



**JOÃO ANTÔNIO COSTA DO NASCIMENTO**

**COMPOST BARN: EFEITOS NA PRODUÇÃO,  
REPRODUÇÃO E CONFORTO TÉRMICO DE VACAS  
LEITEIRAS**

**LAVRAS-MG  
2020**

**JOÃO ANTÔNIO COSTA DO NASCIMENTO**

**COMPOST BARN: EFEITOS NA PRODUÇÃO, REPRODUÇÃO E CONFORTO  
TÉRMICO DE VACAS LEITEIRAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Zootecnia para a  
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Flávio Alves Damasceno  
Orientador  
MSc. Rafaella Resende Andrade  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2020**

**JOÃO ANTÔNIO COSTA DO NASCIMENTO**

**COMPOST BARN: EFEITOS NA PRODUÇÃO, REPRODUÇÃO E CONFORTO  
TÉRMICO DE VACAS LEITEIRAS**

**COMPOST BARN: EFFECTS ON THE PRODUCTION, REPRODUCTION  
AND THERMAL COMFORT OF DAIRY COWS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Zootecnia para a  
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 21 de agosto de 2020

Dr. Flávio Alves Damasceno	UFLA
MSc. Rafaella Resende Andrade	UFV
Dr. Leonardo Schiassi	UFLA
Dr. Frederico Marcio Corrêa Vieira	UTFPR
MSc. Victor Ferreira da Silva	UFLA

Prof. Dr. Flávio Alves Damasceno  
Orientador  
MSc. Rafaella Resende Andrade  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2020**

*“Amar a Deus sobre todas as coisas,  
E ao teu próximo como a ti mesmo”.*

*Marcos 12:30-31*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser sempre a minha luz, me dando forças e me ajudando a superar todos os obstáculos surgidos. À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Zootecnia, e ao curso de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso. Ao meu orientador, Prof. Dr. Flávio Alves Damasceno, por todas as orientações ao longo de toda a graduação, nos projetos de pesquisa e nas diversas outras atividades acadêmicas, bem como pela sua valorosa amizade, sábios ensinamentos e confiança. A minha coorientadora, MSc. Rafaella Resende Andrade, pela atenção, disponibilidade, auxílio e orientações. Aos membros da banca, Prof. Dr. Leonardo Schiassi, Prof. Dr. Frederico Márcio Corrêa Vieira e MSc. Victor Ferreira da Silva, pela disponibilidade, presteza e contribuições com o trabalho. Ao Estatísticos Victor Ferreira, pela ajuda e contribuições com a análise estatística dos dados. Aos amigos e companheiros do grupo de trabalho em Compost Barn, Carlos Oliveira, José Inocêncio, Júlia Figueiredo, Giane Nepomuceno, pelas suas valorosas contribuições nas coletas de campo e análise dos dados. À todos os professores e funcionários do DZO/UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e contribuições com a minha formação. Aos meus pais José Costa do Nascimento e Margarida Floripes do Nascimento, e minha irmã Ana Elisa Costa do Nascimento, pelo carinho e apoio incondicional, e seus exemplos de amor, caráter, humildade e simplicidade. Aos amigos Ítalo, Kaique, Miguel, Samuel, Flávius, Welson, pela amizade e companheirismo. Aos colegas da República Tôa-Tôa, pelo bom convívio e inúmeros momentos bons vividos juntos durante esta etapa. Enfim, à todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para que este trabalho alcançasse seus objetivos.

MUITO OBRIGADO!

## RESUMO

O confinamento de vacas de leite em instalações de *Compost Barn* (CB) tem sido utilizado como uma alternativa para potencializar a produção de leite nas propriedades do estado de Minas Gerais. O sistema CB é relativamente recente no Brasil e no mundo e a carência em pesquisas sobre o sistema é notado referente aos benefícios que o mesmo pode favorecer ao rebanho leiteiro. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do sistema CB sobre o conforto térmico para a produção, reprodução de vacas leiteiras durante o primeiro ano de implantação. O trabalho foi desenvolvido em uma instalação de CB em uma propriedade localizada na cidade Itaguara (MG). As coletadas de dados foram realizadas no período de março de 2019 a março de 2020 e em cada visita foi realizado as análises de condições de bem-estar, qualidade da cama e informações referente a produção e reprodução dos animais. Para tanto, mediu-se as variáveis ambientais por meio da temperatura do ar (T<sub>bs</sub>) e umidade relativa (UR) por meio de sensores/registradores durante todo o ano. Por meio destas variáveis, calculou o índice de temperatura do ar e umidade relativa (ITU). No caso das variáveis da cama, mediu-se a temperatura superficial e a 20 cm de profundidade. Além disto, coletou-se amostra de cama para determinar o pH, a umidade e os nutrientes presentes. Os dados referentes a produção e a qualidade do leite foram fornecidos pela cooperativa que coleta o leite da propriedade. As análises estatísticas foram de delineamento experimental, regressão logística e linear. O período da tarde foi o mais crítico ao longo do ano, apresentando valores de ITU acima do recomendado. A média de produção de leite das vacas confinadas no sistema CB teve um incremento de produção total corresponde a 48%, quando comparado ao sistema de produção antes adotado. O sistema CB influenciou positivamente nos índices de gordura e proteína com valores médios de 3,81 e 3,32%/ml de leite, respectivamente, e nos índices de CCS e CBT observou uma redução de 30% e 60%, respectivamente. Os valores de TP, US e U20 da cama se mostraram na maior parte do tempo dentro da faixa recomendada podendo ser um indicativo da eficiência do processo de compostagem, enquanto que o pH permaneceu durante o período de coleta com valores superior ao recomendado. Houve um ligeiro aumento na concentração dos microminerais, e uma queda nos macrominerais. A correlação C/N da cama durante todo o momento da pesquisa apresentou valores abaixo de 25:1.

**Palavras-chave:** Compost Barn, Gado Leiteiro, Produção de leite, Qualidade do leite, Reprodução de vacas.

## ABSTRACT

The confinement of milk cows in Compost Barn (CB) facilities has been used as an alternative to enhance milk production in properties in the state of Minas Gerais. The CB system is relatively recent in Brazil and in the world and the lack of research on the system is noted regarding the benefits that it can favor the dairy herd. In this context, the objective of this work was to evaluate the influence of the CB system on thermal comfort for the production, reproduction of dairy cows during the first year of implantation. The work was carried out in a CB installation on a property located in the city Itaguara (MG). Data were collected from March 2019 to March 2020 and at each visit, analyzes of well-being conditions, bed quality and information regarding the production and reproduction of animals were carried out. For this purpose, the environmental variables were measured using air temperature (T<sub>bs</sub>) and relative humidity (RH) using sensors / recorders throughout the year. Using these variables, he calculated the air temperature and relative humidity (ITU) index. In the case of bed variables, surface temperature and 20 cm depth were measured. In addition, a bed sample was collected to determine the pH, moisture and nutrients present. Data regarding milk production and quality were provided by the cooperative that collects milk from the property. The statistical analyzes were of experimental design, logistic and linear regression. The afternoon period was the most critical throughout the year, with UTI values above the recommended. The average milk production of cows confined in the CB system had an increase in total production corresponding to 48%, when compared to the production system previously adopted. The CB system had a positive influence on the fat and protein indices, with average values of 3.81 and 3.32% / ml of milk, respectively, and in the CCS and CBT indices, there was a reduction of 30% and 60%, respectively. The values of TP, US and U20 of the bed were mostly within the recommended range and may be an indicator of the efficiency of the composting process, while the pH remained during the collection period with values higher than the recommended. There was a slight increase in the concentration of micro minerals, and a decrease in macro minerals. The C / N correlation of the bed during the entire study period showed values below 25: 1.

**Keywords:** Compost Barn, Dairy Cattle, Milk production, Milk quality, Cows reproduction.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ingredientes que compõem a dieta com a quantidade disponibilizada a cada lote e análise bromatológica da dieta total. ....	20
Tabela 2 - Interação dos valores médios de ITU com períodos do dia e as estações do ano. ....	38
Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis ITU com a qualidade do leite.....	57
Tabela 4 - Número de inseminações por período e relação de inseminação por prenhez. ....	57
Tabela 5 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com o Escore de Higiene .....	63
Tabela 6 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis umidade da cama com o escore de locomoção .....	65
Tabela 7 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com incremento dos minerais .....	70
Tabela 8 - Valores médios da temperatura (° C), umidade (%) e PH da cama nas estações verão, primavera, inverno e outono e valores médios da temperatura da cama em duas profundidades (20 cm e superfície). ....	71
Tabela 9 - Resumo da Análise de Variância das variáveis umidade, PH e temperatura da cama.....	78

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (A) sala de espera com cobertura de material de polipropileno com 80% de sombreamento; (B) sala de ordenha tipo Tandem.....	21
Figura 2 – Reposição da cama com maravalha.....	22
Figura 6 – (A) Trator utilizado para o revolvimento da cama; (B) implemento escarificador usado para o revolvimento da cama. ....	23
Figura 7 - Amostra da cama armazenada em um recipiente.....	23
Figura 8 - (A) sensor de temperatura tipo vareta; (B) sensor de temperatura superficial infravermelho. ....	24
Figura 9 - (A) sensor registrador de temperatura e umidade do lado externo da instalação; (B) sensor registrador de temperatura e umidade do lado interno da instalação.....	24
Figura 10 - Sensor de temperatura e umidade do ar (Data Logger HT-500). ....	25
Figura 11 - (A) Animais no sistema extensivo na estação verão; (B) Animais confinados no CB .....	25
Figura 12 - Fita de medir o peso de bovinos leiteiros de diferentes portes.....	26
Figura 13 - (A) Temperatura superficial da cama; (B) Temperatura a 20 cm da cama. .	30
Figura 14 - Variação das variáveis ambientais interna ao sistema Compost Barn avaliado durante o primeiro ano de alojamento dos animais: a) temperatura do ar; b) umidade relativa; c) índice de temperatura do ar e umidade relativa. . Legenda: Tbs int é a temperatura do ar interna; UR int é a umidade relativa do ar interna; ITU int é o índice de temperatura do ar e umidade relativa interno; LIC é o limite inferior de conforto; e LSC é o limite superior de conforto.....	36
Figura 15 - Variação média das variáveis ambientais interna ao sistema Compost Barn avaliado durante o primeiro ano de alojamento dos animais: a) temperatura do ar; b) umidade relativa; c) índice de temperatura do ar e umidade relativa. Legenda: Tbs int é a temperatura do ar interna; Tbs ext é a temperatura do ar externa; UR int é a umidade relativa do ar interna; UR ext é a umidade relativa do ar externa; ITU int é o índice de temperatura do ar e umidade relativa interno; ITU ext é o índice de temperatura do ar e umidade relativa externo; e LSC é o limite superior de conforto. ....	37
Figura 16 - Evolução de produção de leite de vacas leiteiras alojadas em instalação Compost Barn (CB) durante o primeiro ano de funcionamento do sistema. ....	40
Figura 17 - Evolução do peso de vacas leiteiras alojadas em instalação Compost Barn (CB) durante o primeiro ano de funcionamento do sistema. ....	41
Figura 18 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis ITU com a produção do leite (nível de significância 5%).....	42
Figura 19 - Variação das variáveis referente a qualidade do leite de vacas leiteiras alojadas em instalação Compost Barn (CB) durante o primeiro ano de funcionamento do sistema: a) gordura (%/ml); (b) proteína (%/ml); (c) CCS (x1000 cel/mL); (d) CBT (UFC/mL).....	44
Figura 20 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis ITU com a qualidade do leite (nível de significância 5%). ....	46

Figura 21 - Variação das variáveis da cama ao longo do período avaliado: a) temperatura, b) umidade e c) pH. Legenda: TS é a temperatura superficial; T20 é a temperatura a 20 cm de profundidade; US é a umidade superficial; U20 é a umidade a 20 cm de profundidade; pHS é o pH superficial; pH20 é o pH a 20 cm de profundidade. ....	50
Figura 22 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade e o pH da cama (nível de significância 5%). ....	51
Figura 23 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com o Escore de Higiene (nível de significância 5%). .... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 24 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com o escore de locomoção (nível de significância 5%). ....	54
Figura 25 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis umidade da cama com o escore de locomoção (nível de significância 5%). ....	55
Figura 26 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Escore de condição corporal com o peso dos animais (nível de significância 5%). ....	56
Figura 27 - Variação dos micro e macro nutrientes da cama ao longo do período avaliado: a) teor de micronutriente, b) teor de macronutriente e c) relação C/N.....	59
Figura 28 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com incremento dos minerais (nível de significância 5%). ....	60

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	1
2	Objetivos .....	2
2.1	Objetivo Geral.....	2
2.2	Objetivos Específicos.....	2
3	Referencial teórico .....	3
3.1	Produção de leite no estado de Minas Gerais.....	3
3.2	Qualidade do leite .....	3
3.3	Manejo alimentar .....	4
3.4	Manejo reprodutivo.....	6
3.5	Compost Barn .....	7
3.5.1	Construção e estrutura física das instalações.....	7
3.5.2	Manejo da cama e o processo de compostagem.....	8
3.5.3	Sistemas de ventilação .....	11
3.6	Bem estar.....	12
3.6.1	Índice de temperatura e umidade .....	13
3.6.2	Escore de higiene, locomoção e corporal.....	14
3.6.2.1	Escore de locomoção.....	14
3.6.2.2	Escore corporal.....	15
3.6.2.3	Escore de sujidade.....	16
4	Materiais e métodos .....	17
4.1	Caracterização da instalação .....	17
4.2	Manejo dos animais.....	19
4.2.1	Nutrição.....	19
4.2.2	Manejo reprodutivo.....	20
4.2.3	Ordenha .....	21
4.3	Manejo da cama .....	22
4.4	Parâmetros avaliados.....	23
4.4.1	Ambiência para bovinos leiteiros.....	24
4.4.1.1	Elementos meteorológico.....	24
4.4.1.2	Produtividade .....	25
4.4.1.3	Peso .....	26
4.4.1.4	Escore de locomoção.....	26
4.4.1.5	Escore de condição corporal .....	27
4.4.1.6	Escore de sujidade.....	28

4.4.2 Caracterização do material da cama.....	30
4.4.2.1 Temperatura .....	30
4.4.2.2 Umidade e pH .....	30
4.4.2.3 Incremento mineral .....	31
4.4.3 Análise estatística.....	32
5. Resultado e discussões .....	33
5.1 Avaliação do conforto térmico ambiental .....	33
5.2 Produção do leite.....	39
5.3 Avaliação da qualidade do leite .....	42
5.4 Avaliação da reprodução dos animais .....	46
5.5 Análise das variáveis da cama.....	48
5.6 Interação entre as variáveis da cama com os escores de higiene, locomoção e condição corporal .....	52
5.7 Avaliação dos micro e macro nutrientes da cama.....	57
5.8 Interações entre estação, profundidade e local, temperatura, umidade e PH.....	60
6. Conclusões.....	61
7. Referências bibliográficas.....	63
8. Anexo. ....	69



## 1 Introdução

A produção leiteira no Brasil tem grande importância econômica no setor do agronegócio, sendo uma das atividades mais tradicionais, tendo relatos de seu início nas primeiras décadas do período colonial do país. Nos últimos 50 anos, a produção de leite no país cresceu sistematicamente, sendo que em 2018 o Brasil passou a ocupar a quarta posição no ranque entre os países produtores de leite do mundo, com estimativa anual de produção de 35,6 bilhões de litros de leite (FAO, 2018).

