, e dessa forma, bovinos de leite conseguem dispor de mais energia para produção e reprodução. Entretanto, sob temperaturas elevadas podem reduzir em 10% ou mais a produção de leite. O sistema *Compost Barn* melhora a produção de leite, o desempenho reprodutivo, a saúde de casco e úbere, a qualidade do leite e o bem-estar. No entanto, no Brasil, no quesito conforto térmico não apresentou eficiência tanto quanto o esperado. Concluiu-se, portanto, que é importante adequar o projeto de construção da instalação do *Compost Barn* para as necessidades dos bovinos leiteiros em condições de ambiente tropical.

Palavras-chave: Confinamento; estresse por calor; gado leiteiro; termorregulação; zona termoneutra.

ABSTRACT

Heat stress is a limiting factor for a good productive and reproductive performance of dairy cattle. In order to minimize these problems, many producers have chosen to confine their animals in systems that promote greater thermal comfort and well-being. One type of system that is widely used in dairy farming is Compost Barn, where the cows are housed in a shed with an extensive area of bedding that can later be used as compost. In this context, the objective was to carry out a literature review on thermoregulation, heat stress in dairy cow production, as well as the Compost Barn system as an option to mitigate the deleterious effects of high ambient temperature, and other necessary effects of this system. Dairy cows, especially when lactating, produce a lot of heat and this needs to be dissipated into the environment to maintain the thermal balance since they are homeothermic animals. When at room temperature it is between 5 °C to 25 °C, the energy expenditure for this is minimal, and thus, dairy cattle can have more energy for production and reproduction. High temperatures can reduce milk production by 10% or more. The Compost Barn system improves production of, reproductive performance, udder health, milk quality and well-being. However, in Brazil, there is no question of comfort, comfort that does not provide efficiency as much as expected. It was concluded, therefore, that it is important to adapt the construction project of the Barn Compound installation to the needs of dairy cattle in tropical environment conditions.

Keywords: feedlot; heat stress; dairy cattle; thermoregulation; thermoneutral zone.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	5
LISTA DE TABELAS	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 O produto leite e sua importância econômica no Brasil	8
2.2 Conforto térmico e variáveis termofisiológicas.....	9
2.2.1 Mecanismos de termorregulação	12
2.3 Impactos do estresse por calor na produção leiteira.....	14
2.4 Índices de Estresse Térmico	15
2.5 O confinamento para gado leiteiro	17
2.6 <i>Compost Barn</i>	18
2.6.1 As instalações	20
2.6.2 Cama.....	23
2.6.3 Ventiladores.....	25
2.7 Vantagens do sistema <i>Compost Barn</i>	26
2.8 Dificuldades do <i>Compost Barn</i> no Brasil	29
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	31

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação Esquemática da Zona de Termoneutralidade.....	10
Figura 2. Estrutura interna de um <i>Free Stall</i>	19
Figura 3. Galpão de Compostagem (<i>Compost Barn</i>)	20
Figura 4. Orientação instalação no sentido leste-oeste	21
Figura 5. Troca de ar no interior do galpão pelo lanternim	21
Figura 6. Pista de alimentação separada pela mureta.....	22
Figura 7. Área de cama <i>Compost Barn</i>	23
Figura 8. Manejo de Revolvimento da cama.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Equações de Índice de Temperatura e Umidade classificadas segundo a variável para avaliação da umidade utilizada	16
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

1 INTRODUÇÃO

O estudo da relação animal-ambiente visa conhecer os efeitos que o ambiente térmico possa ter. Em ambientes quentes, por exemplo em regiões tropicais, esta compreensão pode trazer maior conforto e aumento da produtividade dos animais. (SILVA, 2011) Na pecuária leiteira os confinamentos têm se difundido cada vez mais entre os produtores, em especial o *Compost Barn*, que é um tipo de confinamento que se baseia na criação dos animais em galpões de compostagem

Os primeiros modelos de *Compost Barn* foram criados nos EUA na década de 80 no estado de Virginia (JANNI et al., 2007), mas somente em 2001 no estado de Minnesota é que modelos de compostagem mais parecidos com os atuais foram implantados e amplamente difundidos desde então (BARBERG et al., 2007). No Brasil, chegou em 2011 e vêm sendo adotado por um número cada vez maior de produtores. Em 2020, estima-se que cerca de 2.000 produtores já adotaram esse tipo de sistema no país (EMBRAPA, 2020)

Vários são os fatores que despertaram a crescente utilização do *Compost Barn*. Destaca-se a busca por um sistema de produção que proporcionasse maior conforto térmico, saúde e consequentemente influenciasse positivamente na produtividade animal, uma vez que a ambiência e produção estão diretamente relacionados (BEWLEY et al. 2012) (RADAVELLI, 2018). Além disso, o aproveitamento da cama em lavouras com o uso da compostagem como corretivo orgânico para o solo é um grande diferencial (GUESINE, 2020)

A disposição de um ambiente que promova conforto térmico para vacas leiteiras é essencial, uma vez que, quanto menos energia for necessário para a manutenção da temperatura corporal, mais energia estará disponível para produção de leite e reprodução. (BERTONCELLI et al., 2013).

Frente a todo avanço na produção de leite mundial, quando se trata da produção em países tropicais, existem grandes adversidades e questionamentos sobre quais os melhores sistemas de produção a serem utilizados para proporcionar um melhor ambiente para os animais (GUESINE, 2020). Assim, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre a termorregulação, o estresse por calor na produção da vaca leiteira, bem como, o sistema *Compost Barn* como possível alternativa para amenizar os efeitos negativos da temperatura ambiente elevada, e outras implicações desse sistema de confinamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O produto leite e sua importância econômica no Brasil

O leite é um dos alimentos mais importantes para a nutrição, e segundo a FAO (Food and Agriculture Organization of USA) é fonte de proteínas, vitaminas e minerais fundamentais para a saúde humana (CARVALHO et al., 2002) e estando presente em 91,6% dos lares brasileiros (EMBRAPA, 2020)

Além de sua importância nutricional, o leite também desempenha um forte papel econômico, ocupando o sétimo lugar dentre os produtos agropecuários de maior impacto na economia brasileira, atingindo um faturamento de quase R\$ 35 bilhões em 2019 (BRASIL, 2020). Dentro deste contexto, o Anuário Leite 2020 descreve que nas últimas décadas o Brasil presenciou grandes mudanças na pecuária de leite com um aumento significativo do consumo e produção, bem como avanços tecnológicos da cadeia produtiva (EMBRAPA, 2020).

O Anuário de 2020 apresenta ainda que entre 1990 e 2019, a produção de leite cresceu 139%, enquanto o consumo aparente total subiu 131% (o consumo aparente é calculado somando a produção com as importações e subtraindo as exportações, ou seja, refere-se a toda absorção de leite dentro do país, consumido diretamente ou indiretamente) (EMBRAPA, 2020). Em 2018, o Brasil produziu 33,84 bilhões de litros, ocupando o 4º lugar na produção de leite no cenário mundial ficando atrás dos EUA, Índia e Paquistão (EMBRAPA, 2020). Em 2020, o Valor Bruto da Produção Pecuária alcançou R\$ 871,3 bilhões, o maior em 32 anos, e destes 16,2% vem do produto leite com um valor de 42,93 bilhões de reais (BRASIL, 2020).

Também é importante avaliar a produção leiteira por animal. Assim, verificou-se que de 2016 para 2017 o Brasil perdeu 0,5% em volume de produção, caindo de 33,65 para 33,5 bilhões de litros produzidos, redução que se deve principalmente a uma queda no número de vacas no rebanho nacional, porém aumentou em 14,8% a média de produtividade/animal no mesmo período, passando de 1.710 kg/lactação para 1.963 kg/lactação (EMBRAPA, 2019). E explicaram que esse aumento da produtividade, indica que as fazendas estão se intensificando e modernizando a produção de leite, e incluindo cada vez mais a seleção e o cruzamento com raças com maior aptidão leiteira. Em 2018

a produtividade ultrapassou 2 mil litros por vaca ao ano, um crescimento de 4,7% frente a 2017 (IBGE, 2019).

No ranking nacional, Minas Gerais lidera com uma produção de 8,9 bilhões de litros por ano, sendo responsável por 25,6% da produção de leite no país com um rebanho de 3,15 milhões de vacas (IBGE, 2018). Em seguida se encontra os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Santa Catarina, São Paulo e Bahia, respectivamente (CONAB, 2018).

Sendo uma atividade competitiva e desafiadora, cada vez mais os produtores de leite procuram por alternativas que elevem a produtividade dos animais. Para isso, dispõem de alternativas que intensifiquem o manejo, a sanidade, o melhoramento genético, a nutrição e a reprodução (EMBRAPA, 2020). Além dessas áreas, a preocupação com o conforto e o ambiente térmico em que se encontram as vacas tem ganhado grande destaque (ALVES, 2014). Perissinotto e Moura (2007) relataram que o ambiente térmico é capaz de interferir nos mecanismos termorreguladores e nas trocas de calor com o meio, exercendo, portanto, grande influência no desempenho animal. A compreensão do ambiente e o impacto deste sobre os mecanismos de respostas fisiológicas do animal visa otimizar a produção, levando conforto térmico para a vaca que exige um meio ambiente em condição ideal para expressar seu potencial produtivo (MARINS, 2016).