Durante a década de 1990 ocorreu um avanço tecnológico nas propriedades leiteiras do país por conta das transformações que o Brasil estava passando, como o plano real e a abertura do mercado externo de produtos lácteos, o que favoreceu o amadurecimento da cadeia produtiva de leite (VILELA *et al.*, 2017). Em função disso, o mercado de leite passou a ser mais competitivo para atender as exigências dos consumidores, que passaram a ser mais exigentes quanto à qualidade e a origem dos produtos consumidos.

Ao buscar por maior produtividade, os produtores passaram a utilizar animais com características genéticas que favorecem a maior produção. Com isto, a atenção ao bem-estar destes animais passou a ser um fator importante para que houvesse um maior aproveitamento da sua capacidade genética.

A atenção ao bem-estar das vacas fez com que os produtores buscassem recursos que pudessem atender as necessidades a alavancar o desempenho do rebanho, podemos destacar que instalações, reprodução e nutrição estão cada vez mais eficazes a atender a demanda da propriedade, tecnologias estas que estão cada vez mais avançadas e estão mais presentes no dia-dia dos produtores de leite. Isto possibilita a categoria a promover um melhor conforto aos animais e uma maior atenção do mercado por fornecer aos consumidores um melhor produto. O uso de ferramentas mais eficazes possibilita aos produtores de leite uma maior margem de lucro por ter um maior controle na relação dos alimentos a serem oferecidos aos animais, menor descarte de leite pelo fato dos animais apresentarem maior saúde e melhores índices zootécnicos. Com isto, o uso de biotecnologias, ordenhas mecânicas e o confinamento dos animais se tornam cada vez mais frequentes nas pequenas e médias propriedades, realidade já presente nas grandes fazendas produtoras de leite.

Dentre as tecnologias empregadas na produção de leite, o confinamento dos animais no sistema compost barn (CB) vem ganhando notoriedade entre os produtores

do Brasil, por proporcionar melhores índices produtivo e sanitário do rebanho e por promover melhor conforto térmico e melhor manejo dos animais confinados. Dentre as principais vantagens do sistema CB, podemos destacar a saúde do úbere e dos cascos que impactam diretamente na receita financeira da propriedade.

Além das vantagens referentes ao conforto que o CB promove aos animais, o sistema proporciona um melhor destino dos dejetos das vacas. Os proprietários veem o sistema como uma forma de renda extra no momento da retirada da cama, isto porque, no ato da compostagem do material que compõem a cama acontece a mineralização dos nutrientes, resultando em um fertilizante orgânico rico em minerais essenciais para diversas culturas agrônômicas que podem ser utilizadas na nutrição das vacas.

Diante de todo discurso referente ao sistema CB, o presente trabalho buscou avaliar as interações existentes no confinamento das vacas leiteiras no CB em relação à produtividade, bem-estar e o comportamento da cama durante o período de um ano.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a evolução da cama do sistema Compost Barn (CB), como também sua influência sobre os aspectos de conforto térmico, reprodução e produção de vacas leiteiras.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Avaliar as condições de conforto térmico de vacas de leite em diferentes estações de ano;
- b) Avaliar a influência do sistema CB na média de produção e qualidade do leite durante o período de um ano de animais vindo do sistema extensivo;
- c) Avaliar a influência dos meses quentes e frios nos índices reprodutivos de vacas confinadas;
- d) Avaliar a evolução dos macro e microminerais e da relação Carbono e Nitrogênio (C/N) da cama com o teor de umidade ao longo do período de um ano.

### **3 Referencial teórico**

#### **3.1 Produção de leite no estado de Minas Gerais**

A região sudeste do Brasil é historicamente conhecida por suas grandes bacias leiteiras que datam desde o período colonial do país (VILELA *et al.*, 2017). Atualmente a região se destaca com o maior volume de produção de leite, sendo o estado de Minas Gerais o que mais contribui para o fato (SIDRA, 2020).

No estado de Minas Gerais as regiões Campos das Vertentes e Zona da Mata é de grande representatividade na categoria, sendo que no ano de 2013 representava 15% da produção total do estado, sendo a região de maior expressão (SIQUEIRA *et al.*, 2013). As produtividades nestas regiões estão diretamente relacionadas aos fatores edafoclimáticos, que possibilita aos produtores uma maior exploração da atividade. O desempenho da produtividade também está relacionado aos usos de tecnologias que potencializam a produção de leite (VILELA *et al.*, 2017).

O CB tem sido buscado pelos produtores do estado de Minas Gerais como uma alternativa para alavancar a produção e melhorar a qualidade do leite produzido, conseguindo assim, melhor retorno financeiro e maior conforto aos animais (OLIVEIRA *et al.*, 2018)

#### **3.2 Qualidade do leite**

A qualidade do leite cru está associada a diversos fatores, tais como, a nutrição, a genética e o estágio de produção do animal, como também fatores zootécnicos relacionados ao manejo, armazenamento e transporte do leite por serem momentos propícios para a contaminação por microrganismos (MALACARNE, 2017).

De acordo com a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) número 76 de 2018, capítulo I artigo 5º, o leite cru refrigerado deve atender os seguintes parâmetros físico-químico: i) o teor mínimo de gordura deve ser de 3,0g/100g; ii) proteína total mínimo de 2,9g/100g; iii) lactose de 4,3g/100g; iv) sólidos não gordurosos de 8,4g/100g; v) acidez titulável entre 0,14 e 0,18 expressa em gramas de ácido láctico/100 mL. Ainda no parágrafo I, o artigo 7º diz que Contagem Padrão em Placas deve apresentar o máximo 300.000 UFC/mL e de Contagem de Células Somáticas de no máximo 500.000 CS/mL, isto para garantir a qualidade do

leite, tornando assim o categoria mais competitiva com o mercado externo (BRASIL, 2018).

Uma das principais causas da redução na qualidade do leite nas propriedades leiteiras é a mastite, devido ao aumento na contagem das células somáticas (CCS) no leite. O leite dos quartos mamários de um animal sadio contém de 50 a 200 mil células/mL, quando o CCS ultrapassa esses valores o leite está propício a sofrer perdas na sua composição química e mineral, no seu volume e ocasiona perda da qualidade dos derivados lácteos (KITCHEN, 1981). As perdas produtivas de um rebanho com CCS elevada podem representar valores consideráveis. Estudos realizados mostraram que rebanho com CCS no leite de tanque de 500.000/mL e 1.000.000/mL houve uma queda de produção de 6% e 18% respectivamente (EBERHART *et al.*, 1982). A mastite também interfere na concentração de proteína, gordura e lactose do leite, três componentes importantes na sua composição e que são remunerados pelos laticínios.

Segundo Kitchen (1981), no leite produzido pela vaca com mastite ocorre uma redução na concentração de proteínas do tipo  $\alpha$  e  $\beta$ -caseína,  $\alpha$ -lactoalbumina e  $\beta$ -lactoglobulina e aumento de proteínas de origem sanguíneas, por conta da alta permeabilidade vascular secundário ao processo inflamatório. A concentração de gorduras e proteínas no leite de vacas acometidas com mastite são menores quando comparadas a vacas sadias, e decorrente aos danos causados pela inflamação das glândulas mamarias, os níveis de sódio e cloro aumentam e de potássio diminui.

Os bovinos de leite alojados em sistemas de confinamento apresentam uma melhor saúde de úbere, em decorrência de menor exposição dos animais aos fatores climáticos enfrentados no campo. A alta umidade do solo nos períodos chuvosos é um dos principais causadores de mastite no rebanho leiteiro criado a pasto, portanto, animais confinados no sistema CB quando a cama é manejada corretamente, com teor de umidade e temperatura ideal nas diferentes camadas do composto formado, há uma menor aderência da cama ao úbere dos animais favorecendo a uma melhor qualidade e menor descarte do leite.

### **3.3 Manejo alimentar**

A alimentação dos bovinos de leite pode representar até 70% do custo de produção de uma propriedade leiteira, por isso o manejo alimentar das vacas de leite

deve ser bem definido para potencializar o efeito nutritivo dos alimentos para os animais (CARVALHO *et al.*, 2003).

Na dieta a ser fornecida para as vacas leiteiras é importante considerar os nutrientes para manutenção, crescimento, reprodução e produção. Com tudo, deve-se conhecer o nível de produção, o estágio da lactação, a idade da vaca, o consumo esperado de matéria seca e a condição corporal dos animais para determinar qual a melhor dieta a ser oferecida para aquele rebanho (ALVIN *et al.*, 2005).

A forma mais eficiente para atender a demanda nutricional dos bovinos de leite é separar os animais em lotes. Quando os lotes contêm animais de diferentes idades e fases distintas de lactação aumentam a competição por matéria seca, o que pode ocasionar em animais com escores indesejáveis e menor produção durante a lactação. O escore corporal dos animais quando alto ou baixo podem impactar no momento do parto. Os animais gordos apresentam maior taxa de problemas ao parto e após o parto menor consumo de alimentos, o que acarreta em menor produção, distúrbios metabólicos como cetose, fígado gorduroso e deslocamento do abomaso, além de baixa resistência aos agentes de doenças (CARVALHO *et al.*, 2003).

Outro fator que interfere na ingestão dos alimentos por vacas de leite é o estresse térmico que os animais podem vir passar quando criados em sistema extensivo. A alta instabilidade de temperatura e umidade em regiões de clima tropical demanda do animal um alto consumo de energia para as trocas de calor. Altas temperaturas diminui a atividade do eixo hipotálamo-hipófise-tireóide, implicando em uma redução dos hormônios tireoidianos, resultando em uma maior taxa metabólica potencializando a ação dos hormônios catecolaminas. Estas ações em conjunto nos animais de alta produção resultam na diminuição do consumo dos alimentos, peso corporal e na secreção do leite (KIMURA *et al.*, 1999; MORAIS *et al.*, 2008).

Os sistemas de confinamento de vacas leiteiras possibilitam um melhor índice de conforto térmico e uma maior flexibilidade dos produtores em trabalhar com lotes de animais do mesmo estágio fisiológico. Dentre os sistemas de confinamento, podemos destacar o CB, que apresenta melhores índices de conforto térmico, maior flexibilidade em trabalhar com números de lotes em que os animais estejam no mesmo momento fisiológico.

### 3.4 Manejo reprodutivo

Vacas de leite são poliéstricas não estacional, ou seja, apresentam sinais de cio durante todo o ano, com ciclo estral de 21 dias e uma duração de cio de 12-18 h, sendo a temperatura do ambiente um fator limitante aos animais para que os processos fisiológicos reprodutivos possam acontecer (DUKES, 1996; HAFEZ, 2004).

A ação de hormônios sobre os ovários é o que irá possibilitar que a vaca manifeste o cio, sendo a interação dos hormônios estradiol e progesterona os responsáveis pela a intensidade de manifestação dos comportamentos estrais (FERREIRA, 2016).

Vacas criadas em condições de estresse térmico, apresentam menor intensidade de manifestação do cio. Isto acontece pelo fato que a temperatura elevada provoca o aumento na concentração de progesterona na corrente sanguínea das vacas durante a fase luteal, prejudicando a ação do estradiol no preparo do óvulo para ser fecundado e na manifestação do cio. Durante o período de gestação, a instabilidade da concentração da progesterona na corrente sanguínea da vaca pode levar ao aborto, pois ele é responsável pelo reconhecimento materno da gestação para a manutenção do feto (PIRES *et al.*, 2003; FERREIRA, 2016).

A temperatura do ambiente também influencia no desenvolvimento do embrião no útero da vaca. Os bovinos criados em situação de estresse térmico, acontece um maior fluxo sanguíneo para as regiões periféricas do corpo do animal, isto para vacas prenhas é um fato crítico, pois acarreta em menor fluxo de sangue aos órgãos internos, podendo acometer menor troca de temperatura do útero com o sangue para ser dissipado ao ambiente, podendo provocar aborto natural das fêmeas em gestação (FERREIRA, 2016).

A ineficiência da troca de temperatura interna das vacas quando em estresse térmico, ocasiona em uma maior temperatura interna do animal. O aumento da temperatura uterina em 0,5C° no dia da inseminação pode reduzir a taxa de concepção em 12,8% (THATCHER, 1974).

Manske *et al.* (2016) ao avaliar a influência do estresse calórico em vacas lactantes da raça holandesa, constatou em um rebanho com 348 vacas confinadas no FS que a taxa de prenhez pode chegar a ser zero. O estudo constatou que as fêmeas com a temperatura retal inferior a  $\leq 39^{\circ}\text{C}$  no momento de inseminação, apresentou uma taxa de prenhez de 38%, vacas que apresentavam temperatura entre 39,1- 40°C a taxa de

prenhez foi de 31%, e vacas com temperatura retal superior à 40°C a taxa de prenhez foi nula (0%).

### **3.5 Compost Barn**

O sistema CB foi desenvolvido no estado de Virginia nos Estados Unidos (EUA) na década de 1980, a partir de adaptações do sistema loose housing. Porém, somente no ano de 2001, no estado de Minnessota (EUA), que foram construídos as primeiras instalações CB, podendo hoje ser encontrado em diversos países como Japão, Itália, Israel, Brasil, entre outros (DAMASCENO, 2012).

O sistema de CB é classificado em dois modelos, sendo o norte americano e o israelense. No sistema norte americano, a cama é composta por um material rico em carbono (C), geralmente constituída de maravalha ou serragem, que possibilita uma melhor ação microbiana no processo de compostagem da cama. A quantidade de calor é elevada favorecendo um maior desprendimento da umidade da cama, em que o processo de compostagem de forma mais rápida. Já no modelo israelense, a cama é composta apenas por esterco, que é pobre em fonte de carbono, dificultando o processo de compostagem e atingindo temperaturas mais baixas. No modelo norte americano, usualmente se trabalha com 10 m<sup>2</sup> de cama por animal, enquanto no sistema israelense, se trabalha com 15 à 20 m<sup>2</sup> quando o corredor de alimentação é de concreto e de 20 a 30 m<sup>2</sup> quando a pista de alimentação também faz parte da área de cama (BRITO, 2016).

No Brasil, o primeiro CB foi construído no ano de 2012, na cidade de Piracicaba - SP (MOTA *et al.*, 2017), porém há questionamentos em relação ao primeiro modelo implantado no país, pois ao mesmo tempo estava sendo inaugurado o sistema CB na Fazenda Santa Andréia em Itararé - SP (SILANO; SANTOS, 2012). Desde então, o sistema vem ganhando adeptos em todo o território nacional, estando presente em mais de mil propriedades leiteira do país (MOTA *et al.*, 2017).

#### **3.5.1 Construção e estrutura física das instalações.**

O sistema CB implantado no Brasil é baseado nos modelos norte americanos. Normalmente a instalação consiste em um espaço coletivo para o descanso dos animais e uma pista de alimentação (JANNI *et al.*, 2007), sendo a área para descanso coberta com cama de material macio e confortável (BLACK *et al.*, 2013). Entretanto, para um

projeto que atenda as necessidades dos animais, alguns fatores devem ser considerados no momento da implantação do sistema.

A orientação Leste-Oeste deve ser respeitada no Hemisfério Sul, para prevenir uma alta incidência solar no interior da instalação e permitir maior aproveitamento das correntes de ar (BAÊTA; SOUZA, 2010). As baixadas e encostas de barranco são áreas de maior índice de umidade e com pouca ventilação, por estes motivos recomenda-se evitar tais locais (FERREIRA, 2016).

O pé-direito é um dos componentes que interfere diretamente nas condições ambientais da instalação, influenciando na ventilação natural e a quantidade de radiação solar que atinge o seu interior, sendo fundamental para as trocas de calor do animal para o ambiente (FERREIRA, 2016). Segundo Graves e Brugger (1995) em regiões quentes, o pé-direito deve ter 4,8 m de altura, para uma melhor eficiência na ventilação natural além de não interferir no tráfego de maquinários dentro da instalação (BEWLEY *et al.*, 2012).

A inclinação da cobertura da instalação deve ser entre 15 e 25°, para que haja o processo natural de troca de gases e menor incidência de raios solares no interior da instalação (DAMASCENO, 2020). Os materiais mais utilizados na cobertura são as telhas de aço galvanizado ou alumínio. Porém, estes materiais possuem baixo poder de absorção da radiação solar, resultando em uma maior temperatura interna da instalação (BAÊTA; SOUZA, 2010).

No corredor de alimentação são alocados os bebedouros e comedouros. Normalmente o corredor é projetado ao longo do comprimento da instalação, podendo ser em uma ou nas duas extremidades ou, em um corredor central. O corredor de alimentação deve ter no mínimo 4,0 m de largura para que os animais tenham acesso livre ao cocho e aos bebedouros. A cada 10 m, recomenda-se que tenha passagens para que os animais retornem à cama. O piso deve ser construído de concreto ou argamassa, frisado, para dar maior segurança aos animais, e ainda, apresentar uma inclinação adequada para que haja o escoamento dos dejetos e água (DAMASCENO, 2020).

### **3.5.2 Manejo da cama e o processo de compostagem.**

A escolha do material que será utilizado como cama no sistema de CB, é um dos principais fatores que influencia diretamente no sucesso do processo de compostagem. Dessa forma, o material usado como cama deve ser de baixo custo e de grande

disponibilidade na região, ser rico em nutrientes, não possuir uma superfície abrasiva e proporcionar maior conforto aos animais (DAMASCENO, 2020). O material mais utilizado pelos produtores de leite para compor a cama são aparas de madeira ou serragem finamente processada (JANNI *et al.*, 2007).

A relação Carbono e Nitrogênio (C:N), temperatura, umidade, pH e a aeração da cama, é que determinará a sua compostagem por ação de microrganismos que irá atuar no processo de degradação da matéria orgânica garantindo a qualidade da cama (PEDROSA *et al.*, 2013).

Segundo Damasceno (2012), o processo de compostagem acontece pela ação de microrganismos aeróbios que agem sobre o material orgânico com a finalidade de estabilizar os compostos químicos, assim, liberando calor, vapor de água e dióxido de carbono.

De acordo com Fernandes *et al.* (2004), o processo de compostagem ocorre em duas fases: a primeira fase predominante é a termofílica, nela ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas por microrganismos denominados termófilos. A segunda fase predominante é a mesofílica, nela acontece o processo de humificação dos materiais orgânicos compostados. O desejável é que a processo de compostagem da cama permaneça o mais tempo na fase termofílica, possibilitando o uso da cama por um maior período (Oliveira *et al.*, 2018).

Portanto, a reposição da cama é imprescindível para não interromper as reações bioquímicas que acontece com a interação do material orgânico com os microrganismos, mantendo o volume da cama que diminui no processo da compostagem.

A reposição da cama com o material novo garantirá que a cama se mantenha viva, isto porque o carbono é fonte de energia e o nitrogênio é fonte proteica para os microrganismos, sendo estes nutrientes de suma importância para o seu desenvolvimento metabólico e reprodutivo.

De acordo com Bewley *et al.* (2012), a cama deve apresentar uma relação mínima de C:N entre 25:1 a 30:1, e que o pH esteja entre 6,0 e 8,0 para que a compostagem permaneça ativa. A relação C:N está diretamente relacionada com as características química do material da cama e com a taxa de lotação dos animais no interior da instalação, isto pela constante deposição de fezes e urina na cama, interferindo diretamente na ação dos microrganismos no processo de compostagem. Por

isso, trabalhar com a densidade adequada de animais terá como consequência uma melhor compostagem da cama.

Outro fator que interfere na atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos é o teor de umidade e a temperatura da cama. O teor de umidade considerado ideal para o processo de compostagem da cama está no intervalo de 30 a 60% (DAMASCENO, 2020). Quando o teor de umidade da cama está abaixo de 30%, a degradação do material orgânico é interrompida por conta da desidratação dos microrganismos, resultando num processo biologicamente instável. Em situações onde o teor de umidade supera a 60%, os poros do material da cama passam a ser preenchidos por água limitando a concentração de oxigênio no interior da cama, interferindo na característica aeróbia dos microrganismos. O alto teor de umidade interfere na composição química da cama por provocar lixiviação dos nutrientes e por promover uma compostagem lenta (DAMASCENO *et al.*, 2020).

A temperatura interna da cama é um dos fatores que auxiliam no controle da proliferação dos microrganismos, quanto mais intensa a atividade microbiana, melhor será o processo de compostagem e como resultado maior será a temperatura no seu interior (JANNI *et al.*, 2007). Segundo Brito (2016), temperaturas entre 55 a 65 °C favorecem a destruição dos agentes patógenos à saúde das vacas, enquanto que a eficiência da ação dos microrganismos para a degradação do material da cama acontece quando as temperaturas estão entre 45 e 55 °C, e temperaturas abaixo de 40 °C limita a ação dos microrganismos havendo redução na taxa de compostagem.

A aeração é a forma mais eficiente de controlar a temperatura e a umidade da cama, além de possibilitar a incorporação de oxigênio no interior da cama e reduzir a concentração de odores dentro da instalação (COTTA *et al.*, 2015).

O revolvimento da cama deve ser realizado de duas a três vezes por dia, no período em que os animais saem para a sala de ordenha (DAMASCENO, 2020). O revolvimento da cama tem como finalidade descompactar e aumentar os poros da cama para serem preenchidos de ar, e tornar a cama mais macia permitindo que os animais passem mais tempo deitados.

Os implementos utilizados para o revolvimento do material da cama variam de acordo com a disponibilidade do produtor. Cada implemento irá desempenhar uma função específica e atingir profundidades diferentes no ato de revolver a cama. O subsolador e a enxada rotativa são comumente usados no processo de aeração da cama.

O subsolador atinge maiores profundidades quando comparadas a da enxada rotativa, chegando a camadas superiores a 0,30 m permitindo a cama uma compostagem mais profunda. Porém a utilização deste implemento agrícola não possibilita a quebra dos torrões desprendidos do interior da cama, deve ser usada com devidos cuidados para não tocar a base de chão da instalação.

A enxada rotativa atua nas camadas mais superficiais da cama, chegando a uma profundidade máxima de 0,20 m. Ela possibilita uma melhor aeração da camada superior da cama, promove uma maior quebra dos torrões que favorece a ação dos microrganismos. O uso constante da enxada rotativa ocasiona uma maior degradação e um maior consumo do material da cama, sendo necessária uma maior reposição (JANNI *et al.*, 2007). Deste modo, para escolha do implemento a ser utilizado é importante considerar o aspecto físico da cama, buscando-se sempre mantê-la em condições adequadas (BRITO, 2016).

### **3.5.3 Sistemas de ventilação**

Segundo Damasceno (2020), a ventilação em sistemas de confinamento animal beneficia os trabalhadores e proporciona um local mais confortável e saudável aos animais. No sistema de CB, a ventilação tem a função de eliminar o excesso de umidade do ar e da cama, para uma renovação constante do ar e reduzir o nível de partículas de poeira, além de diminuir a temperatura superficial da cama, eliminar odores e gases da compostagem.

Tendo ciência sobre a importância da ventilação no sistema de CB, as características construtivas, orientação e localização da instalação tem papel fundamental na dinâmica da circulação do ar dentro do sistema (JANNI *et al.*, 2007). Segundo Lobeck *et al.* (2011), os seus estudos constataram que a ventilação natural não é suficiente, pois verificaram que na altura da cama a velocidade do ar apresentou valores entre 0,50 e 0,93  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , concluindo então que a ventilação natural por si só não é eficiente, sendo necessário a utilização de ventilação mecânica para suprir a demanda da instalação. Em relação aos animais, Gooch e Timmons (2000), afirmam que para diminuir o estresse térmico das vacas, a velocidade do ar deve ser constante e superior a 3,0  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , sendo a ventilação natural incapaz de suprir as necessidades do sistema CB.

Diversos modelos de ventilação mecânica estão disponíveis hoje no mercado, que dentre os mais usados podemos destacar os de ventilação mecânica convencional

(pressão positiva), ventilação cruzada (pressão negativa) e ventilação em modo túnel (pressão negativa), para cada qual existem tecnologias específicas para exercer tal função. Os ventiladores de alta rotação e baixo volume de ar (LVHS), são utilizados na ventilação mecânica convencional, e para a ventilação em modo de túnel, utiliza-se exaustores. Outro ventilador comumente utilizado no CB são os de baixa rotação e alto volume (HVLS), que são grandes ventiladores que atuam forçando a circulação e a distribuição do ar no interior da instalação (DAMASCENO, 2020).

A má distribuição ou número inferior de ventiladores e exaustores no sistema CB, podem acarretar em maior aglomeração de animais em pontos específicos da cama, que por sua vez interfere no seu processo de compostagem por haver acúmulo de dejetos em áreas específicas, maior número de animais em pé, presença de odores indesejáveis, alta umidade na cama e podem acometer problemas respiratórios nos animais no período de temperaturas baixas (WELLS et. al., 2004; DAMASCENO, 2012).

### **3.6 Bem estar**

O bem-estar animal pode ser definido como a resposta fisiológica dos animais na tentativa de se adaptar ao ambiente que se encontra, sendo esse inversamente proporcional ao esforço gasto pelo animal para manter a homeotermia do seu corpo (BROOM; MOLENTO, 1986). O animal em situação desfavorável ao seu conforto busca formas de se adaptar ao meio através de ajustes fisiológicos, metabólicos e comportamentais, acarretando em maior gasto de energia e redução seu potencial de produção (BAËTA; SOUZA, 2010).

Para que os animais possam expressar totalmente seu potencial genético, além de uma alimentação balanceada, deve-se oferecer condições térmicas adequadas dentro da faixa de temperatura ambiente na qual o animal não sofra estresse pelo frio ou pelo calor, garantindo que ele possa ter maior aproveitamento da energia da dieta, ajuste fisiológico mínimo, temperatura corporal e apetite normal (BACARI *et al.*, 1998).

A produção de leite no Brasil é prejudicada quando se trata das suas condições ambientais. Cerca de dois terços do país se encontram na faixa tropical do planeta onde a temperatura média varia de 20 a 30 °C na maior parte do ano (TITTO, 1998). Temperaturas esta que supera as impostas pela zona de termoneutralização, ocasionando aos animais desconforto e estresse térmico. Segundo Muller (1982) a faixa de

temperatura do ar caracterizada como situação de conforto para vacas em lactação está compreendida entre -5 a 24 °C.

Considerando as exigências que os animais impõem sobre a temperatura e a nutrição, a produção de leite em sistemas de confinamento aparece como uma alternativa para amenizar as interferências ambientais no desempenho da categoria, porém a falta de conhecimento do manejo das instalações e dos animais confinados podem prejudicar o seu bem-estar. Um ambiente que não atende as exigências dos animais pode acarretar diversos problemas, tais como, a redução do consumo de matéria seca, a ocorrência de problemas de saúde do úbere e de fertilidade, entre outros, que terão influência direta sobre a produtividade do animal (BACH *et al.*, 2007).

Como forma para classificar o bem-estar dos animais sob os sistemas a qual estão submetidos, existem metodologias para classificá-las. De acordo com Calamari e Bertoni (2009), essas metodologias podem ser divididas em duas categorias, indicadores diretos e indiretos. Os indicadores diretos estão relacionados ao ambiente, de forma a caracterizar o sistema de produção e manejo. O registro dos parâmetros ambientais geralmente é fácil, rápido e confiável. Os indicadores indiretos são relacionados ao comportamento, saúde e fisiologia do animal. É importante destacar que as medidas de avaliação do bem-estar animal de um sistema de produção devem ser eficientes e viáveis.

### 3.6.1 Índice de temperatura e umidade

Uma das principais formas de se avaliar o conforto térmico dos animais é o índice de temperatura e umidade (ITU). O ITU que foi desenvolvido por Thom (1959), é o índice mais utilizado para se determinar o estresse por calor das vacas (AZEVEDO *et al.*, 2009). A equação usa a combinação dos valores de temperatura de bulbo seco do ar ( $T_{bs}$ ) e umidade relativa do ar (UR), conforme a equação 1.

$$ITU = 0,8 \cdot t_{bs} + UR \cdot \left( \frac{t_{bs} - 14,3}{100} \right) + 46,4 \quad (1)$$

Diversos estudos vêm sendo realizados para definir os limites de ITU aplicáveis à bovinocultura de leite. Jonhson (1980) e Rosenberg *et al.* (1983) em seus estudos

afirmam que para bovinos de leite da raça holandesa os valores de ITU inferiores a 68, os animais estão em condição de conforto; entre 68 a 71, condição de leve estresse térmico; 72 a 79, estresse ameno; 80 a 88, estresse moderado; 89 a 98, estresse grave; e acima de 99, estresse gravíssimo, levando o animal a óbito.

Os valores elevados de ITU provocam ineficiência na produção e na reprodução, acarretando em perdas econômicas na atividade leiteira.

Pereira (2018) ao avaliar o conforto térmico de instalações CB, constatou que durante a estação de inverno os valores de ITU apresentaram dentro da zona de conforto térmico. Por outro lado, durante a estação de verão os valores médios de ITU foram elevados, em especial no período da manhã e tarde, indicando que os animais estavam sob estresse térmico por calor. As instalações eram equipadas com ventilação mecânica, mesmo assim, não foram eficazes para proporcionarem aos animais conforto térmicos durante a estação mais quente do ano.

### **3.6.2 Escore de higiene, locomoção e corporal**

Escore de higiene, locomoção e corporal, são outras medidas comumente utilizadas para avaliar o bem-estar dos animais. As análises devem ser realizadas por um ou mais avaliadores treinados a observar pontos criteriosos nos animais. É dada uma pontuação que varia de acordo com as características observadas para fins de se identificar possíveis problemas de manejo dentro da propriedade.

#### **3.6.2.1 Escore de locomoção**

A claudicação interfere diretamente na condição de bem-estar dos bovinos de leite, estando presente em todas as propriedades produtoras, depois da mastite, é a patologia que mais resulta nas perdas econômicas na exploração leiteira (KOSSAIBATI; ESSLEMONT, 1997).