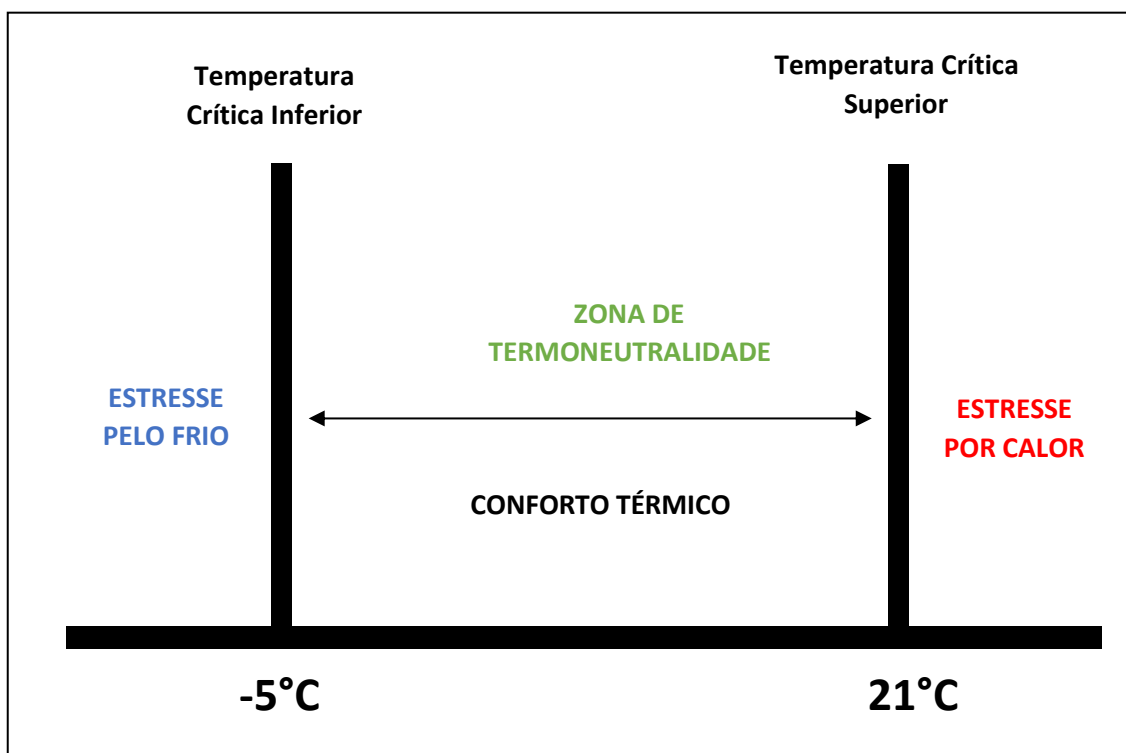
2.2 Conforto térmico e variáveis termofisiológicas

Bligh e Johnson (1973) consideraram zona de conforto térmico como sinônimo de zona de termoneutralidade e definiram que é o intervalo de temperatura ambiental em que os animais apresentam uma taxa metabólica mínima, mantendo a homeotermia com um baixo gasto energético, e, portanto, sem apresentar qualquer sinal de desconforto. Martello et al. (2004) explicam que este menor gasto energético ocorre em função de uma menor ativação dos mecanismos termorreguladores do organismo quando em conforto.

A zona termoneutra, ou zona de conforto térmico é limitada pela temperatura crítica inferior (TCI) até a temperatura crítica superior (TCS) (Figura 1). Quando a temperatura ambiente ultrapassa esses limites, os mecanismos termorreguladores se tornam menos eficientes em manter a temperatura corporal e com isso se caracteriza o estresse, pelo frio ou pelo calor, podendo até gerar um quadro de hipotermia ou hipertermia, respectivamente (MARTELLO, 2006). Para bovinos leiteiros da raça

holandesa, a zona de termoneutralidade está entre -5°C e 21°C , para vacas Jersey o limite superior é levemente maior, 24°C . Para raças zebuínas, a temperatura crítica superior atinge 29°C (MULLER, 1982). Para animais oriundos do cruzamento não há limites ainda definidos na literatura.

Figura 1- Representação Esquemática do intervalo de temperatura que compreende a Zona de Termoneutralidade de Vacas Leiteiras da raça Holandesa



Fonte: Adaptado de Hafez (1973) pela autora.

Os bovinos, assim como outros ruminantes, por serem animais homeotérmicos fazem a regulação de sua temperatura corpórea interna equilibrando o calor que é produzido e recebido (termogênese), com o calor que é perdido para o ambiente (termólise), por meio de diversos mecanismos (PEREIRA, 2005). A termorregulação é esse conjunto de mecanismos que juntos tem como objetivo manter a temperatura corporal dentro dos limites da homeotermia. Estes mecanismos são essenciais para a manutenção da vida animal (SOUZA; BATISTA, 2012). Quanto menor a quantidade de energia direcionada para a manutenção da temperatura corporal, mais energia será direcionada para a produção de leite (BERTONCELLI et al., 2013).

A zona de termoneutralidade é influenciada por diversos fatores, dentre eles, em função da taxa metabólica do animal. Sendo assim, vacas de alta produção, por

produzirem elevadas quantidades de calor metabólico, possuem uma zona termoneutra mais baixa (ROBINSON, 2004). Vacas taurinas, de origem europeias, são mais susceptíveis ao estresse por calor que animais mestiços e zebuínos, ou seja, sua temperatura crítica superior é menor. As raças europeias são mais sensíveis ao calor e, portanto, limita seu potencial produtivo quando criadas em ambiente quente. (BORGES et al., 2012).

O hipotálamo é o responsável por regular a interação neuroendócrina que é capaz de manter a temperatura corpórea interna. O animal possui em sua pele receptores capazes de identificar sensações de calor e de frio e ao captar esses estímulos envia o sinal para o hipotálamo que irá controlar as ações de termogênese e termólise (ROBERTSHAW, 2006). Para as trocas térmicas, os mecanismos básicos de trocas de calor são divididos em duas categorias: sensível ou não evaporativo (convecção, condução e radiação) e latente ou evaporativo (evaporação) (CAMERRO, 2016). Para trocas de calor por convecção, o animal perde calor para um meio fluido, gás ou líquido, que está ao seu redor e irá absorver sua carga térmica, esta troca depende diretamente da extensão da superfície corporal do animal e da velocidade do vento (MARQUES, 2001; MASTELARO, 2016).

Pela condução, o animal realiza trocas de calor por meio de contato com outra superfície, nesse caso pode ocorrer tanto perda quanto ganho de calor, caso a superfície apresente uma temperatura menor ou maior que a superfície corpórea do animal, respectivamente (AZEVEDO, 2005). Outro meio de dissipação de calor é a radiação, por este mecanismo, o animal emite ondas eletromagnéticas para objetos mais frios que estejam próximos (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Outra maneira de dissipar calor para o ambiente, é por evaporação. Este mecanismo é a principal forma de perder de calor quando em ambientes quentes, ela se dá por meio de evaporação cutânea, salivação e pela respiração (SHEARER; BEEDE, 1990).

Quando a temperatura corporal e do ambiente apresentam grande diferença, ou seja, quando há um maior gradiente térmico, as trocas de calor por mecanismos sensíveis (condução, radiação e convecção) são mais eficientes que troca de calor latente (NUNES et al., 2015). Em situação em que o gradiente térmico é reduzido, a evaporação é a forma de perda de calor mais eficaz, pois permite a dissipação de calor mesmo que a temperatura do ar seja mais elevada que a temperatura corporal (COLLIER et al., 2006; ROBINSON, 2004). Tais afirmações foram comprovadas por Maia et al. (2005), ao analisar os

mecanismos de troca de calor de 15 vacas Holandesas em ambiente tropical criadas a pasto. Verificaram que quando a temperatura ambiente estava entre 10°C e 20°C, a evaporação cutânea representou de 20 a 30% das perdas calóricas. No entanto, a evaporação cutânea foi responsável por 85% da perda de calor quando em temperaturas acima de 30°C e o restante se deu pela respiração.

Vale ressaltar que em ambientes quentes e muito úmidos, com umidade relativa superior a 80%, o mecanismo de evaporação fica prejudicado. Em casos extremos, o animal pode entrar em alcalose respiratória e causar outros distúrbios metabólicos (PILATTI, 2017)

2.2.1 Mecanismos de termorregulação

O primeiro mecanismo ativado pelo organismo quando estão expostos ao estresse por calor é a vasodilatação periférica, aumentando o fluxo de calor para pele e membros (SILVA, 2010). Caso esse mecanismo não seja eficiente, o animal ativa mecanismos de evaporação para o resfriamento, ou seja, o animal começa a dispor da sudorese e do aumento da frequência respiratória (ROBINSON, 2004). Além disso, os animais também mudam seu comportamento na tentativa de mitigar os efeitos do estresse. Procuram locais com sombreamento e circulação de ar, param suas atividades, diminuem o consumo de alimentos, e aumentam o consumo de água (SPENCER, 2011). Ao contrário, quando exposto a um estresse pelo frio, os organismos fazem uma vasoconstrição periférica, e também ativam outros mecanismos como piloereção (REECE, 2015) e mudanças no comportamento como busca por locais que forneçam proteção contra o vento (PILATTI, 2017).

Takahashi, Biller e Takahashi (2009) consideram a frequência respiratória o melhor parâmetro para mensurar o estresse nos bovinos. Martello (2006) afirma que a frequência respiratória é o primeiro sintoma clínico visível no estresse térmico, e que este vai variar de acordo com a intensidade, e o tempo pelo qual o animal está submetido ao estresse. Os valores dentro da normalidade, variam de 10 a 30 respirações por minuto, segundo Feitosa (2014). Avaliando o estresse térmico pela frequência respiratória, Silanikove (2000) determinou que valores entre 40-60 mov./min já caracterizam um pequeno nível de estresse, valores de 60-80 como um estresse médio, de 80-120 estresse alto e acima de 150 mov.min⁻¹ como estresse por calor severo.

Outra variável muito utilizada e eficaz para avaliar o conforto térmico é a temperatura corporal superficial. Para Collier et al. (2006), temperaturas superficiais inferiores a 35 °C são ideais para a perda de calor, não apresentando efeito do estresse por calor. A superfície do animal é a parte mais externa de seu corpo, estando exposto a todo tipo de influência de fatores ambientais como umidade do ar, radiação solar, temperatura, velocidade do vento, por isso a temperatura superficial está diretamente correlacionada com as variações meteorológicas e o estresse causado por elas. Por outro lado, a temperatura retal é uma variável que sofre mínima ou muitas vezes nenhuma alteração em relação ao ambiente externo, além de ser uma resposta tardia ao estresse, e por isso, a temperatura superficial tem se mostrado mais eficiente (DANTAS et al., 2012; ALMEIDA et al., 2011; NÓBREGA et al., 2011). Além disso, outra vantagem do uso da temperatura superficial é a possibilidade de ser feita a uma determinada distância do animal, evitando realização de manejos que restrinjam seus movimentos e possam ser um estresse. Também possui alta correlação com a frequência respiratória de bovinos segundo Collier et al. (2006).

A temperatura superficial de bovinos pode ser medida por um termômetro infravermelho em diversos pontos, como: cabeça, pescoço, cernelha, garupa, flanco e outras (SILVA FILHO, 2013). Salles et al. (2016) investigaram a região corporal mais efetiva para representar a temperatura corporal animal e concluíram que a temperatura da fronte mostrou maior associação com temperatura retal, e as temperaturas da fronte, flanco esquerdo e direito estão fortemente associados com ITU e pode ser adotada em estudos sobre termorregulação. Entretanto, a região do flanco esquerdo no bovino sem jejum pode sofrer influência da temperatura do rúmen. Os autores encontraram valores médio, mínimo e máximo, respectivamente, na fronte: 28,40; 24,50 e 31,50 °C, e no flanco direito: 30,12; 26,0 e 33,0 °C em novilhas Jersey mantidas em conforto térmico. A temperatura superficial é feita em vários pontos, e posteriormente é feita uma média, devido as variações de temperatura que se dá pelo corpo do animal (SILVA, 2000). Os pontos escolhidos variam entre autores, e depende do estudo a ser executado.

No município de Dois Vizinhos no Paraná, Pilatti (2017) avaliou a termorregulação de vacas mestiças (Holandês x Jersey) alojadas em *Compost Barn* às 09:00, 12:00 e 15:00 horas, no período de setembro de 2015 a fevereiro de 2016. A temperatura ambiente no interior do galpão nesses horários foram respectivamente, 18,7 °C; 22,8 °C e 23,0 °C. A frequência respiratória diferiu entre os três horários, sendo observado às 9h a média de 42 mov/min, às 12h - 60 mov/min e às 15h - 66 mov/min. A

menor temperatura superficial foi verificada às 9h (29 °C), em relação às 12h (31,3 °C) e 15h (31,1 °C). Portanto, essas variáveis acompanharam o aumento da temperatura ambiente. O autor concluiu que às 9h as vacas estavam sob uma faixa de alto conforto, às 12h na faixa de conforto médio e às 15h na faixa de baixo conforto.

A capacidade de perder calor por vacas leiteiras, principalmente no verão, estação caracterizada por temperaturas elevadas, aumento da umidade do ar e excesso de radiação solar, fica prejudicada devido a essas condições. Além disso, vacas de alta produção também possuem elevada produção de calor metabólico o que faz com que tenham ainda mais predisposição ao estresse por calor (PIRES, 2006).

2.3 Impactos do estresse por calor na produção leiteira

No Brasil, o aumento da produtividade das vacas leiteiras tem sido alcançado principalmente com o uso de genética de animais provenientes de climas temperados (FARIA et al., 2008). Mesmo os bovinos mestiços, conhecidos por serem mais resistentes ao calor, estão susceptíveis ao estresse por calor e podem ocorrer mudanças fisiológicas e comportamentais (NARDONE et al., 1998).

Cerca de dois terços de toda extensão do Brasil se encontram na faixa tropical, onde há uma alta incidência de radiação solar e conseqüentemente altas temperaturas (RODRIGUES et al., 2010). E à medida que a umidade relativa e a temperatura ambiente ultrapassam a zona de termoneutralidade, aumenta a susceptibilidade dos bovinos ao estresse por calor, dificultando a dissipação de calor e conseqüentemente prejudicando o desempenho animal (FERREIRA et al., 2006).

Segundo Silva (2000), bovinos leiteiros sob estresse por calor podem ter sua produção de leite e desempenho reprodutivo prejudicados em função da ativação dos mecanismos termorreguladores. Por isso, dado a influência das condições meteorológicas em favorecer ou prejudicar o desempenho, cada vez mais tem se buscado por estratégias que promovam um melhor manejo do ambiente (FARIA et al., 2008). Modificações do ambiente se tornam eficientes em minimizar os efeitos do estresse por calor, permitindo um melhor desempenho animal (BAËTA et al., 1987).

Na literatura ainda pouco são os estudos que detalham o impacto do estresse por calor sob a produção de leite no Brasil (MARINS, 2016). Mas nos EUA, em estudo

realizado em 2003, estima-se perdas em torno de 900 milhões de dólares anuais em razão do estresse por calor (ST-PIERRE; COBANOV; SCHNITKEY, 2003).

O estresse por calor é uma adversidade comumente encontrada em sistemas de criação de vacas de leite nas regiões dos trópicos e subtropicais (VALENTIM et al, 2018). Pode-se observar uma perda 10% ou mais da produção leiteira. Além da redução da produção, pode ocasionar ainda mudanças na composição do leite, alterando os sólidos do leite e instabilidade (HEAD, 1995).

A redução da ingestão da matéria seca explica parte da diminuição da produção leiteira de vacas sob estresse, que é um mecanismo que o animal adota para diminuir o calor metabólico produzido (CRUZ et al., 2011). Tal redução da produção também se deve a diminuição da função da tireoide, que exerce atividade hormonal importante na manutenção de temperatura dos homeotérmicos uma vez que quando em condições de calor, reduz a secreção de T3 e T4 e conseqüentemente há diminuição do metabolismo com o intuito de reduzir a produção de calor (BERNE et al., 2000). Há também a necessidade de mobilizar energia que iria para a produção, para dissipar o calor corporal excessivo (BACCARI JÚNIOR, 2001).

2.4 Índices de Estresse Térmico

Como forma de mensurar o conforto térmico, alguns pesquisadores desenvolveram índices que correlacionam as variáveis do ambiente, e por meio destes pode-se afirmar se o animal está ou não em situação de estresse. Um dos índices mais importantes, e o mais utilizado atualmente, é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Este índice combina valores de temperatura e umidade do ar, principais variáveis do ambiente. O ITU foi elaborado por Thom (1959) inicialmente para avaliar humanos, mas Johnson et al. (1962), correlacionaram o aumento no valor desse índice com a produção de vacas leiteiras, e notou que com seu aumento a produção reduzia. Desde então é o índice mais utilizado pelos pesquisadores para avaliar o ambiente térmico em que se encontram os animais, devido a facilidade de obtenção dos dados de temperatura e umidade do ar, variáveis utilizadas na fórmula do ITU. Posteriormente, diversas equações para o cálculo do ITU foram desenvolvidas (NRC, 1971; YOUSEF, 1985; MADER; DAVIS e BROWN-BRANDL, 2006; BERMAN et al., 2016). Nascimento (2019) avaliou nove equações de ITU, e afirmou que o que difere uma equação da outra é a variável para avaliação da umidade utilizada (Tabela 1), por exemplo Thom (1959), Bianca (1962) e

NRC (1971) avaliaram pelo valor do bulbo úmido, já NRC (1971) e Yousef (1985) utilizaram o valor da temperatura de ponto de orvalho, e ainda NRC (1971) e Mader; Davis e Brown-Brandl, (2006) e Berman et al. (2016) consideraram o valor da umidade relativa.

Tabela 1 – Equações de Índice de Temperatura e Umidade classificadas segundo a variável para avaliação da umidade utilizada

Variável de Umidade	Equação (ITU)	Autor
Temperatura de Bulbo úmido	$ITU = 0,4 \times (Tbs + Tbu) \times 1,8 + 32 + 15$	THOM (1959)
	$ITU = (Tbs \times 0,15 + Tbu \times 0,85) \times 1,8 + 32$	BIANCA (1962)
	$ITU = (Tbs \times 0,35 + Tbu \times 0,65) \times 1,8 + 32$	BIANCA (1962)
	$ITU = 0,72 \times (Tbs + Tbu) + 40,6$	NRC (1971)
Temperatura de Ponto de Orvalho	$ITU = (0,55 \times Tbs + 0,2 \times Tpo) \times 1,8 + 32 + 17,5$	NRC (1971)
	$ITU = Tbs + (0,36 \times Tpo) + 41,2$	YOUSEF (1985)
Umidade Relativa	$ITU = (1,8 \times Tbs + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times UR) \times (1,8 + Tbs - 26,0)]$	NRC (1971)
	$ITU = (0,8 \times Tbs) + (UR \div 100) \times (Tbs - 14,4) + 46,4$	MADER et al. (2006)
	$ITU = 3,43 + 1,058 \times Tbs - 0,293 \times UR + 0,0164 \times Tbs \times UR + 35,7$	BERMAN et al. (2016)

Onde : Tbs: temperatura do bulbo seco; Tbu: Temperatura do bulbo úmido; Tpo: Temperatura do ponto de orvalho; UR: umidade relativa.