Fatores relacionados à nutrição, ambiência e genética estão intimamente ligados a pré-disposição dos animais a vir desenvolver problemas de locomoção (WHAY *et al.*, 1997; BARBERG *et al.*, 2007).

As vacas leiteiras com claudicação elevada apresentam uma menor frequência de ida ao cocho, refletindo em uma menor produção de leite. O diagnóstico precoce dos problemas podais reduz o impacto que esta enfermidade causa aos animais.

Existem diversos protocolos que auxiliam os técnicos a identificar se o animal acomete ou não dos problemas podais. Para uma boa avaliação a experiência do observador irá determinar a eficiência na identificação. De uma maneira geral, no protocolo de avaliação do escore de locomoção são considerados: marcha do animal, ritmo das passadas, o peso colocado em cada membro, o arqueamento da coluna vertebral e a inclinação da cabeça (ARCHER *et al.*, 2010; BARBERG *et al.*, 2007).

De acordo com Pereira (2018), ao avaliar animais confinados no sistema CB, constatou que nenhum animal apresentou claudicação grave, sendo que vacas primíparas apresentaram claudicação leve e vacas pluríparas apresentaram claudicação leve e moderada. Em análise comportamental, não houve diferença significativa entre os animais que apresentaram algum grau de claudicação quanto ao tempo que permaneceram em pé, porém foi observado que os animais com escore de locomoção leve e moderado, passaram maior período do dia em pé ruminando, se alimentaram por um menor tempo e passaram mais tempo em pé paradas.

Trabalhos desenvolvidos no EUA apontam que os índices de problemas podais em instalações CB são menores quando comparados a sistemas *Freestall* (FS). Black *et al.* (2013), ao avaliarem um total de 1719 animais alojados CB, constatou que 5% das vacas apresentaram claudicação grave. Enquanto que Espejo *et al.* (2006), ao avaliarem 5626 animais confinados no FS, 6,1% delas apresentavam problemas podais graves. Comparando os dados, Black *et al.* (2013), concluiu que o sistema CB beneficia os animais quanto aos problemas de locomoção pelo fato dos animais passarem mais tempo se locomovendo em uma superfície macia.

### **3.6.2.2 Escore corporal**

O estado nutricional dos bovinos de leite é outro indicador de bem-estar. Esta avaliação consiste em determinar a disposição de reservas energética dos animais que são utilizadas no decorrer de sua vida. Desta forma a avaliação da condição corporal ou escore corporal pode determinar a eficiência nutricional do rebanho, podendo ser regulada de acordo com a pontuação atribuída ao animal (LEACH *et al.*, 2009).

Diferentes metodologias são empregadas para se determinar a condição corporal do animal, podendo ser feita por avaliações visuais ou táteis no qual o avaliador atribui uma nota a partir da quantidade de reservas teciduais em regiões específicas do corpo do animal, buscando avaliar principalmente músculos e gorduras nas costelas, processos

espinhosos e travessos da coluna vertebral, ponta do íleo, base da cauda, sacro e vertebrae lombares (MACHADO *et al.*, 2008).

Os índices de escore corporal baixos indicam que o animal está subnutrido e escores corporais elevados indicam obesidade. De acordo com ROCHE *et al.*, 2009, em uma escala de 5 pontos, o ideal é que o animal apresente escore de 3,0 a 3,5 e os animais que se encontram em condições corporais extremas, inferior a 2,5 e superior a 4 o bem-estar do animal está prejudicado.

Oliveira *et al.* (2018), ao avaliar o rebanho de 19 propriedades leiteiras no estado de Minas Gerais (MG) que adotam o sistema CB, constatou que a condição corpora dos animais eram satisfatórias, e que os animais apresentavam escore corporal no intervalo de 2,5 a 4,0, caracterizando que os animais estavam em situação de bem-estar.

### **3.6.2.3 Escore de sujidade**

Um dos mais importantes indicadores de bem-estar usado na produção leiteira é o escore de sujidade dos animais, por fornecer dados referentes às instalações a qual o animal está submetido (HULTGREN; BERGSTEN, 2001).

A avaliação de escore de sujidade é realizada pela observação de sujeiras aderida em pontos específicos do corpo do animal. Em geral são avaliados úbere, tetas, flanco, pernas e cauda (HUGHES, 2001). A classificação pode sofrer alteração dependendo do método usado, já que existem diversos sistemas de avaliação que podem ser adotados. O modelo proposto por Cook (2002), determina a pontuação num intervalo de 1 a 4, em que 1 representa que o animal não apresenta sujidade; 2 alguns respingos de sujeira; 3 placa de sujidade misturada com pelos, que ficam à mostra; e 4 placas densas de sujidade.

Em sistemas de CB, o estado de sujidade dos animais, revela a real situação que a cama se encontra, podendo ser usado como critério para a reposição ou indicador de manejo inadequado da cama. Os ambientes que proporcionam aos animais maior escore de sujidade tornam as vacas mais propensas a ter mastite (SCHREINER; RUEGG, 2003).

Oliveira *et al.* (2018) ao observar o escore de higiene de bovinos confinados no sistema CB, encontrou valores satisfatórios em todas as propriedades, tendo a menor média de 1,26 e a maior média de 2,14 de escore de higiene num total de 19 instalações avaliadas.

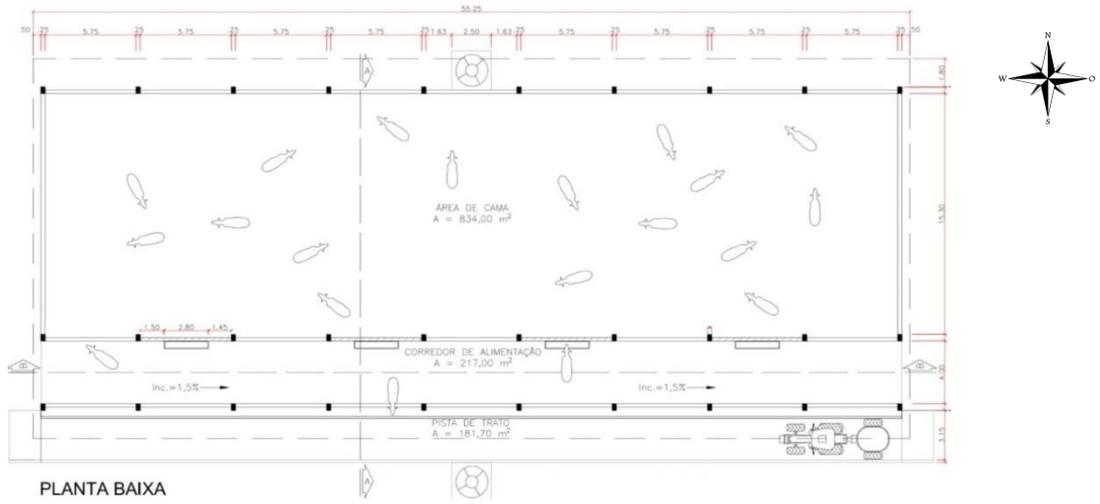
Já Pereira *et al.* (2017), ao avaliar o escore de sujidade de vacas no sistema CB, constatou que os valores eram insatisfatórios no verão quanto no inverno, atribuindo os valores às possíveis falhas de manejo da cama.

#### **4 Materiais e métodos**

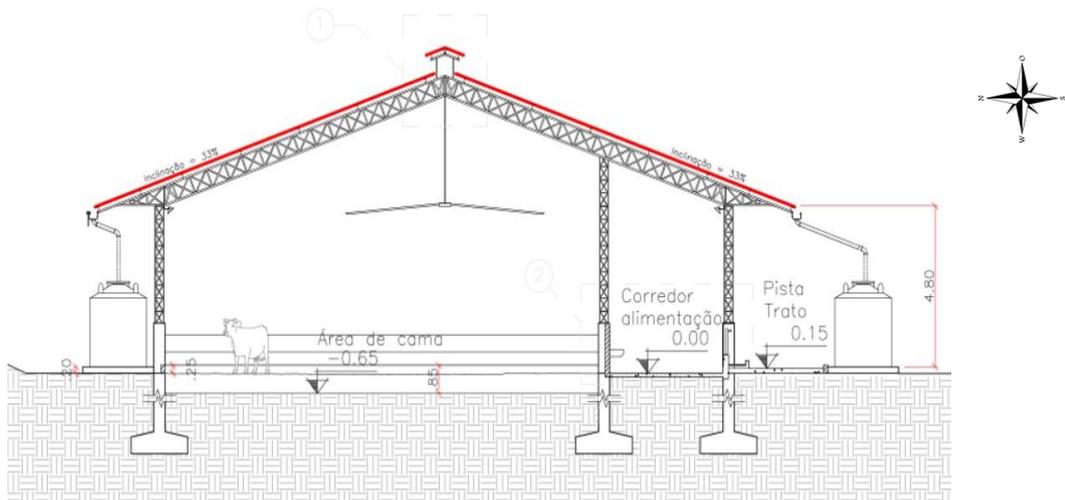
O presente trabalho foi desenvolvido em uma instalação Compost Barn (CB) no município de Itaguara (MG), localizada a 20°24'38.8"S e 44°36'53.0"W, com altitude de 810m. Os dados foram coletados durante o período de um ano (março de 2019 a março de 2020), seguindo uma rotina de visita mensal. A cada visita foram coletados dados referentes ao: i) ambiente térmico; ii) média de produção; iii) peso de todos os animais confinados; iv) dados reprodutivos; v) qualidade do leite; vi) escore de condição corporal, locomoção, sujidade; e vii) variáveis relacionada à cama (temperatura, amostras de cama).

##### **4.1 Caracterização da instalação**

A instalação CB avaliada apresentava dimensões totais de 23 x 56 m e área de cama de 15 x 56 m. O pé direito da instalação e beiral possuem 4,8 m e 2,0 m respectivamente. Na face voltada para o Sul da instalação se localiza o corredor de alimentação onde são encontrados os bebedouros e o cocho. A instalação possui quatro bebedouros e entre eles há cinco passagens que dão acesso aos animais a área de cama. O trajeto dos animais até a sala de espera da ordenha é feito no lado oposto ao corredor de alimentação, por três portões que dão acesso a um corredor que liga a sala de ordenha. Para a ventilação mecânica dentro da instalação é utilizado dois ventiladores de baixa rotação e alto volume (HVLS, BigFan®, diâmetro de 7,5 m, potência de 2,24 kW ou 3,00 cv e vazão de ar de 650.000 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>), que permanecem ligados 24 h por dia (Figura 1).



(a)



(b)



(c)

Figura 1: Desenhos esquemáticos da instalação CB avaliada: a) Planta baixa; b) Corte transversal e c) desenho tridimensional.

## 4.2 Manejo dos animais

### 4.2.1 Nutrição

As alimentações das vacas eram fornecidas duas vezes ao dia, às 06:00 horas e às 14:30 horas. Os animais tinham acesso livre ao cocho de alimentação e aos bebedouros. Os animais eram divididos em lotes conforme o estágio de produção. A dieta fornecida era calculada seguindo as normas do NRC (2001), de acordo com a produção dos animais (Tabela 1).

Tabela 1 – Ingredientes que compõem a dieta com a quantidade disponibilizada a cada lote e análise bromatológica da dieta total.

<b>Ingredientes</b>	<b>Lote 1 Kg/animal/dia</b>	<b>Lote 2 Kg/animal/dia</b>
<b>Silagem de milho (32,18%)</b>	35,00	35,00
<b>Fubá</b>	5,00	4,00
<b>Soja</b>	3,20	2,80
<b>Caroço de algodão</b>	2,50	1,00
<b>Mineral</b>	0,28	0,21
<b>Bicabornato</b>	0,10	0,10
<b>Uréia</b>	0,10	0,10
<b>Total (MN)</b>	46,20	43,20
<b>MS (%)</b>	45,41	42,31
<b>MS (kg)</b>	20,97	18,28
<b>PB</b>	16,24	15,67
<b>PDR</b>	10,94	10,69
<b>PNDR</b>	5,3	4,98
<b>FDN</b>	31,32	31,40
<b>NDT</b>	75,30	73,76
<b>ÓLEO</b>	4,93	4,0
<b>EE Insaturado</b>	4,09	3,5
<b>CINZAS</b>	5,73	5,67
<b>CNF</b>	41,79	43,26
<b>AMIDO</b>	31,68	32,66

#### 4.2.2 Manejo reprodutivo

A reprodução da fazenda era realizada utilizando os protocolos de inseminação artificial (IA). A detecção do cio das vacas acontecia periodicamente duas vezes ao dia, no amanhecer e ao entardecer, onde as vacas que eram observadas com características de possível cio o seu número era anotado e conferido na ficha de descrição dos animais. Para que a vaca fosse inseminada era conferido a data do último parto (> 45 dias), a última inseminação (18 a 24 dias) e o número de vezes que ale foi inseminada (<3), atendendo as condições a vaca era inseminada, caso contrário, o médico veterinário era comunicado. Vacas que apresentavam cio durante a manhã era inseminada no período mais fresco da tarde e vacas que apresentavam cio no entardecer eram inseminadas na manhã do dia seguinte.

As vacas em cio eram levadas até a plataforma da sala de ordenha e inseminada. Neste momento a vulva da vaca era higienizada, estimulada e observado o aspecto do muco uterino, caso houvesse presença de pus a vaca não era inseminada.

Os dados de inseminação individuais foram agrupados de acordo com os meses de estação fria (abril a setembro) e de estação quente (outubro a março).

#### 4.2.3 Ordenha

Durante o período de coleta de dados a ordenha acontecia duas vezes ao dia, sendo a primeira as 5:00 h e a segunda as 15:00 h com duração média de 1:40 h. Os animais ao saírem do CB eram alocados em uma sala de espera coberta com material de polipropileno com 80% de sombreamento. O modelo de ordenha é a do tipo Tandem, onde os animais ficam dispostos um frente ao outro e paralelos ao fosso em duas linhas de quatro animais. A ordenha mecânica utilizada é linha média com quatro conjuntos, a ordenha acontecia pela ordem de chegada dos animais (Figura 2).

A higienização do úbere acontecia com a utilização do pré-dipping com antisséptico a base de iodo e a remoção do produto com o auxílio de duas toalhas de papel descartáveis para cada teta, após a ordenha para uma melhor vedação dos tetos era utilizado o pós-dipping a base também de iodo. O teste do caneco de fundo preto acontecia em todos os tetos dos animais e em todos os dias para a detecção de possíveis casos de mastite, caso algum animal fosse diagnosticado positivo o animal não era ordenhando naquele momento, após todos os animais serem ordenhados acontecia o esgotamento daquele positivo e medicado.



(a)



(b)

Figura 2 – (A) sala de espera com cobertura de material de polipropileno com 80% de sombreamento; (B) sala de ordenha tipo Tandem.

### 4.3 Manejo da cama

O material utilizado como cama era a maravalha e a reposição ocorria conforme a percepção visual de que a cama estivesse com excesso de umidade. Desta forma, era adicionada uma camada de 5 a 10 cm de maravalha sobre a cama. A maravalha utilizada era adquirida de serrarias da região por um valor de R\$35,00/m<sup>3</sup> e não havia um estoque de reposição na propriedade. A nova cama era adicionada no momento que o material chegava, não tendo um manejo fixo de horário a ser feita a reposição (Figura 3).



Figura 3 – Reposição da cama com maravalha.