Ferreira (2015) considerou a classificação de ITU para bovinos leiteiros de alta produção da seguinte forma: abaixo de 68 indicam sem estresse; de 69 a 71 indica um estresse leve; de 72 a 79 indica um estresse ameno; de 79 a 89 indica um estresse moderado e de 90 a 98 indica estresse grave.

Posteriormente, percebeu-se que o Índice de Temperatura e Umidade não leva em consideração a radiação solar, e, portanto, foi desenvolvido por Buffington et al. (1981), um índice que levasse em consideração essa variável para que fosse possível classificar o ambiente dos animais criados a campo, o Índice de Globo Negro e Umidade (IGNU).

Assim, tem se:

$$\text{IGNU} = \text{tg} + 0,36\text{Tbu} + 41,5$$

Onde: Tg = temperatura do globo negro (°C)

Tbu = temperatura de bulbo úmido (°C)

Este índice correlaciona a velocidade do vento, a temperatura do ar, e a radiação solar. Para a mensuração da radiação solar, utiliza-se um globo negro, equipamento composto por uma esfera de cobre, pintada de preto, com aproximadamente 0,15m de diâmetro. A cor preta potencializa a absorção de raios solares, e no seu interior possui um termômetro. Como classificação, segundo Baêta (1985), 74 é o limite de IGNU para bovinos; de 74 a 78 considera-se como estado de alerta, de 79 a 84 indica situação de perigo, e acima desse valor é classificado como estado de emergência. Martello et al. (2004), no entanto, em sua pesquisa, verificou que um IGNU de 77,8 não influenciou a termorregulação de vacas Holandesas.

Mota et al. (2020) avaliaram um galpão de *Compost Barn* no município de Três Corações no estado de Minas Gerais no período de verão e inverno de 2016, nos horários das 9:00 e 15:00 e encontraram valor médio de ITU no inverno às 9:00 h de 63,8 e às 15:00 h de 65,5 caracterizando conforto térmico para os animais. No verão, no entanto, notou-se aumento desses valores, encontrando às 9:00 h um índice de 72,7 e às 15:00 h de 74,5, com um estresse considerado ameno. No mesmo estudo também foi avaliado o IGNU e encontraram no inverno, valores de 73,9 pela manhã e 75,4 à tarde, caracterizando um estado de alerta. No verão esses valores chegaram a 80,7 às 9:00 h e 82,8 às 15:00 h, indicando situação de perigo.

2.5 O confinamento para gado leiteiro

A maior parte do território brasileiro está localizado na faixa tropical do globo, no qual caracteriza-se por forte incidência de radiação solar, e consequentemente altas temperaturas (AZEVEDO et al., 2005). Por essa razão muitos produtores têm buscado por alternativas que minimizem esses efeitos sob a produção leiteira. No Brasil, o principal sistema de produção de leite é a pasto, no entanto, muitos produtores já tem adotado sistemas de confinamento com o intuito de intensificar a produção e trazer maior conforto térmico para os animais visando o aumento da produtividade (PILATTI, 2017).

Para bovinos leiteiros as instalações são importantes por serem responsáveis por estabelecerem o microclima adequado para sua criação e facilitar o manejo, assim, influenciando diretamente na sua produtividade e na sua saúde. A adoção de uma boa instalação permite que pequenas fazendas possam alojar um maior número de vacas, intensificando o manejo e dispondo de uma maior área agricultável (SIQUEIRA, 2013). No confinamento toda a dieta é oferecida no cocho aos animais. Neste contexto, o sistema de confinamento *Compost Barn* tem se popularizado entre os produtores (MOTA et al., 2019). Tal popularização se dá em função desse tipo de instalação ser uma opção economicamente viável para o produtor, além de ser uma forma ecologicamente correta, uma vez que os dejetos são utilizados na compostagem da cama (MOTA, 2017).

2.6 *Compost Barn*

Segundo Barberg et al. (2007), o sistema *Compost Barn* surgiu de adaptações de um sistema chamado *Loose Housing*, este tipo de confinamento consiste em uma área de descanso coletivo dos animais adjacente a um corredor de alimentação. No entanto, para a composição da cama é utilizado palhas, e este material é pouco eficiente na absorção dos dejetos, além de que neste sistema a cama não é revolvida. O material da cama associado ao manejo, promovem um acúmulo dos dejetos facilitando o crescimento microbiano e se tornando uma fonte de contaminação de possíveis mastites (BLACK et al., 2014).

Posteriormente ao *Loose Housing* foi desenvolvido o sistema *Free Stall* (Figura 2) que consiste em um confinamento com camas individuais delimitadas por barras de aço. Segundo Cook (2009), o *Free Stall* oferece melhores condições ambientais, e menor incidência de mastite e score de sujidade devido as camas limpas e secas, no entanto, levando em consideração a raça Holandesa como sendo a principal raça leiteira e esta exigindo animais maiores com maior capacidade de consumo, observou-se um aumento das lesões de casco e jarrete resultante do contato com os pisos de concreto (WEARY; TASZKUN, 2000; SOMERS et al., 2003). Para gado leiteiro estas lesões têm grande influência sobre o bem-estar (COOK et al., 2004), além de prejudicar a produção e o desempenho reprodutivo desses animais (SPRECHER et al., 1997; VERMUNT, 2005).

Figura 2 - Estrutura interna de um *Free Stall*



Fonte: Fazenda Figueiredo, 2016

Disponível em: <http://gadoholandes.com/jornal/2016/10/18/que-casa-escolher/>

Na tentativa de contornar os problemas do *Loose Housing* e do *Free Stall* foram surgindo novas adaptações de confinamento, até que na década de 80 um dos primeiros galpões de compostagem (Figura 3), o *Compost Bedded Pack Barn*, mais conhecido como *Compost Barn* foi desenvolvido no estado de Virginia nos EUA, e posteriormente a curiosidade pelo novo sistema foi ganhando mais exemplares na região (JANNI et al., 2007). Mas somente em 2001, no estado de Minnesota, é que esse tipo de confinamento ganhou força quando os irmãos Tom e Mark Portner de Sleepy Eye, construíram um modelo de compostagem semelhante aos modelos usados atualmente (BARBERG et al., 2007) (SIQUEIRA, 2013).

Assim, com o passar do tempo aumentou-se o número de adeptos ao sistema, tendo relatos em diversos países, entre eles Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Itália, Holanda, Israel, Dinamarca e até no Brasil (DAMASCENO, 2012). No Brasil, este é um sistema relativamente novo, chegando em 2012 na fazenda Santa Andrea em Itararé – SP. Alguns produtores, porém afirmam que o primeiro *Compost Barn* em território brasileiro foi construído em Piracicaba-SP (MOTA et al., 2017).

Figura 3 - Galpão de Compostagem (*Compost Barn*)



Fonte: Milkpoint, 2019.

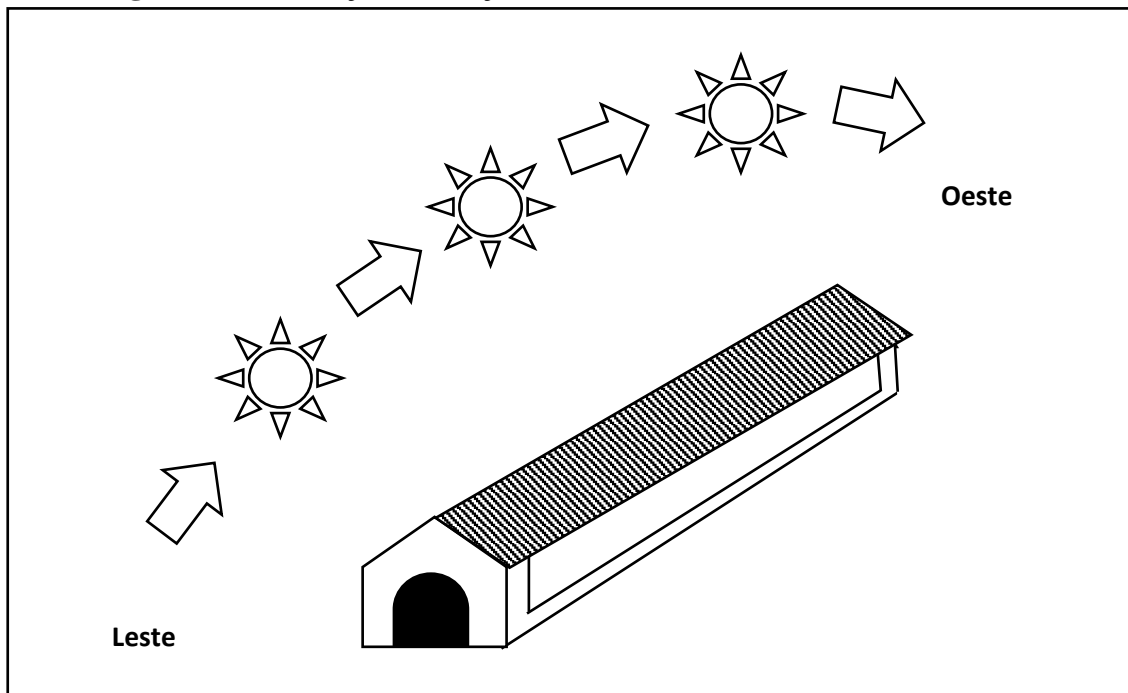
Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/milkpoint-de-olho-nas-redes-7-escolhemos-o-compost-barn-pensando-no-bemestar-animal-212408/>

2.6.1 As instalações

A base do *Compost Barn* pode ser feita de terra, cascalho ou concreto. Por ser uma opção mais barata, a terra é o material mais utilizado, além de que este permite o escoamento da umidade evitando acúmulo de água. Também se indica que a ordenha seja próxima do confinamento, para que os animais caminhem o mínimo possível longas distâncias (BEWLEY et al., 2012).

A orientação do barracão deve ser no sentido leste oeste (Figura 4), impedindo a incidência de raios solares dentro do galpão nos horários mais quentes (BICKERT, 2000). Além disso, a inclinação do telhado tem grande interferência sobre a retirada de odores e gases do ambiente, sendo recomendado entre 33 e 50% de inclinação. O uso de lanternins nesse tipo de instalação também é indicado, pois são responsáveis por promover a troca de ar no interior do galpão, o ar frio entra pela lateral e sobe expulsando o ar quente (Figura 5). Os lanternins devem ter uma abertura de 31 cm no mínimo, valor que independe da largura do barracão (BEWLEY et al., 2012).

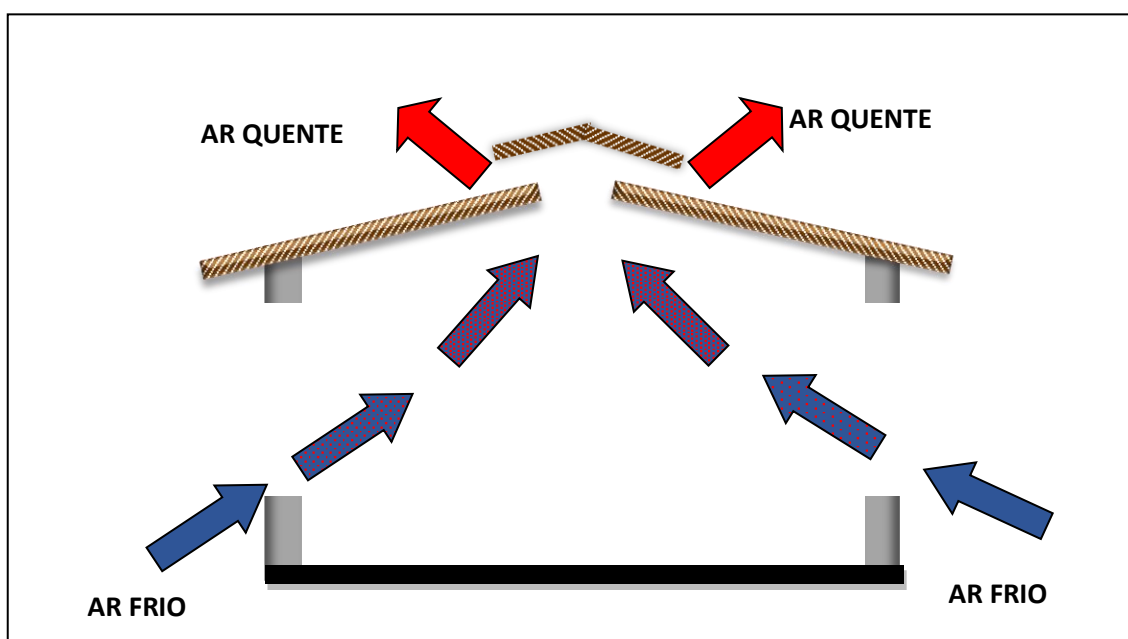
Figura 4 – Orientação instalação no sentido leste-oeste



Fonte: Adaptado de Avila et. al (2003) pela autora.

Para propiciar uma ventilação natural no interior do galpão e favorecer o desempenho das máquinas no momento da aeração da cama e limpeza alguns autores recomendam um pé direito de no mínimo 4,8 m. Além de um beiral de 90 cm para que não entre água proveniente das chuvas (JANNI et al., 2007)

Figura 5 - Troca de ar no interior do galpão pelo lanternim



Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Geralmente a disposição interna de um *Compost Barn* possui uma separação do ambiente em dois espaços: a área de descanso, formada pela cama e dispendo da maior extensão do galpão e outro espaço onde se encontram os comedouros e bebedouros (JANNI et al., 2007).

A pista de alimentação deve ser feita em concreto e separada da cama por uma mureta que tem a função de controlar a umidade no interior da área de descanso e evitar a saída do material da cama, nos padrões americanos elas devem ter 1,2 m de altura, maior que isso pode prejudicar a circulação de ar (Figura 6) (BRITO, 2016; JANNI et al., 2007). Os bebedouros não devem ter acesso pela cama, seu acesso deve se dar apenas pela pista de trato para evitar que a cama seja molhada excessivamente (RADAVELLI, 2018).

O tamanho do galpão vai depender da quantidade de animais que serão alojados. Para maior bem-estar e melhor distribuição dos animais no espaço, preconiza-se de 7m² a 10m² de área de cama por vaca (BRITO, 2016). Este dimensionamento deve permitir que todas as vacas se deitem concomitantemente e se movimentem pelo espaço sem restrição (SIQUEIRA, 2013).

Figura 6 - Pista de alimentação separada pela mureta



Fonte: Milkpoint, 2018.

Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/educapoint/compost-barn-dimensionamento-correto-da-cama-e-dos-corredores-206677/>

Indica-se que o comedouros ofereça de 60 a 75 cm de espaço por animal, alguns autores preconizam referências de 46 a 76,20 cm (JANNI et al., 2007; BEWLEY et al., 2013). Os bebedouros devem ter pelo menos 90 centímetros de perímetro para cada 15 a 20 vacas. Também é interessante que seja disposto em vários pontos devido a possível dominância de alguns animais (BEWLEY et al., 2012).

2.6.2 Cama

As instalações do tipo *Compost Barn* possuem uma área de cama extensa (Figura 7) limitada por muretas laterais, capaz de alojar vários animais em livre circulação (JANNI et al., 2007). Segundo Barberg et al (2007) as propriedades que utilizam esse tipo de galpão, dispõem de camas de 45 a 80cm de profundidade. O material desta cama deve ser orgânico e apresentar alta relação carbono:nitrogênio (C:N), para promover a degradação por microrganismos aeróbicos (NRAES-54, 1992). Segundo Bewley et al. (2013), o sucesso na compostagem depende de vários fatores: da relação carbono:nitrogênio (C:N), temperatura da cama, umidade, revolvimento e pH em equilíbrio; tais fatores controlados promovem uma cama seca, com baixa carga de microbiota patogênica.

Figura 7 – Área de cama *Compost Barn*.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Segundo Damasceno (2012), nos EUA, no estado do Kentucky, as aparas de madeira seca e serragem, são os principais materiais utilizados, por apresentarem menor tamanho de partícula e maior índice de umidade. No entanto, devido à crescente procura por esses materiais ocasionou dificuldades na obtenção em algumas regiões, levando os produtores a buscarem outras alternativas disponíveis. Desta forma, buscando solucionar esse problema, Shane, Endres e Janni (2010) testaram outros materiais que pudessem compor a cama do *Compost Barn*, dentre eles palha de trigo, palha de soja, semente de linhaça, casca de arroz, cascas de café, bagaço, papel e, casca de amendoim, e todos os materiais demonstraram resultados satisfatórios desde que manejados corretamente.

O material da cama deve ser repostado de tempos em tempos, geralmente de 1 a 5 semanas com uma fina camada variando de 5 a 10 cm, de acordo com o espaçamento por animal no galpão (BARBERG et al., 2007). Quanto maior a taxa de lotação, menor será o tempo entre uma reposição e outra. Outros fatores como estação do ano, umidade e temperatura também interferem na reposição (SIQUEIRA, 2013).

Para Bewley e Taraba (2009), a umidade da cama deve prevalecer entre 50 e 60%, nesses valores indicam que a quantidades de dejetos e microbiota da cama estão em equilíbrio. Bewley et al. (2013) sugerem que uma maneira simples de verificar a umidade da cama é pegar um punhado de cama nas mãos e comprimir, se escorrer gotículas de água significa que a cama está com a umidade muito alta e é necessário fazer reposição da cama. Por outro lado, se houver dificuldade de agregar partículas pode indicar que a cama esta seca em excesso. Normalmente a reposição total de material é indicada a cada 6 meses a 1 ano, e para iniciar um novo ciclo preconiza-se manter um resíduo de 10 a 15 cm da compostagem antiga com o intuito de acelerar o novo processo. Além da umidade, a temperatura no interior da cama deve ser sempre avaliada para que alcance valores entre 54 e 65 °C (JANNI et al., 2007), pois nestas condições são capazes de eliminar micro-organismos patogênicos possíveis causadores de mastite (BLACK et al., 2014).

O principal manejo que deve ser adotado para que este sistema se desenvolva é o revolvimento da cama (Figura 8), que deve ser realizado diariamente pelo menos duas vezes ao dia, revolvendo uma camada de 25 a 30 cm (JANNI et al., 2007). Para esta atividade, pode-se utilizar subsoladores, enxadas rotativas ou equipamentos que possam ser adaptados para essa funcionalidade (SIQUEIRA, 2013). O revolvimento da cama, tem como objetivo incorporar as fezes e urina na cama, aerar as camadas mais profundas, e com isso levar a um aumento da atividade microbiana que vai propiciar o processo de compostagem (RADAVELLI, 2018).

Figura 8. Manejo de Revolvimento da Cama.



Fonte: Revista Cultivar, 2018

Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/test-drive-ls-tractor-u60-power-shuttle>

2.6.3 Ventiladores

Um equipamento imprescindível no *Compost Barn* é o ventilador, que tem como função a troca de gases CO_2 e O_2 , e auxiliar a secar e diminuir a temperatura da superfície da cama, diminuindo o crescimento bacteriano (SHANE; ENDRES; JANNI, 2010). Segundo Black et al. (2013), os sistemas de ventilação mecânicos têm como objetivo melhorar a circulação do vento, promover a retirada do excesso de calor do ambiente, além de gases que possam interferir na saúde das vacas estabuladas.