O revolvimento da cama acontecia duas vezes ao dia no momento em que os animais estavam sendo ordenhados, com duração média de trinta minutos. Para o processo de revolvimento da cama, durante os dois primeiros meses de implantação do sistema, foi utilizado uma grade de disco e logo depois, adquirido pelos proprietários um implemento híbrido (escarificador e enxada rotativa). O implemento era acoplado no trator Massey Ferguson modelo 255® com potência de motor de 50 CV com torque máximo 167 Nm (Figura 4).



(a)



(b)

Figura 4 – (A) Trator utilizado para o revolvimento da cama; (B) implemento escarificador usado para o revolvimento da cama.

#### 4.4 Parâmetros avaliados

Foi determinado durante a primeira visita na propriedade uma malha regular de seis pontos, em que serviram como referência para todas as coletas referentes à cama. As amostras da cama eram coletadas com o auxílio de uma cavadeira articulada, e armazenadas em um recipiente vedado e identificado (Figura 5). Foram coletadas amostras da cama em duas profundidades, nas camadas superficiais e a 20 cm. Nestas mesmas profundidades foram aferidas as temperaturas da cama com o auxílio de um termômetro de vareta e de infravermelho (Figura 6).



Figura 5 - Amostra da cama armazenada em um recipiente.



(a)



(b)

Figura 6 - (A) sensor de temperatura tipo vareta; (B) sensor de temperatura superficial infravermelho.

Os dados meteorológicos (temperatura e umidade relativa do ar) foram coletados a cada dez min durante todo o ano de visitas, para tais variáveis foram utilizados sete sensores/registradores, sendo 5 alocados no interior da instalação alojados em um recipiente em que protegiam os sensores de possíveis interferências dos animais e um do lado externo em um abrigo para protegê-lo das oscilações climáticas (Figura 7).



(a)



(b)

Figura 7 - (A) sensor registrador de temperatura e umidade do lado externo da instalação; (B) sensor registrador de temperatura e umidade do lado interno da instalação.

#### 4.4.1 Ambiência para bovinos leiteiros

##### 4.4.1.1 Elementos meteorológico

Os sensores utilizados para o registro da temperatura do ar e umidade relativa foi o Datalogger de Temperatura e Umidade (Instrutherm®, modelo HT-500, precisão

para temperatura do ar de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , faixa de medição de  $-40$  e  $70^{\circ}\text{C}$ ; umidade relativa com precisão de  $\pm 3\%$  e faixa de medição de  $0$  a  $100\%$ ), previamente programado para registrar os dados a cada 10 minutos (Figura 8) a altura de 1,7 m da cama em um recipiente no qual os animais não tinham acesso (Figura 7B), do lado externo foi montado um abrigo para acomodar outro sensor (Figura 7A). A cada visita os equipamentos eram descarregados em um computador portátil e reprogramados para até a próxima visita. Posteriormente, com os dados de temperatura e umidade relativa do ar, foi calculado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) utilizando a equação proposta por Azevedo, 2009. A escolha da equação de ITU, se deu pelo fato das variáveis ofertadas pelos equipamentos Datalogger.



Figura 8 - Sensor de temperatura e umidade do ar (Data Logger HT-500).

#### 4.4.1.2 Produtividade

O rebanho da propriedade era composto por vacas com grau de sangue 7/8 Girolando. A instalação recebeu o seu primeiro lote de animais no mês de fevereiro do ano de 2019, e com isto, foi possível acompanhar a evolução da produtividade do rebanho, que anteriormente eram manejados no sistema extensivo e passaram a ser confinadas (Figura 9).



(A)



(B)

Figura 9 - (A) Animais no sistema extensivo na estação verão; (B) Animais confinados no CB

#### 4.4.1.3 Peso

O peso dos animais foi determinado por meio do uso de uma fita em que era medido o perímetro torácico. A fita usada era própria para o uso de medidas de pesagem de animais de grande porte, e que cada centímetro da fita correspondia a 2,8 kg do peso vivo do animal. Segundo Silva *et al.* (2006), a medida torácica apresenta alta correlação com o peso vivo do animal, sendo assim de escolha para a estimativa de seu peso (Figura 10). O peso dos animais foi tomado a partir da terceira visita, passando a ser acompanhado a partir de então. O peso dos animais era medido após a ordenha, enquanto ainda estavam fechados na plataforma da sala de ordenha, era medido a região torácica das vacas e determinado o peso, os dados eram anotados em uma caderneta de campo e depois transferido para uma planilha de Excel.



Figura 10 - Fita de medir o peso de bovinos leiteiros de diferentes portes.

#### 4.4.1.4 Escore de locomoção

O escore de locomoção foi avaliado seguindo a metodologia proposta por Sprecher (1997). Por meio deste método, os avaliadores pontuaram os animais por observação direta das vacas paradas e em movimento observando a linha do dorso e apoio da pata ao chão, utilizando uma escala de pontuação de 1 a 5 com subunidades de 0,5 pontos. O animal que recebia a pontuação 1 apresentava a locomoção normal e 5 claudicação grave conforme o esquema representado na figura 11.

Todas as avaliações foram realizadas por dois avaliadores capacitados e posteriormente feita a média das pontuações. As avaliações aconteciam em todas as visitas de coleta de dados, no momento em que os animais estavam na sala de espera a caminho para a sala de ordenha.

Escore	Descrição	Animal parado	Animal caminhando
1	A linha do dorso permanece reta em qualquer posição. Todas as patas são apoiadas firmemente ao chão	 Linha do dorso reta	 Linha do dorso reta
2	A linha do dorso fica levemente arqueada quando o animal caminha. O apoio ao chão é anormal.	 Linha do dorso reta	 Linha do dorso arqueada
3	A linha do dorso fica arqueada em qualquer posição. Os passos são mais curtos com uma das patas.	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada
4	Alinha do dorso fica sempre arqueada. Proteção de uma ou mais patas, apoiando pouco peso sobre elas.	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada
5	A linha do dorso fica sempre arqueada. Praticamente existe recusa do animal para apoiar-se sobre uma das patas.	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada

Figura 11. Quadro de avaliação para o escore de locomoção de vacas leiteiras. Fonte: SPRECHER (1997)

#### 4.4.1.5 Escore de condição corporal

Para a obtenção da pontuação do escore de condição corporal (ECC), seguiu-se a metodologia descrita por Edmonson *et al.* (1989) utilizando o esquema ilustrado na figura 12. Por observações visuais foram avaliados a quantidade de tecido adiposo e a musculatura que recobriam as costelas, processos transversos das vértebras lombares, extremidades do ílio, ísquio e inserção da calda. As observações foram realizadas por dois avaliadores previamente treinados, dando uma pontuação na escala de 1 a 5 com subunidades de 0,25 para cada animal, considerando 1 uma vaca muito magra e 5 muito obesa, após as observações era feito a média das avaliações. As observações foram

realizadas no momento em que os animais estavam parados na plataforma de ordenha e anotados em uma caderneta de campo e posteriormente tabuladas no Excel.

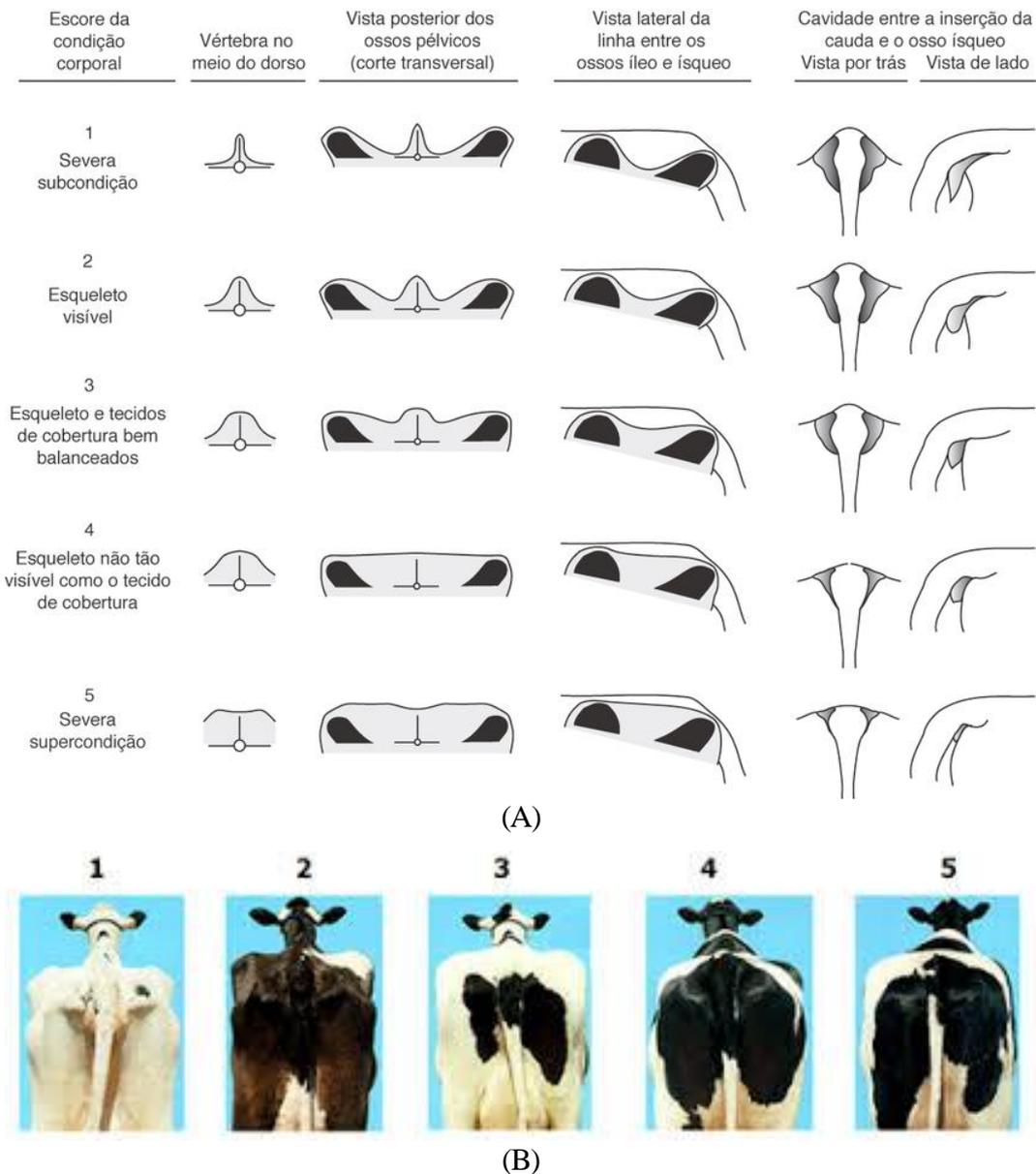


Figura 22. (A) Quadro de pontuação de condição corporal para vacas leiteiras e (B) Modelo de comparação para avaliação do escore corporal. Fonte: adaptado EDMONSON (1989); MARTINEZ (2010).

#### 4.4.1.6 Escore de sujidade

O escore de sujidade seguiu a metodologia proposta por Cook (2007), que tem como proposito observar placas de sujeira aderidas no úbere, flanco e parte superior da perna (Figura 13). As avaliações foram realizadas por dois observadores e depois de

dada a pontuação foi realizada a média de cada animal. Utilizou-se uma escala de 1 a 4 graduada em a cada 0,5 pontos, em que, o número 1 que corresponde a ausência de sujeira aderida nas partes observadas e 4 representando acúmulo excessiva de placas de barro.

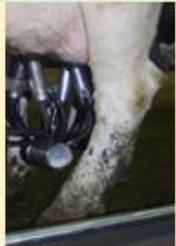
<b>Escore</b>	<b>Perna</b>	<b>Úbere</b>	<b>Flanco e parte superior da perna</b>
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			
<b>4</b>			

Figura 33. Quadro de pontuação e comparação para o escore de higiene em vacas leiteiras. (Fonte: adaptado Cook, 2007).

## 4.4.2 Caracterização do material da cama

### 4.4.2.1 Temperatura

Foram aferidas as temperaturas superficiais (TS) e a 20 cm (T20) de profundidade da cama durante todo período de coleta em seis pontos equidistantes e demarcados na primeira visita na instalação. Para a TS da cama foi utilizado o termômetro digital infravermelho com mira a laser (Incoterm®, modelo ST-500, faixa de medição de -30°C a 260°C e resolução de 0,1°C) (Figura 14A), e para a T20 foi utilizado um termômetro digital de vareta (Tp101, faixa de medição -50 a 300°C e resolução de  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ) (Figura 14B). As temperaturas aferidas a campo foram anotadas em uma caderneta e posteriormente transferidas para uma planilha de dados no Excel com as devidas identificações.



(A)



(B)

Figura 14 - (A) Temperatura superficial da cama; (B) Temperatura a 20 cm da cama.

### 4.4.2.2 Umidade e pH

As amostras de cama coletados, eram levadas até o laboratório de resíduos do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG – UFLA) onde foram realizadas as análises de umidade e pH.

Para determinar o teor de umidade, foi pesada uma amostra de 10 g da superfície e a 20 cm de profundidade da cama em uma balança analítica com capacidade de 120 g e precisão de 0,0001g em um cadinho, onde foram devidamente identificados e levados à estufa a 105°C por um período de 24 h. Após este período as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em um dessecador e deixadas em repouso por um período de 30 min para que a temperatura das amostras atingissem a do ambiente, em seguida era pesado a massa seca e determinado o teor de umidade pela equação 2.1 (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

$$U_{cama} = \frac{(M_u - M_s).100}{M_s} \quad (2.1)$$

Onde:  $M_u$  é a massa de material úmido (g);  $M_s$  é a massa de material seco (g) após passar pela estufa a 105°C por 24h;  $U_{cama}$  é a umidade da cama em porcentagem.

As análises de pH foram realizadas no mesmo dia em que as análises de teor de umidade da cama para garantir a confiabilidade dos dados. Para as análises de pH, foram utilizados 10 g de amostras de cada ponto e profundidade da cama e emergida em 25 mL de água destilada. Por um período de 3 a 5 minutos as amostras foram agitadas e depois deixadas em repouso por 30 minutos, após foi realizado a medida de pH (ZHAO *et al.*, 2012). Para tal medida foi utilizado o pHmêtro digital de bancada Even® PHS-3E, com intervalo de medição de pH entre 0 e 14, temperatura de operação entre 0 e 100°C, e exatidão de  $\pm 0,01$ , no qual era devidamente equilibrado antes da realização das medidas.

#### 4.4.2.3 Incremento mineral

A cada visita era coletado uma amostra homogênea representativa da cama e enviada para um laboratório de solos situado no município de Viçosa – MG. A análise dos teores totais foi determinada por meio de extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico). Para os valores de N, seguiu o Método do Kjeldahl que tem a finalidade de determinar a matéria nitrogenada total, com base do deslocamento do nitrogênio presente na amostra transformando-o em sal amoniacal por meio de ácido sulfúrico ( $H_2SO_2$ ). Com a ação do ácido bórico sobre o sal, desloca-se o amônio por meio de titulação. A quantidade consumida de  $H_2SO_4$  pela destilação multiplicada por 0,0014 estima-se a quantidade de N presente na amostra.