Devido às peculiaridades de cada instalação e da variabilidade dos locais e regiões, ainda não existe padrões específicos determinados para o uso de ventiladores. Usualmente, os sistemas de ventilação são dimensionados de forma que forneça uma velocidade de vento de aproximadamente 3 m/s, para atender a demanda dos animais e também resfriar a superfície da cama (RADAVELLI, 2018). Os ventiladores devem ser instalados inclinados, direcionado para o pé do próximo ventilador, de forma que não tenham espaços sem circulação de ar entre os ventiladores. Uma pesquisa realizada por Black et al. (2013) demonstrou eficiência da ventilação mecânica com velocidades de 1,8m/s medida a 5 cm da superfície, proporcionando maiores taxas de secagem da cama.

Os ventiladores são imprescindíveis para o sucesso do Compost Barn, mas ainda não há dados na literatura do quanto os ruídos provocados por ele podem causar estresse em bovinos de leite. Guesine (2020), avaliou ao longo do dia o nível de ruído gerado dentro e fora de um Compost Barn, e os valores internos encontrados foram mais elevados em decorrência da presença dos ventiladores que permaneciam ligados durante 18 horas por dia entre as 05h às 23h. Os valores máximos encontrados foram de 73,13 dB no ambiente interno e 58,19 dB externo ao galpão. Conforme citado pelo autor, na suinocultura a legislação determina evitar ruídos superiores a 85 dB, a fim de não gerar estresse aos animais. Da mesma forma, na avicultura, diversos são os danos aos animais expostos a valores acima de 80 db. Para bovinos de leite, no entanto, ainda não se tem nenhuma lei vigente ou dados que mensurem os níveis aceitáveis por esses animais.

2.7 Vantagens do sistema *Compost Barn*

Segundo a literatura, dentre as vantagens do Sistema *Compost Barn* estão: o bem-estar e conforto dos animais, aumento da produção, melhores escores de higiene e menor incidência de afecções de cascos e pernas (BARBERG et al., 2007), diminuição da Contagem de Células Somáticas (CCS), animal mais limpo, o que reduz a contaminação do leite na ordenha (DAMASCENO, 2012), aproveitamento da cama em lavouras pela compostagem, redução da quantidade de moscas e odores, diminuição da quantidade de água utilizada (BEWLEY; TARABA, 2009).

O bem-estar e conforto tem grande influência sobre o aumento da produtividade, uma vez que propiciam o acréscimo do consumo de matéria seca e conseqüentemente da produção de leite. No Brasil, avaliando a produtividade de fazendas com *Compost Barn*, Moraes (2015) constatou em uma propriedade no norte de Minas Gerais um aumento de 3 kg de leite em média por vaca (de 16,98 kg para 19,96 kg), em apenas 20 dias de instalação. Em outra fazenda, o mesmo autor no Paraná, verificou um aumento de 4 kg leite/animal/dia. Corroborando com a ideia de que a mudança de instalação é efetiva para a produtividade.

Nos EUA, Black et al (2013) apresentaram dados de oito fazendas que obtiveram um aumento de 376 kg de leite na lactação e em outras sete fazendas, a diferença ficou na média de mais de 261 kg de leite/lactação.

Além do impacto na produtividade, outro fator de grande interesse para a pecuária leiteira é a fertilidade das vacas, e pensando nisso, promover conforto térmico para esses

animais se torna essencial uma vez que submetido ao estresse por calor o animal necessita desviar energia para tentar dissipar o calor e manter o equilíbrio térmico. Além do mais, quando esses mecanismos não são eficientes o aumento da temperatura corporal tem efeito negativo em várias funções fisiológicas (WOLFENSON et al., 2000). O efeito do calor sob o organismo é tão prejudicial que pode inclusive influenciar na formação de embriões, que não conseguem finalizar seu desenvolvimento (EALY et al., 1995). Black et al. (2013) notaram que após a introdução dos animais no *Compost Barn* houve uma melhora nos índices reprodutivos: diminuição do intervalo de partos (IDP) de 14,3 para 13,7 meses; redução dos dias ao primeiro serviço de 104,1 para 85,3 dias, aumento da taxa de serviço de 42% para 48,7%. Também Barberg et al. (2007) relataram que em 4 dos 7 rebanhos analisados, houve um acréscimo na taxa de serviço que antes de serem alojadas apresentavam 36,9% de média, e passou para 41,45% em média e cinco fazendas tiveram um aumento na taxa de prenhez de 21,9 a 48,6%.

Outro fator que tem gerado grande interesse aos produtores está relacionado à qualidade do leite. Levando em consideração a CCS como um grande indicador da qualidade, alguns estudos têm demonstrado que o sistema *Compost Barn* quando bem manejado pode reduzir a CCS, além de propiciar uma melhor saúde do úbere, diminuindo o risco de contaminação do leite na ordenha (DAMASCENO, 2012). Barberg et al. (2007) nos EUA relataram que a taxa de infecção de mastite clínica em seis das nove propriedades com sistema *Compost Barn* diminuiu em até 12%. No Brasil, Silva (2018) avaliou a rentabilidade de *Compost Barn* e *Free Stall*, comparando componentes do custo operacional. E concluiu que as propriedades que adotaram o sistema tiveram menor representatividade no Custo Operacional Efetivo dos medicamentos, devido ao menor percentual de gastos com antibióticos intramamários para tratamento de mastite.

Na Itália, Biasato et al. (2019) avaliaram os sistemas de criação de vacas de leite *Free Stall* e *Compost Barn*. Sendo que, com relação à qualidade, o leite dos animais criados no sistema *Compost Barn* apresentou maior porcentagem de teor de gordura (FS $3,54 \pm 0,12$ % x CB $4,04 \pm 0,11$ %), menor contagem de CCS (FS 425.000 x CB 310.000cels/ml), assim como menor contagem bacteriana total (CBT) (FS 35.000 x CB 21.500 UFC/ml).

Um fator que também afeta a sanidade e o bem-estar do rebanho é a claudicação. Segundo Chaplin et al. (2000), o sistema *Compost Barn* proporciona uma diminuição no aparecimento desta enfermidade, pois permite uma maior movimentação do animal em uma superfície macia, minimizando o atrito e desgaste dos cascos.

Outro aspecto que pode ser associado ao bem-estar animal, é a posição de descanso que o Sistema *Compost Barn* permite de forma mais natural. Vacas estabuladas nesse sistema permanecem mais tempo deitadas, e mesmo que em pé, passam mais tempo em uma superfície macia, quando comparados a galpões do tipo *Free Stall* por exemplo (FREGONESI, TUCKER e WEARY., 2007; OFNER-SCHRÖCK et al., 2015). Em relação ao comportamento de vacas leiteiras alojadas em *Compost Barn*, Endres e Barberg (2007) avaliaram os animais quanto ao seu posicionamento e verificaram que esse tipo de sistema possibilitou que as vacas deitassem de todas as maneiras consideradas naturais: com a cabeça erguida, com a cabeça no chão, com a cabeça para trás e deitada de lado.

Score de higiene também é um fator considerável na adoção do Sistema *Compost Barn*. Shane, Endres e Janni (2010) avaliaram o escore de higiene de vacas leiteiras em seis galpões que utilizavam diferentes materiais de cama, no estado Minnesota, Estados Unidos. Os materiais de cama utilizados eram: serragem, maravalha, palha de linho, palha de trigo, cascas de aveia e palha de soja. O escore de higiene médio de todos os materiais em todas as estações do ano foi de 3,1, em uma escala que varia de 1 (limpo) a 5 (muito sujo). Em conclusão, os autores observaram que todos os materiais de cama têm potencial para utilização no *Compost Barn*, desde que a cama seja bem manejada. Desta forma, é possível inferir que nesse tipo de sistema as vacas se mantem mais limpas durante todo o ano todo, pois houve maior frequência para os escores 1 e 2. Uma vantagem frente a sistemas a pasto, que nas estações chuvosas sofrem com o aumento do score de higiene devido ao barro.

Um dos principais diferenciais do *Compost Barn* está na capacidade deste realizar uma compostagem ao mesmo tempo que é feita a criação dos animais. Os dejetos dos bovinos contêm em sua composição grandes quantidades de nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas, como nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre, magnésio e potássio (OLIVEIRA, 1993). Epstein (2011) define o processo de compostagem como a decomposição biológica de resíduos em matéria orgânica estabilizada. O produto resultante é chamado de composto orgânico ou fertilizante orgânico e tem alto valor agronômico, podendo ser utilizado na agricultura e na horticultura como um bom fertilizante orgânico para o solo, (TCHOBANOGLIOUS; BURTON; STENSEL, 2003) uma vez que dispõe de alta quantidade principalmente de nitrogênio e fósforo (GAY, 2009).

Na maioria das propriedades, existe uma dificuldade na estocagem desses dejetos na forma líquida. Assim, a compostagem possibilita o armazenamento durante o ano todo,

dentro do barracão na forma de cama, com os dejetos de forma sólida concentrando maior quantidade de nutrientes. De forma sustentável, acontece uma ciclagem de nutrientes, trazendo uma alternativa para redução de custos de produção, podendo substituir de forma parcial ou total a utilização dos adubos químicos pela adubação orgânica. (SILVA, 2005)

2.8 Dificuldades do *Compost Barn* no Brasil

Dentre os principais desafios da implantação deste sistema está a dificuldade e alto custo do material da cama e da instalação (REHAGRO, 2021). Além disso, a adoção de confinamentos de forma errônea pode limitar alguns comportamentos naturais dos bovinos causando prejuízos na produção. Estes problemas são ocasionados principalmente pela escolha inadequada dos materiais de cama e falta de manejo correto, pelo dimensionamento incorreto das instalações, e utilização de pisos com pouca aderência, prejudicando o comportamento natural dos bovinos, e afetando a produtividade (VAN GASTELEN et al., 2011). A ocorrência desses problemas influencia diretamente a rotina dos animais, e o tempo destinado as atividades naturais como alimentação e descanso (FREGONESI; LEAVER, 2001).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pôde-se concluir com base nos resultados dos estudos citados que o sistema *Compost Barn* se demonstrou um ótimo sistema quando avaliados fatores como aumento da produtividade, desempenho reprodutivo, melhora da saúde de casco e úbere, qualidade do leite e bem-estar. Porém, em pesquisas que avaliaram o conforto térmico no Brasil, pôde-se inferir que nas épocas mais quentes do ano, a maioria dos galpões não foram eficientes em proporcionar o conforto térmico desejado. Verificou-se, portanto, que é importante adequar o projeto de construção da instalação do *Compost Barn* para as necessidades dos bovinos leiteiros criados em região tropical. Tais adequações podem incluir: aumento do pé direito, uso de aspersão na sala de espera ou linha de cocho, redução da densidade animal, maior número de ventiladores e colocados em angulação correta, melhor acompanhamento das condições de microclima, uso de cruzamentos com raças leiteiras melhor adaptadas a climas quentes, melhoria no manejo da cama, entre outras.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.;
ALMEIDA, G. A. P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça Girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.7, p.754-760, 2011.
- ALVES, M. A. **Respostas termorreguladoras e ambiente térmico de bovinos leiteiros em regiões de clima tropical**. 2014. 77f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14146/1/2014_dis_maalves.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2021
- ÁVILA, V. S; GIROTTO, A. F; BELLAVER, C.; PAIVA, D. P.; FIGUEIREDO, E. A. P.; JAENISH, F.; PALHARES, J. C. P.; ABREU, P. G; ABREU, V. M. N. **Produção de Frangos de Corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 2 (Sistema de produção, 2). Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/aves/index.html>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; STURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO I. B.; MONTEIRO J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 holandês – zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- AZEVEDO, 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 15 abr. 2021
- BACCARI JÚNIOR., F. **Manejo ambiental de vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.ed Viçosa: EDUFV, 2010, 269p.

BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, umidity and wind velocity in the warm season.** 1985. Tese (Ph.D.) - University of Missouri, Columbia, 1985.

BAÊTA, F. C.; MEADOR, N. F.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Equivalent Temperature Index at Temperatures above The Thermoneutral for Lactating Dairy Cows .**Transactions of the ASAE**, St. Joseph, p. 87-4015, 1987.

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and welfare of dairy cows in alternative housing system in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.90, n. 3, p.1575-1583, 2007.

BERMAN, A.; HOROVITZ, T.; KAIM, M.; GACITUA, H. A comparison of THI indices leads to 377 a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n.10, p. 1453-1462, 2016. DOI: 379 <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>.

BERNE, R. M.; LEVY, M.N.; KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. **Fisiologia**. 4^a ed. p.785, Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2000.

BERTONCELLI, P.; MARTINS, T. N.; ZIECH, M. F.; PARIS, W.; CELA, P. S. Conforto térmico alterando a produção leiteira. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 762-777, 2013.

BEWLEY, J. M.; TARABA, J. L. **Compost-bedded pack barns in Kentucky.** Cooperative Extension Service, University of Kentucky College of Agriculture, Lexington, 2009.

BEWLEY, J. M.; TARABA, J. L.; DAYR, G. B.; BLACK, A. **Compost bedded pack barn design features and management considerations.** Cooperative Extension Service, University of Kentucky College of Agriculture, Lexington, KY, 2012.

BEWLEY, J. M.; TARABA, J. L.; MCFARLAND, D.; GARRETT, P.; GRAVES, R.; HOLMES B, KAMMEL, D.; PORTER, J.; TYSON, J.; WEEKS, S.; WRIGHT, P. **Guidelines for managing compost bedded-pack barns**. The Dairy Practices Council, 2013.

BIANCA, W. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. **Nature**, v. 195, p. 251–252, 1962.

BIASATO, I., D'ANGELO, A., BERTONE, I., ODORE, R., BELLINO, C. Compost bedded-pack barn as an alternative housing system for dairy cattle in Italy: effects on animal health and welfare and milk and milk product quality. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna v.18, p.1142-1153, 2019.

BICKERT, W. G. Milking herd facilities. Dairy Freestall Housing and Equipment, MWPS-7, 7th ed. **Midwest Plan Service**, Iowa State University, Ames, cap. 4, p. 27-45, 2000.

BLACK, R. A.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A.; BEWLEY, J. M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 12, 8060-74, 2013.

BLACK, R. A., TARABA, J. L., DAY, G. B., DAMASCENO, F. A., NEWMAN, M. C., AKERS, K. A., BEWLEY, J. M. The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 5, p.2669-2679, 2014.

BLIGH, J; JOHNSON, K. Glossary of terms for thermal physiology. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 35, n. 6, p. 941-961, 1973.

BORGES, C. R. A; AZEVEDO, M.; LIMA, I. A; BRASIL, L. H. A, FERREIRA, M. A. Heterogeneous genetic cows of three genetic groups in feedlot system in the state of Pernambuco, Brazil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.34, n.1, p. 91–96, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/vbp-e-estimado-em-r-689-97-bilhoes-para-2020/202003VBPelaspeyresagropecuariapdf.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2021

BRITO, E.C. **Produção intensiva de leite em *Compost Barn*: uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <http://www.ufjf.br/mestradoleite/files/2016/12/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Final11.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BUFFINGTON, D. E.; AROCHO, A. C; CANTON, G. H. PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CAMERRO, L. Z. **Processo de condicionamento e avaliação do equilíbrio térmico de bovinos Guzerá**. 2016. 50f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/143825/camirro_lz_me_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 08 maio 2021

CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P.; MARTINS, C. E.; ZOCCAL, R.; MOREIRA, P.; RIBEIRO, A. C. C. L.; LIMA, V. M. B. **Sistema de produção de leite (Cerrado)**. Embrapa Gado Leite, n. 2, 2002. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/introducao.html>. Acesso em: 12 maio 2021

CHAPLIN, S. J.; TIERNEY, G.; STOCKELL, C.; LOGUE, N.; KELLY, M. An evaluation of mattresses and mats in two dairy units. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 66, n. 4, p. 263-272, 2000.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.1244-1253, 2006.

CONAB. **Pecuária leiteira: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos de 2014 a 2017**. Compêndio de estudos Conab (Companhia Nacional de Abastecimento). v. 16, 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/download/23676_f8c5e386b295537c601b8671c70993fc. Acesso em: 14 abr. 2021

COOK, N. B.; T. B. BENNETT; K. V. NORDLUND. Effect of free stall surface on daily activity patterns in dairy cows with relevance to lameness prevalence. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, p.2912–2922, 2004.

COOK, N. B. Free-stall Design for Maximum Cow Comfort. **WCDS Advances in Dairy Technology**, v. 21, p. 255-268, 2009.

CRUZ, L. V., ANGRIMANI, D. D. S., RUI, B. R., SILVA, M. A. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**, Garça, v. 16, n. 9, 2011 Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/3Kbw8tpmIaJpspv_2013-6-26-10-55-41.pdf. Acesso em: 09 mar. 2021.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. 2012. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, 2012. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/726>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

DANTAS, M. R. T., de SOUZA JÚNIOR, J. B. F., DOMINGOS, H. G. T., TORQUATO, J. L., SÁ FILHO, G. F., MACEDO COSTA, L. L. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, Maringá, v. 6 No. 07 p. Art. 1301-1306, 2012. Disponível em:

EALY, A. D; HOWELL, J. L.; MONTERROSO, V. H.; ARÉCHIGA, C. F.; HANSER, P.J. Developmental changes in sensitivity of bovine embryos to heat shock and use of antioxidants as thermoprotectants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 5, p. 1401-1407, 1995.

EMBRAPA. **Anuário Leite**, 2019. Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/Anuario-LEITE-2019.pdf>. Acesso em: 18 maio 2021

EMBRAPA. **Anuário Leite**, 2020. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215763/1/AnuarioLEITE2020.pdf>
Acesso em: 14 maio. 2021.

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

EPSTEIN, E. **Industrial composting: environmental engineering and facilities management**. New York: Taylor & Francis, 2011

FARIA, F. F.; MOURA, D. J; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, 2008, p. 2498-2505, 2008

FEITOSA, F. L. **Semiologia Veterinária: a arte do exame clínico**. 3.ed, São Paulo: Roca. 807p, 2014

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. L.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.5, p.732-738, 2006

FERREIRA, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente: Para Aves, Suínos e Bovinos**. Viçosa, MG, 3.ed. Aprenda Fácil, 2015. 526 p.

FREGONESI, J. A.; LEAVER, J. D. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 68, n. 2-3, p. 205-216, 2001.

FREGONESI, J. A.; TUCKER, C. B.; WEARY, D. M. Overstocking reduces lying time in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 7, p. 3349-3354, 2007.

GAY, S. W. Bedded-pack dairy barns. **Virginia Cooperative Extension**, Publication 442- 124. 2009. Disponível em:

<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48410/442>

124_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 16 jun 2021

GUESINE, G. D. **Sistema Compost Barn para bovinos leiteiros e seus reflexos nos parâmetros ambientais, desempenho e produção durante o verão em diferentes fases da lactação**. 2020. 128f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-07052020-151244/publico/Giovane_Debs_Guesine_versao_revisada.pdf. Acesso em 21 abr. 2021

HAFEZ, E. S. E. **Adaptacion de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973. 563 p.

HEAD, H. H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments: improving production and reproduction. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 1., 1995, p. 26-68, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBBiomet, 1995.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da Produção Pecuária**, 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da Produção Pecuária**, 2019.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. W. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.23, p.97–102, 2007.