Para determinar o teor de Carbono Orgânico (CO), adotou-se o método Walkley – Black. É um método simples que usa a combustão por meio de agentes oxidantes como o dicromato para quantificar a matéria orgânica oxidável. Após as análises o laboratório nos encaminhava via e-mail os resultados.

#### 4.4.3 Análise estatística

As correlações entre as variáveis umidade da cama com o escore de higiene e temperatura foram avaliadas com base no coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) pelo produto de momentos (Pearson, 1895), utilizando as matrizes de correlação como coeficiente de correlação de Spearman  $\rho$ .

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) determina a relação entre duas variáveis quantitativas e exprime o grau de correlação através de valores entre -1 e 1. Quando os valores se aproximam de 1, há uma correlação entre as variáveis positiva, ou seja, quando uma variável aumenta a outra também aumenta, e quando os valores se aproximam de -1, a correlação entre as variáveis é negativa, quando uma diminui outra aumenta, sendo inversas. Quanto mais próximo aos valores de -1 e 1, mais forte é a correlação entre as variáveis, e quanto mais próxima a 0 mais fraca é a mesma.

Para o efeito do mês da inseminação sobre o número de inseminações por prenhez foi utilizado a modelagem da regressão logística. Este modelo estatístico se adequa em situações em que se deseja analisar situações envolvendo a relação de um conjunto de variáveis a uma variável dicotômica, ou seja, é utilizada para previsão probabilística da ocorrência de um evento binário. São binários os eventos que podem assumir apenas dois resultados, ou seja, 0 (fracasso) e 1 (sucesso).

Este modelo faz uso do método de estimadores da máxima verossimilhança com o intuito de se obter estimadores de valores para distintos parâmetros objetivando a maximização da probabilidade. De suas vantagens podemos destacar: a facilidade para lidar com variáveis independentes, a facilidade na classificação de indivíduos em categorias e o não requerimento de um alto número de suposições, além ainda de possuir uma alta confiabilidade.

Adotou-se o delineamento fatorial triplo para verificar se existe diferença significativa de cada variável (umidade da cama, PH e temperatura da cama) com relação aos fatores estação (verão, outono, inverno e primavera), profundidade (superfície e a 20 cm) e local (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) e entre o índice de temperatura e umidade (ITU) com os períodos de manhã, tarde, noite e madrugada ao longo das estações do ano. Os dias foram devidos em quatro períodos com o mesmo número de horas, sendo a manhã compreendida entre as 06:00 – 11:59, tarde o período de 12:00 – 17:59h, a noite como 18:00 – 23:59h e a madrugada entre 00:00 – 5:59h.

Um experimento é denominado fatorial quando cada tratamento combina simultaneamente níveis de dois ou mais fatores. Os valores qualitativos ou quantitativos que compõem cada fator são chamados níveis do fator e as combinações entre os níveis dos fatores formam os tratamentos do experimento fatorial BARBIN (2003), GOMES (2000) e STORCK *et al.* (2006). Em experimentos fatoriais pode-se, por meio dos efeitos das interações, verificar se um fator é independente ou dependente do(s) outro(s). Se uma interação for não significativa evidência que os fatores são independentes, ou seja, o comportamento de um fator independe da variação (ausência ou presença) de outro fator. Nesse caso as conclusões em separado para os fatores são válidas.

Foi aplicado o teste Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Posteriormente, os dados foram submetidos à ANOVA e quando o “F” foi significativo aplicou-se o teste de Tukey para comparar as médias.

Adotou-se o nível de 5% de probabilidade para os testes mencionados. Os resultados foram interpretados estatisticamente utilizando-se o software estatístico R CoreTeam (2019).

## **5 Resultados e discussão**

### **5.1 Avaliação do conforto térmico ambiental**

No geral, observa-se pela figura 15, que durante os períodos mais frios do ano (meses 3, 4 e 5) os valores de temperatura do ar interna (T<sub>bs int</sub>) apresentaram dentro da faixa de conforto térmico (5 a 25 °C) conforme estabelecido por Roenfeldt (1998). Por outro lado, durante os períodos quentes do ano (meses 10, 11 e 12) os valores de T<sub>bs int</sub> situaram acima do LCS. Pillati (2017) avaliando a t<sub>bs</sub> de instalação CB durante estações quentes e frias, também observou que a t<sub>bs</sub> excedeu a faixa de temperatura ideal para vacas leiteiras durante o período crítico, nas estações quentes, apresentando valores superiores a 26°C. Por outro lado, no inverno os valores se mantiveram dentro da zona de conforto.

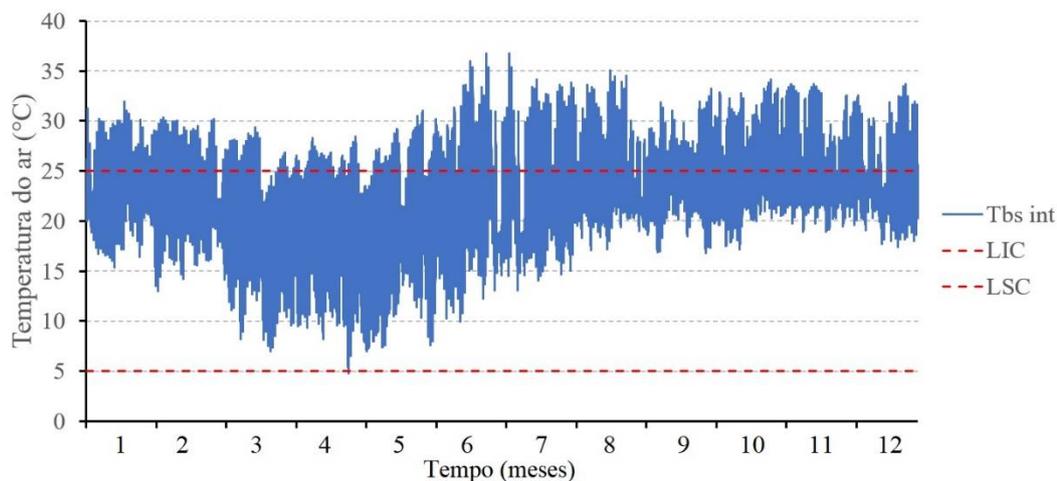


Figura 15 - Variação das variáveis ambientais interna ao sistema Compost Barn avaliado durante o primeiro ano de alojamento dos animais: temperatura do ar. Legenda: Tbs int é a temperatura do ar interna; UR int é a umidade relativa do ar interna; ITU int é o índice de temperatura do ar e umidade relativa interno; LIC é o limite inferior de conforto; e LSC é o limite superior de conforto.

No caso da UR, os valores apresentaram acima do LCS (70%), conforme mencionado por Dalcin (2013), em grande parte do período avaliado (Figura 16). Nos períodos mais secos (meses 5, 6 e 7) os valores de UR int manteve-se abaixo do LIC. Em estudo realizado por Pereira (2017) que avaliaram o ambiente térmico de sistema CB localizado em Itamonte (MG), o autor também observou valores mais elevados de UR durante os períodos de clima quente, os quais foram superiores ao recomendado pela literatura. De acordo com Damasceno (2020), em sistema CB elevados valores de UR podem dificultar o manejo da cama.

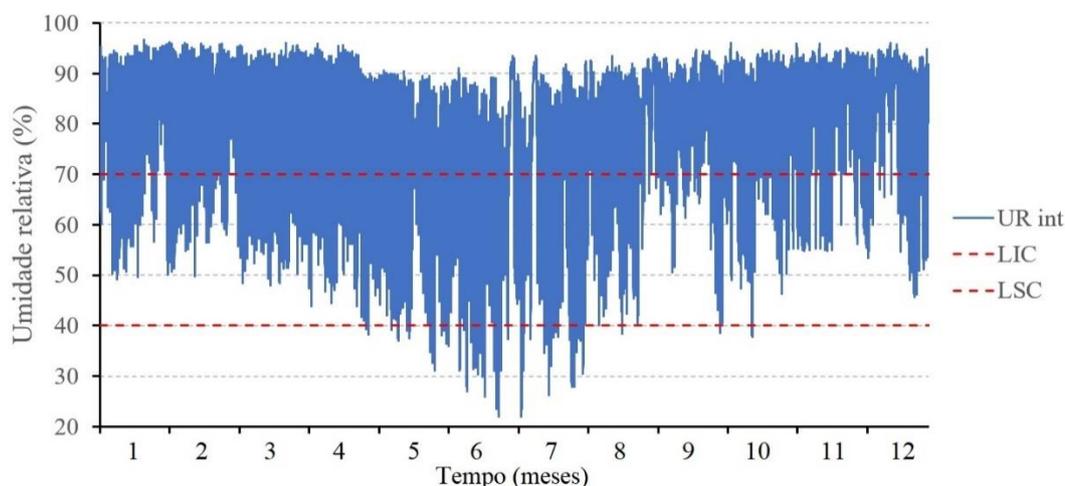


Figura 16 - Variação das variáveis ambientais interna ao sistema Compost Barn avaliado durante o primeiro ano de alojamento dos animais: umidade relativa. Legenda: Tbs int é a temperatura do ar interna; UR int é a umidade relativa do ar interna; ITU int é o índice de temperatura do ar e umidade relativa interno; LIC é o limite inferior de conforto; e LSC é o limite superior de conforto.

A maior parte do tempo, o ITU interno apresentou valores superiores àqueles considerados adequados, que é de 68 (Rosenberg *et al.*, 1983), à criação de vacas leiteiras (Figura 17), demonstrando que nos horários mais quentes do dia, as características arquitetônicas da instalação CB avaliada e o sistema de ventilação adotado não foram suficientes para reduzir os valores de ITU. Diante disto, para se reduzir estes altos valores de ITU, seria interessante fazer algumas melhorias na instalação CB, como utilizar materiais de cobertura com alto poder reflexivo, grande inércia térmica, bom isolamento e, adequando a isso, outros artifícios de construção que possam contribuir para o melhor conforto térmico dos animais. Oliveira *et al.* (2017) ao avaliarem o ITU em instalações CB, possuindo em seu interior ventiladores HVLS, também observaram valores elevados ( $ITU \geq 74$ ), estando acima dos níveis recomendados pela literatura. Tais condições também foram verificadas por Lobeck *et al.* (2012) nas instalações tipo CB localizadas em Minnesota e Dakota do Sul, EUA, os autores obtiveram resultados de ITU superiores a 72, o que indicou que os bovinos de leite estavam passando por algum estresse térmico.

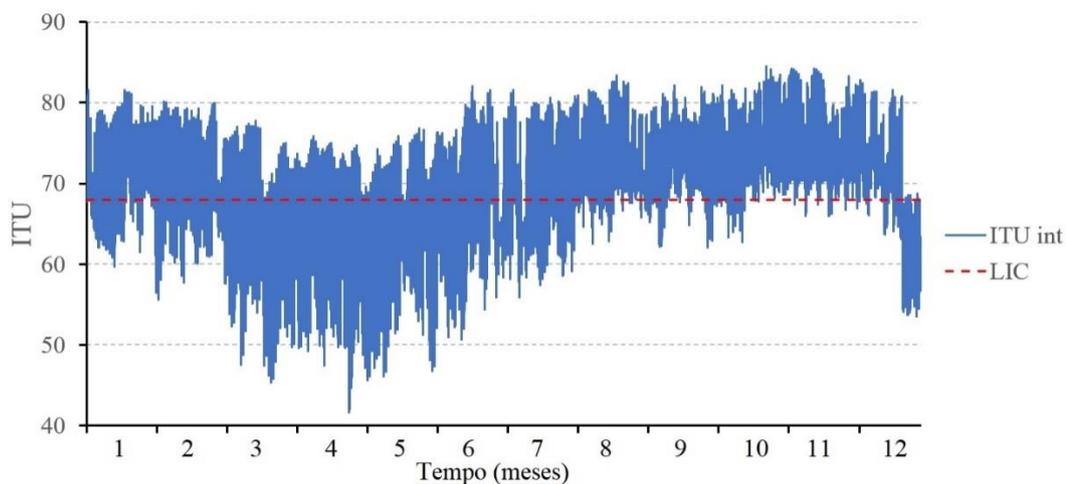
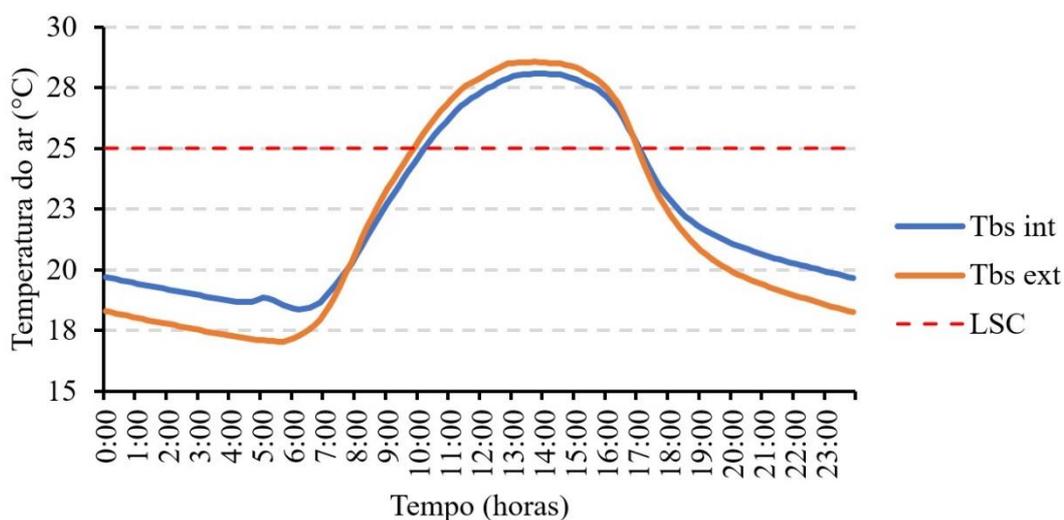
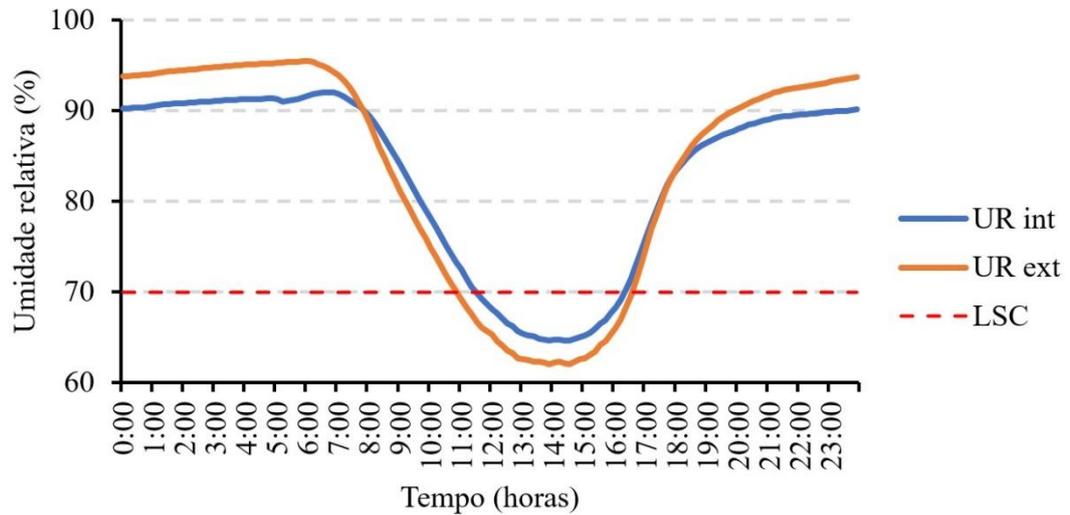


Figura 17 - Variação das variáveis ambientais interna ao sistema Compost Barn avaliado durante o primeiro ano de alojamento dos animais: ) índice de temperatura do ar e umidade relativa. Legenda: Tbs int é a temperatura do ar interna; UR int é a umidade relativa do ar interna; ITU int é o índice de temperatura do ar e umidade relativa interno; LIC é o limite inferior de conforto; e LSC é o limite superior de conforto.