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

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factor influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 3, p. 712-719, 2006.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v.50, n.1, p.17-22, 2005.

MARINS, T. N. **Índices de estresse térmico e perfil metabólico nos períodos de transição e espera voluntária de vacas da raça girolando, criadas em clima tropical**. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em:
<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6256/5/Disserta%20a7%20a3o%20-%20Thiago%20Nogueira%20Marins%20-%202016.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2021.

MARQUES, J.A.I **Curso de atualização por tutoria à distância atualização da produção de bovinos de corte** p. 486 –527, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2001.

MARTELLO, L.S; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S.L; TITTO, E.A.L. Respostas Fisiológicas e Produtivas de Vacas Holandesas em Lactação Submetidas a Diferentes Ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.181-191, 2004.

MARTELLO, L. S. **Interação animal ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em free-stall.** Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia e Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006. Disponível em:
<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-05102006-091637/publico/DO3245260.pdf>> Acesso em: 20 maio 2021.

MASTELARO, A. P. **Parâmetros fisiológicos e tricológicos na avaliação do conforto térmico em bovinos de corte.** Dissertação de Mestrado. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, 2016. Disponível em:
<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5845/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Ariadne%20Pegoraro%20Mastelaro%20-%202016.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MORAES, I. S. **Compost Barn: uma alternativa para as vacas leiteiras.** UEG, São Luís de Montes Belos, Goiás. Disponível em:
<http://cdn.ueg.edu.br/source/campus_sao_luis_de_montes_belos_243/noticias/27123/zootecnia/20151/Igor_da_Silva_Moraes.pdf> Acesso em: 30 mar. 2021.

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T. C.; DAMASCENO, F. A.; RESENDE, E. A. M., REZENDE, C. P. A.; ABREU, L. R. A.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: Histórico e características. **PUBVET**, Maringá, v. 11, p. 424-537, 2017.

MOTA, V.C; DE ANDRADE, E.T; LEITE, Daniel Furtado. Caracterização da variabilidade espacial dos índices de conforto animal em sistemas de confinamento *Compost Barn*. **PUBVET**, Maringá, v. 13, p. 170, 2019.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T. de; 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., p.2308, 2020.

NARDONE, A. Thermoregulatory capacity among selection objectives in dairy cattle in hot environment. **Zootecnica e Nutrizione Animale**, Bologna, v.24, p.295-306, 1998.

NASCIMENTO, F. G. D. O., AGUIAR, H. C. P., RODRIGUES, G. M., GUIMARÃES, E. C., NASCIMENTO, M. R. B. D. M. (2019). What is the best temperature-humidity index equation to indicate heat stress in crossbred dairy calves in a tropical environment? **Ciência Rural**, Santa Maria, v.49, n.1, 2019.
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180132>

NASCIMENTO, F. G. O. **Escolha do melhor índice de temperatura e umidade e efeito das estações do ano e da idade sobre as variáveis fisiológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia. 2018

NRC - National Research Council. 1971. A guide to environmental research on animals. Washington, DC: **National Academy of Sciences**, 374p, 1971

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.6, p.67-73, 2011.

NRAES-54. **On-Farm Composting Handbook**, ed. R. Rynk. Ithaca, N.Y.: Northeast Regional Agricultural Eng. Service. 1992.

NUNES, J. B.; BORGES, L. A.; SOUZA, B. B.; SILVA, E. M. Termorregulação em ruminantes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p.39-46, 2015.

OFNER-SCHRÖCK, E.; ZÄHNER, M.; HUBER, G.; GULDIMANN, K.; GUGGENBERGER, T.; GASTEINER, J. *Compost barns for dairy cows - Aspects of animal welfare*. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 05, n. 02, p. 124-131, 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

PEREIRA, J.C.C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. 195 p. Belo Horizonte: FEPMVZ; 2005

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados/evaluation of thermal comfort in dairy cattle using data mining. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 1, n. 2, p. 117-126, 2007.

PILATTI, J. A. **O comportamento diurno e bem-estar de vacas em sistema de confinamento Compost Barn**. 2017. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017. Disponível em:
<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2446/1/DV_PPGZO_M_Pilatti%2c%20Jaqueline%20Agnes_2017.pdf> Acesso em: 28 mar.2021

PIRES, M. F. A. Manejo nutricional para evitar o estresse calórico, **Comunicado técnico**, 52. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. p.1-4, 2006. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/manestrescal.pdf> . Acesso em 14 mar. 2021

RADAVELLI, W. M. **Caracterização Do Sistema Compost Barn Em Regiões Subtropicais Brasileiras**. 2018. 90f. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC, 2018. Disponível em:
<<http://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000046/0000466f.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

REHAGRO. E-book: **Noções básicas sobre bovinocultura de leite, 2021**. Disponível em: <<https://conteudo.3rlab.com.br/ebook-nocoas-basicas-sobre-bovinocultura-de-leite>> Acesso em: março 2021

REECE, W.O. Overview of the respiratory system. In: Dukes, H.H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 13. ed. New York: Comstock Pub, Cap.21, p. 149-154, 2015.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., Cap.55, p. 897-908, 2006.

ROBINSON N.E. Homeostase–Termorregulação. In: Cunningham, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3rd ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2004. p. 550–61

RODRIGUES, A. L., SOUZA, B. B., PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.6, n.2, p.14-22, 2010

ROENFELDT, S. You can't afford to ignore heat stress. **Dairy herd management**, Minnetonka, v.35, n.5, p.6-12, 1998.

SALLES, M. S. V.; SILVA, S. C.; SALLES, F.A.; ROMA JR, L. C.; EL FARO, L.; MACLEAN, P. A. B.; OLIVEIRA, C. E. L.; MARTELLO, L. S. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.62, p.63-69, 2016.

SHANE E.M., ENDRES M.I., JANNI K.A. Alternative Bedding materials for Compost Bedded Pack Barns in Minnesota: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.26, n.3, p.171–179, 2010.

SHEARER, J.K; BEEDE, D.K. Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. **Agri-Practice**, Santa Bárbara, v. 11, n. 4, p. 5-8, 1990.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 67, p.1–18, 2000

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

SILVA, J. C. P. M. **Esterco líquido de gado de leite e adubação mineral influenciando a produção de silagem e propriedades químicas do solo na região dos campos gerais do Paraná.** Curitiba, 2005. 49p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná.

SILVA, R. **Marcadores do estresse calórico.** Seminário Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Lacvet. Porto Alegre: UFRGS, 2010. Disponível em:
https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/stress_rita.pdf. Acesso em: 14 mar. 2021

SILVA, B. C. M. **Efeito do ambiente térmico nas respostas fisiológicas, produtivas, características do pelame e no comportamento de vacas Holandesas puras por cruza no norte de Minas Gerais.** 2011. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claro–MG, 2011

SILVA FILHO, F. P. **Adaptabilidade ao calor e índices ambientais para vacas da raça holandesa no semiárido.** 2013. 87f. Tese de Doutorado – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em:
<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/6768/2/Florisval%20Protasio%20da%20Silva%20Filho.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

SILVA, G. R. O. **Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite em *compost barn* e *free stall*: um comparativo.** 2018.57f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018. Disponível em:
<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/29294/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_An%C3%A1lise%20de%20rentabilidade%20de%20sistemas%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20leite%20em%20compost%20barn%20e%20free%20stall%20-%20um%20comparativo.pdf> Acesso: em 21 maio 2021

SIQUEIRA, A.V. **Instalação Do Tipo "Compost Barn" Para Confinamento De Vacas Leiteiras.** 2013. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em:
<http://gadoholandes.com/jornal/wp-content/uploads/2016/07/Compost-Barn-2016.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2019.

SOMERS, J. G. C. J., K. FRANKENA, E. N. NOORDHUIZEN-STASSEN, and J. H. M. METZ. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, p.2082–2093, 2003.

SOUZA, B. B. D.; BATISTA, N.L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 3, n. 8, p.06-10, 2012.

SPENCER, H. A. Management strategies to mitigate the negative effects of heatstress on production and reproduction in dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.389-395, 2011.

SPRECHER, D. J.; HOSTETLER, D. E.; KANEENE, J. B. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. **Theriogenology**, Stoneham, v.47, p.1179–1187, 1997

ST-PIERRE. N. R; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, p. 52–77, 2003.

TAKAHASHI, L. S.; BILLER, J. D.; TAKAHASHI, K. M. Bioclimatologia zootécnica. **Unesp, Jaboticabal**, 2009, 91p.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. McGraw-Hill: ed. Metcalf and Eddy, 2003.

THOM, E. C. Cooling degrees - days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.55, n.7, p.65-72, 1958

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1959.9926960>.

VALENTIM, J. K; BITTENCOURT, T.M; RODRIGUES, R.F.M; ARAÚJO, G.B.A; ALMEIDA, G.R. Efeito do estresse térmico por calor em vacas leiteiras. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 15, n.1, 2018

VAN GASTELEN, S.; WESTERLAAN, B.; HOUWERS, D. J.; M VAN, EERDENBURG F. J. C. M. . A study on cow comfort and risk for lameness and mastitis in relation to different types of bedding materials. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 10, p. 4878-4888, 2011

VERMUNT, J. J. The multifactorial nature of cattle lameness: A few more pieces of the jigsaw. **The Veterinary Journal**, v.196, p.317–318, 2005.

WEARY, D. M.; TASZKUN, I. Hock lesions and free-stall design. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, p.697–702, 2000.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z.; MEIDAN, R. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 60, p. 535-547, 2000.

YOUSEF, M.K. Stress physiology in livestock. **Boca Raton: CRC Press**, p. 217, 1985.
DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.2460020413>