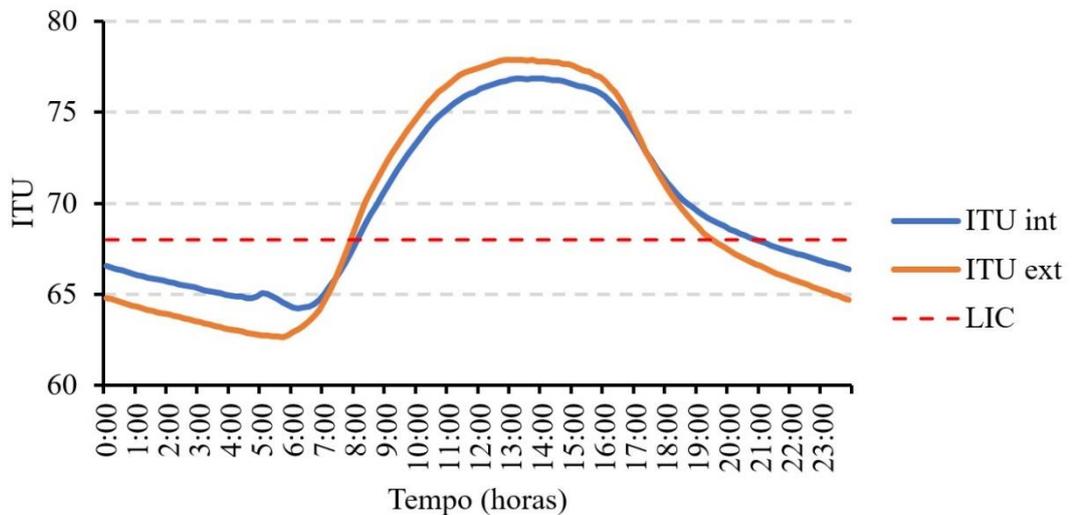
A figura 18 ilustra os comportamentos das Tbs e UR médias interna e externa em função do horário do dia, e os limites superior de conforto térmico (LSC) de 25°C (Roefeldt, 1998) e 70% (Dalcin, 2013) e 68 (Rosenberg *et al.*, 1983), respectivamente.



(a)



(b)



(c)

Figura 18 - Variação média das variáveis ambientais interna ao sistema Compost Barn avaliado durante o primeiro ano de alojamento dos animais: a) temperatura do ar; b) umidade relativa; c) índice de temperatura do ar e umidade relativa. Legenda: Tbs int é a temperatura do ar interna; Tbs ext é a temperatura do ar externa; UR int é a umidade relativa do ar interna; UR ext é a umidade relativa do ar externa; ITU int é o índice de temperatura do ar e umidade relativa interno; ITU ext é o índice de temperatura do ar e umidade relativa externo; e LSC é o limite superior de conforto.

Pela figura 18a pode-se observar que a temperatura do ar interna (Tbs int) manteve-se acima do LSC nas horas mais quente do dia (10:00 as 17:00h). Por outro

lado, a umidade relativa interna (UR int) mante-se dentro da faixa de LCI apenas nas horas mais quentes do dia (Figura 16b), período crítico para a criação de vacas leiteiras em termos de desconforto térmico por calor.

Na figura 18c, pode-se observar, os valores médios de ITU interna estão acima dos limites recomendados, durante o período o período mais quente do dia. Este fato, provavelmente ocorreu devido aos altos valores de Tbs int e aos altos valores de UR int da instalação CB, contribuindo desta forma, para que este índice de conforto assumisse tal comportamento. Os valores médios de ITU no interior e exterior da instalação CB foram 69,9 e 76,9, respectivamente, nas horas mais quentes do dia. A atenuação do ITU interno a instalação CB em relação ao externo, nos horários mais quentes do dia, foi 9,2%.

Conforme pode ser observado pela Tabela 2, no teste de correlação, houve interação significativa ( $P < 0,5$ ) entre os fatores estação e período para o índice de temperatura e umidade (ITU), ou seja, a estação do ano interfere no ITU ao longo dos períodos do dia. O fator local não apresentou diferença significativa ( $P > 0,5$ ). Após realizado o teste F para as estações e nos períodos do dia em que foram tomadas as medias, temos o seguinte cenário para o testes de comparações múltiplas:

Tabela 2 - Interação dos valores médios de ITU com períodos do dia e as estações do ano.

		Períodos			
		Madrugada	Manhã	Tarde	Noite
Estações	Outono	70 A c	73 A b	77 A a	72 A b
	Verão	69 A c	73 A b	76 A a	73 A b
	Primavera	59 B c	68 B b	76 A a	66 B b
	Inverno	55 C d	61 C b	70 B a	59 C c
CV (%)		3,62			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De forma geral, observa-se que houve diferença significativa para o ITU entre os diferentes períodos do dia, para cada estação avaliada. Os maiores valores médios de ITU foram observados durante o período da tarde, não diferindo entre si nas estações primavera, verão e outono, e superando o valor médio observado no inverno.

Com as médias do ITU, pode-se constatar que existem períodos que os animais passaram por certo grau de estresse térmico ( $ITU > 68$ ). Durante a madrugada das estações primavera e inverno, os animais estavam em condição de conforto térmico, na estação de verão e outono em situação de leve estresse térmico. No período da manhã, os animais na estação de primavera e verão apontavam condição de conforto térmico, enquanto nas estações outono e inverno os índices indicaram que os animais estavam sofrendo de estresse ameno.

O período da tarde foi o mais crítico quando comparado aos demais períodos do dia, em todas as estações os animais estavam sob algum grau de estresse térmico, sendo as estações outono, primavera e verão com os maiores índices, nessas estações o ITU aponta que os animais estavam sobre estresse ameno, enquanto que no inverno os animais estavam em condição de leve estresse térmico. No período da noite, os animais nas estações primavera e inverno estavam sobre condição de conforto térmico, e nas estações outono e verão os animais estavam em situação de estresse térmico leve e ameno, respectivamente.

## **5.2 Produção do leite**

O primeiro lote de animais alojados na instalação CB em fevereiro de 2019 era composto por 51 vacas e foram divididas em 2 lotes, com média geral de produção de 18,4 L/cabeça. No mês de março de 2020, a instalação CB estava com a sua lotação máxima (70 animais) e dividida em 2 lotes de vacas em lactação e um lote de vacas no pré-parto. No último mês de avaliação, o lote em lactação apresentava média de produção de 22 L/cabeça, sendo que a média do lote 1 era 25,5 L/cabeça e do lote 2, 19,0 L/cabeça (Figura 19). Com base nos resultados, observa-se que o incremento de produção total correspondeu a 48%, representando um acréscimo na média por animal de 23,3%.

Para mostrar a tendência de comportamento da produção de leite dos animais em função do tempo, foi ajustada a equação de regressão. Deve-se ressaltar que a equação de produção animal em função do tempo foram usadas apenas para ilustrar a tendência de comportamento desta variável ao longo do dia, tendo em vista que a sua variação depende de outras variáveis, tais como composição da dieta, bem-estar, idade, raça, manejo, dentre outros fatores. A equação ajustada apresentou  $R^2$  de 0,826, sendo que, os coeficientes linear e angular são significativos (teste t,  $P < 0,05$ ). O valor médio

de produção de leite foi de 1291,5 kg/mês, resultando em um desvio absoluto médio de 154,6 e erro médio absoluto de 43,5.

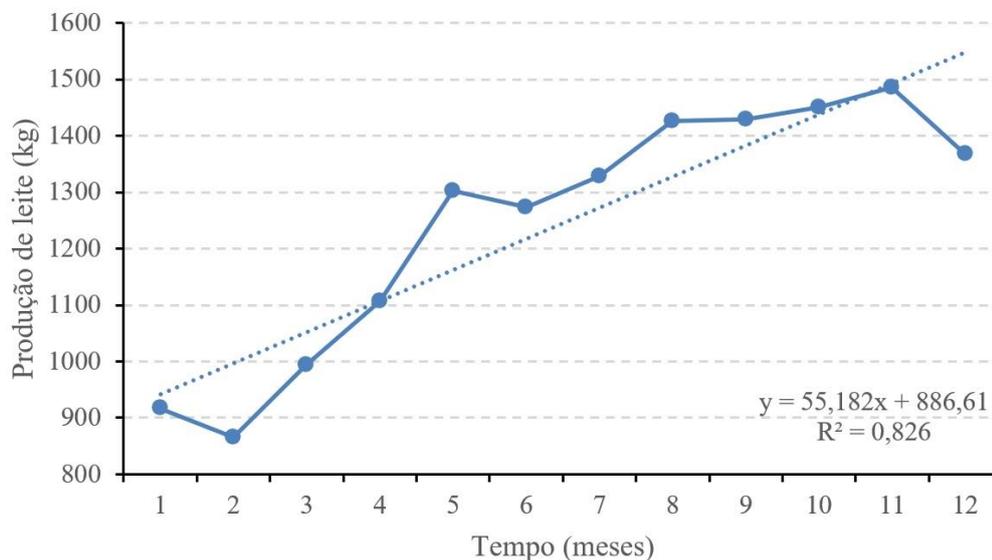


Figura 19 - Evolução de produção de leite de vacas leiteiras alojadas em instalação Compost Barn (CB) durante o primeiro ano de funcionamento do sistema.

A diminuição da produção de leite de vaca sob estresse térmico advindo de elevadas temperaturas, deve-se pela diminuição do consumo de alimentos, com isto ocorre a hipofunção da tireoide e a energia despendida para eliminar o excesso de calor corporal (BACCARI JUNIOR, 2001). O estresse térmico pode resultar em um decréscimo de 17% na produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e de 22% em vacas de 40 kg de leite dia (PINARELLI, 2003).

Silva (2018) atribui o aumento da produtividade de vacas quando confinadas no sistema CB ao ambiente a qual os animais estão alojados. Ao analisar a produção de um rebanho vindo do sistema extensivo, pode constatar um acréscimo de 5L/cabeça a partir do momento que os animais passaram a serem confinados em uma instalação CB, média similar a este trabalho.

Em relação ao peso dos animais, o sistema CB avaliado permitiu um aumento de 7,2%, devido principalmente pelas melhores condições de conforto térmico e melhoria na dieta fornecida aos animais (Figura 20). Segundo Texeira et al., (2013) ao avaliar a produção de vacas mestiças Holandês x Gir no sistema extensivo, constatou peso vivo médio de 530 Kg com potencial para produção de 4200kg/lactação. A divergência de peso médio dos trabalhos citados, pode ser compreendidos pelo fato do sistema CB proporcionar um melhor manejo ao longo do ano da dieta dos animais.

Similarmente a análise feita para produção de leite, ajustou-se equação empírica para o peso dos animais em função do tempo apenas para ilustrar os comportamentos destas variáveis ao longo do dia para as condições experimentais estudadas. A equação ajustada apresentou  $R^2$  de 0,801 e os coeficientes linear e angular foram significativos (teste t,  $P < 0,05$ ).

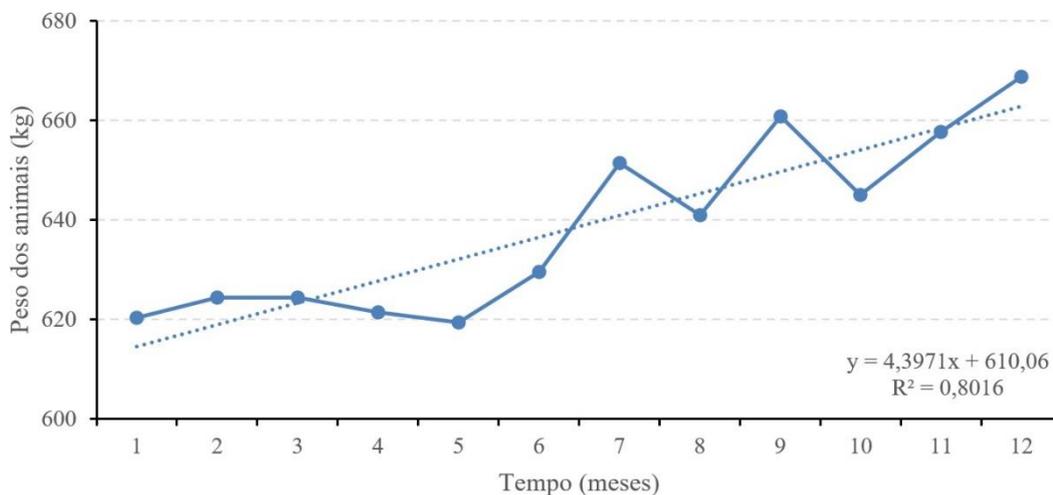


Figura 20 - Evolução do peso de vacas leiteiras alojadas em instalação Compost Barn (CB) durante o primeiro ano de funcionamento do sistema.

O fator climático é uma variável que exerce forte influência no peso dos animais e na produção de leite, e isto ocorre, principalmente, pelo fato de que vacas de raças de origens europeias, que possuem maior aptidão leiteira, serem mais susceptíveis ao estresse por calor, fator que pode ser limitante para que alcancem seu máximo potencial produtivo.

Pela figura 21 pode-se observar que não houve correlação significativa entre o ITU com a produção do leite, porém, apresentaram uma correlação fraca negativa ( $r = -0,19$ ). Dessa forma, quanto maior for o ITU menor será a produção de leite, evidenciando a influência que o ambiente pode exercer sobre a produção de leite. Silva (2018) encontrou resultados semelhantes a este trabalho, em que atribui o aumento na produtividade média de leite a melhoria do ambiente que o sistema CB proporciona aos animais.

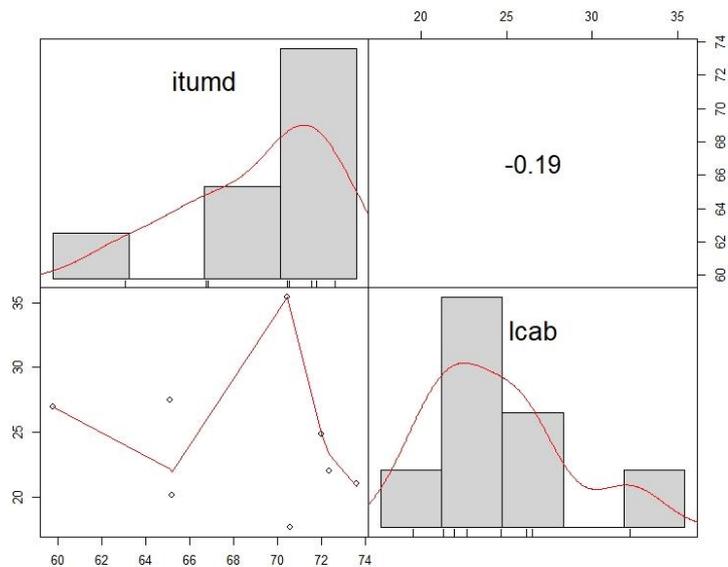


Figura 21 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis ITU com a produção do leite (nível de significância 5%).

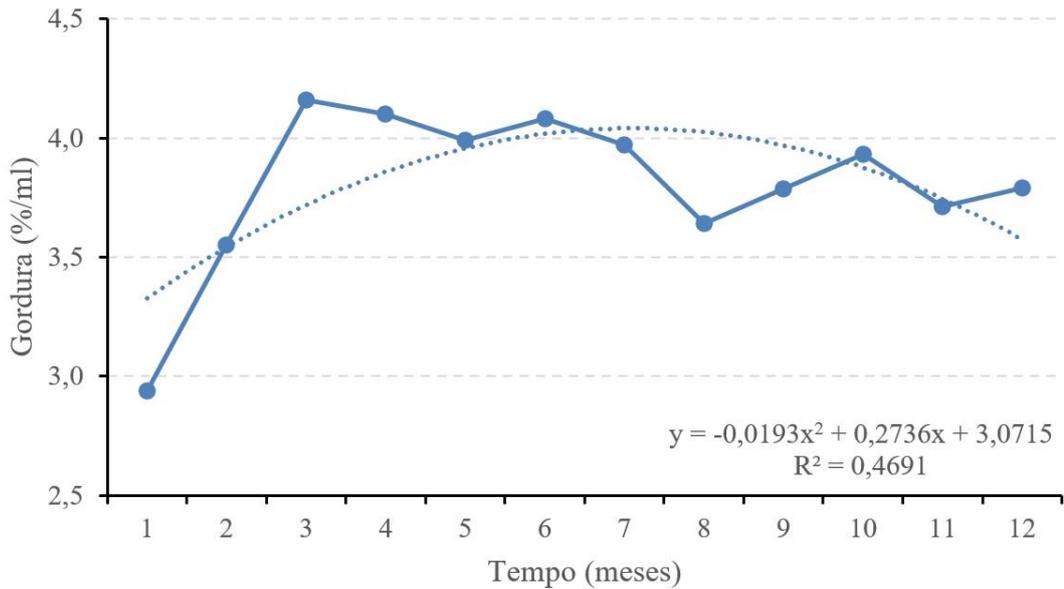
### 5.3 Avaliação da qualidade do leite

A figura 22 ilustra a variação média das variáveis referente a qualidade do leite. Conforme pode ser observado, o alojamento das vacas na instalação CB influenciou positivamente nos índices de gordura, proteína, CCS e CBT presentes na composição do leite avaliado. Este fato pode ser explicado devido melhorias das condições sanitárias e manejo do rebanho.

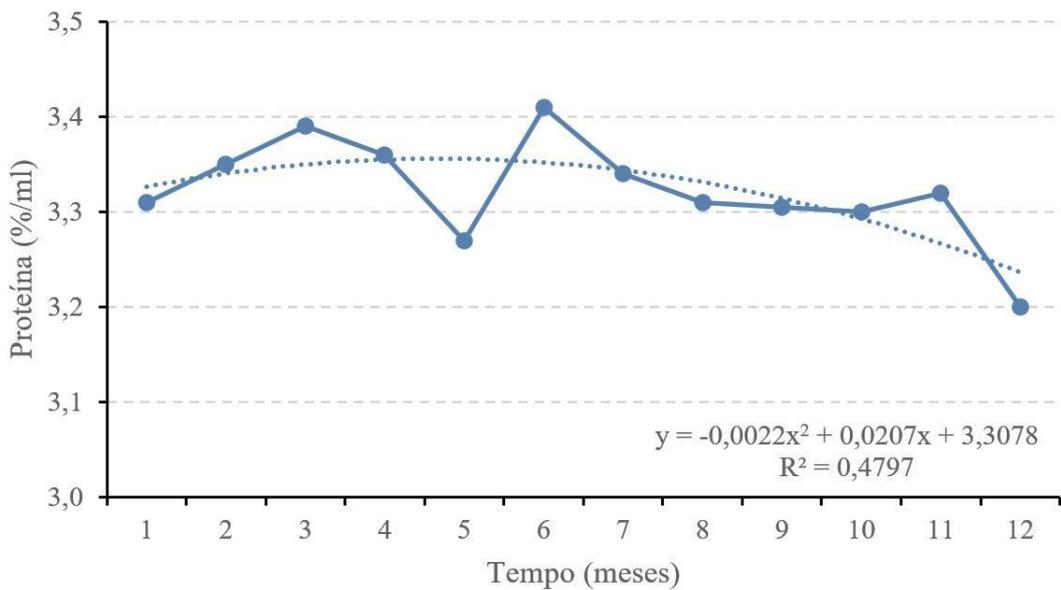
Os valores médios encontrados para os teores de gordura e proteínas foram 3,81 e 3,32%/ml de leite, respectivamente (Figura 22a e 22b). No caso da CCS e CBT, os valores médios encontrados foram 276 mil cel./ml e 7,2 ufc/ml, respectivamente. Assim, durante período avaliado, observou uma redução de 30% da CCS e de 60% CBT (Figura 22c e 22d). Os requisitos físico-químicos estabelecidos pela IN-76 em vigor para o leite cru refrigerado são de no mínimo 3,0g/100g para gordura e 2,9g/100g para proteína. Já os níveis de CCS e CBT exigidos para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste são de no máximo  $3,0 \times 10^5$  UFC/mL para CBT e de  $5,0 \times 10^5$  células/mL de leite para CCS, sendo que durante o período de coleta, os valores referentes a qualidade do leite estiveram dentro dos parâmetros permitidos pela legislação (BRASIL, 2018).

Para mostrar a tendência de comportamento dos teores de gordura e proteína, CCS e CBT do leite, em função do período avaliado, foram ajustadas as equações de

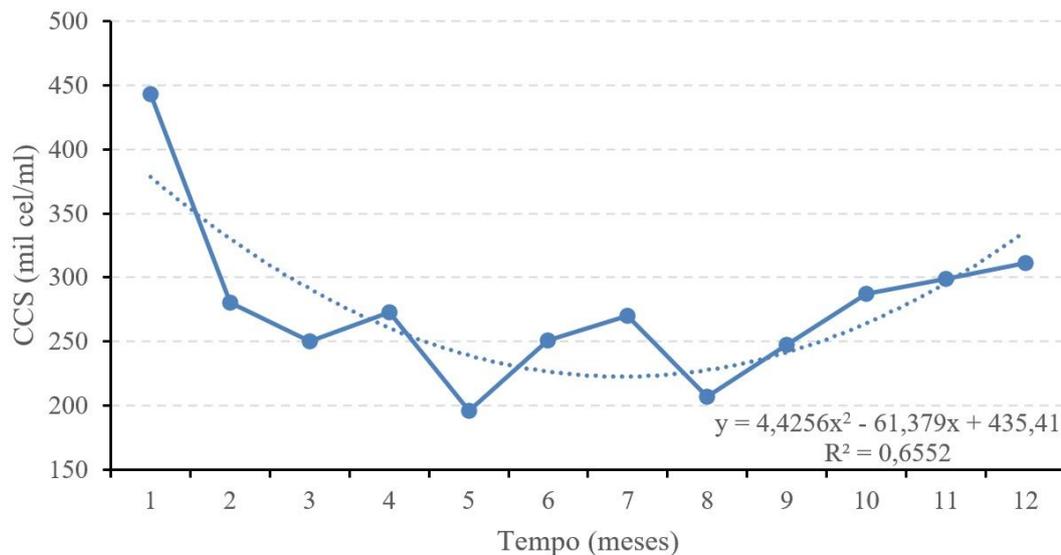
regressão. Deve-se ressaltar que as equações destas variáveis em função do tempo são usadas apenas para ilustrar a tendência de comportamento ao longo do ano, tendo em vista que a sua variação depende de outras variáveis. Desta forma, equações de regressão para determinação da gordura, proteína, CCS e CBT do leite em função do tempo foram ajustadas (Figura 22), resultando em valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de 0,4691, 0,4797, 0,6552 e 0,7538, respectivamente.



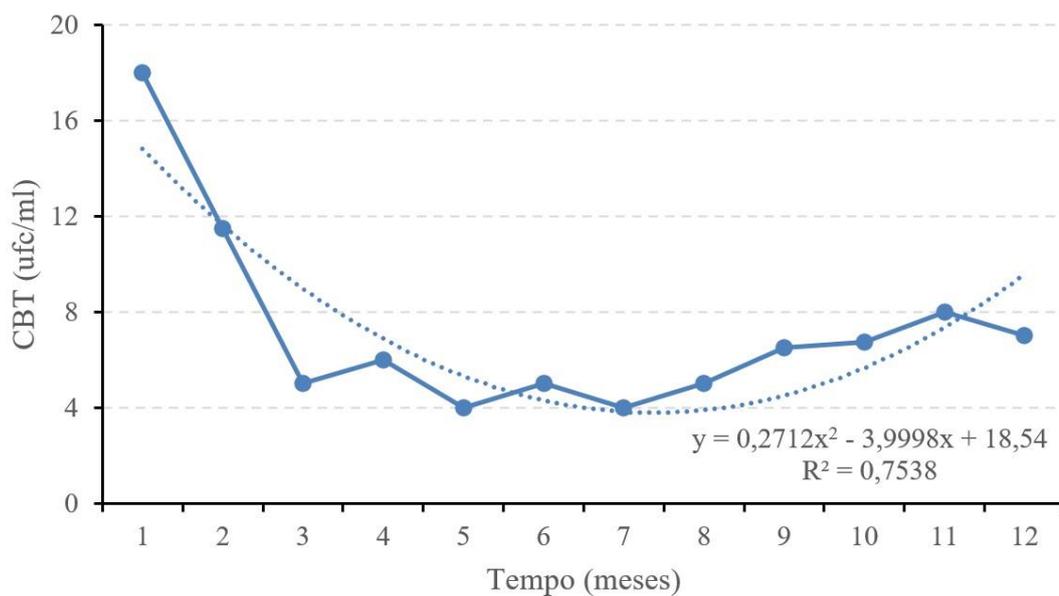
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 22 - Variação das variáveis referente a qualidade do leite de vacas leiteiras alojadas em instalação Compost Barn (CB) durante o primeiro ano de funcionamento do sistema: a) gordura (%/ml); (b) proteína (%/ml); (c) CCS (x1000 cel/mL); (d) CBT (UFC/mL).

Analisando a interação do ITU com as variáveis referente a qualidade do leite, verifica-se que houve correlação significativa com todas as variáveis, sendo que a gordura e a proteína apresentaram correlação negativa ( $r = -0,52$  e  $r = -0,76$ ) e CCS e CBT correlação positiva ( $r = 0,58$  e  $r = 0,55$ ). Silva (2018) apresentou resultados

semelhantes, enfatizando a importância da ambiência para a produção de leite de qualidade e com alto valor agregado.

No caso da interação entre as variáveis referente a qualidade do leite, observa-se que a gordura do leite apresentou correlação positiva com a proteína ( $r = 0,13$ ) e correlação negativa com a CCS e CBT do leite ( $r = -0,27$  e  $r = -0,45$ ). A correlação positiva da gordura do leite com a proteína pode ser explicada pela correlação negativa do ITU com o teor de gordura e com a proteína do leite, vacas em situação de bem-estar consomem maior quantidade de MS contribuindo então, para o aumento da gordura com a proteína no leite. Silva (2018), em seus estudos constatou que houve o aumento na concentração de gordura na composição do leite nas propriedades em que trocaram o sistema extensivo para o confinamento no CB. Leão *et al.* (2018) afirmam que existem correlação positiva entre os teores de gordura com a proteína do leite, e atribui a essa correlação a fatores associados ao bem-estar das vacas.

A correlação negativa da gordura do leite com a CCS foi fraca, e pode ser compreendida pelo fato de queda do consumo de matéria seca (MS) dos animais quando acometidas a alguma infecção, vacas sadias consomem mais MS que vacas doentes, sendo que quanto maior a CCS no leite menor o consumo de MS e menor a concentração de gordura no leite. Leão *et al.*, (2018), em seus estudos constatou que houve uma correlação positiva entre a Gordura do leite com a CCS, divergindo do presente trabalho. Segundo ele essa correlação pode ser atribuída devido a queda na produção de leite ser mais acentuada devido ao aumento da CCS em relação a síntese de gordura, permanecendo mais concentrada.

A correlação negativa entre a gordura com o CBT da amostra do leite de tanque pode ser entendida pela queda da produção do leite. A proteína apresentou correlação negativa com a CCS e CBT ( $r = -0,83$  e  $r = -0,23$ ), o que pode ser explicado pela queda da concentração de caseína na composição do leite de vacas com CCS elevado (Tabela 3). Segundo Bernabucci e Calamari (1998), a proteína do leite é negativamente afetada pelo estresse calórico, com decréscimo nos teores de caseína.

Os valores de CCS e CBT apresentaram uma baixa correlação negativa ( $r = -0,21$ ). Leão *et al.* (2018) ao analisarem os componentes químicos do leite, constataram que existe baixa correlação entre CCS e CBT e correlação positiva entre a proteína e o CBT. Vargas *et al.* (2014) também verificaram baixa correlação entre a CCS e CBT e

correlação positiva entre a proteína e o CBT, trabalhos estes que contrapõe aos resultados obtidos por este autor.

Diversos trabalhos apontam que o sistema CB favorece a qualidade do leite. Brito (2016) afirma que o sistema CB favorece quanto a qualidade do leite por questões de conforto e bem-estar que a instalação proporciona para as vacas alojadas, ainda afirma que a redução do CCS do leite de vacas confinadas está associado as melhorias na saúde da glândula mamária. Segundo Damasceno (2012), o sistema CB quando bem manejado e com a cama seca leva a uma redução de CCS e as vacas confinadas apresentam melhores índices de escore de sujidade o que diminui o risco de contaminação do leite no momento da ordenha.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis ITU com a qualidade do leite (nível de significância 5%).

	<b>Gordura</b>	<b>Proteína</b>	<b>CCS</b>	<b>CBT</b>
<b>ITU</b>	-0,52	-0,76	0,58	0,55
<b>Gordura</b>		0,13	-0,27	-0,45
<b>Proteína</b>			-0,83	-0,23
<b>CCS</b>				-0,21

#### **5.4 Avaliação da reprodução dos animais**

Durante o período de coleta de dados, foi possível verificar o desempenho reprodutivo das vacas no primeiro ano de confinamento. O número de vacas prenhas (NP), apresentou um leve aumento durante este período, enquanto que o número de inseminações (NI), manteve constante apesar de observar uma redução no décimo mês de implantação. Quanto ao número de vacas prenhas pode observar que houve uma redução, apesar que, as vacas foram inseminadas antes de serem confinadas no compost barn (Gráfico 23).

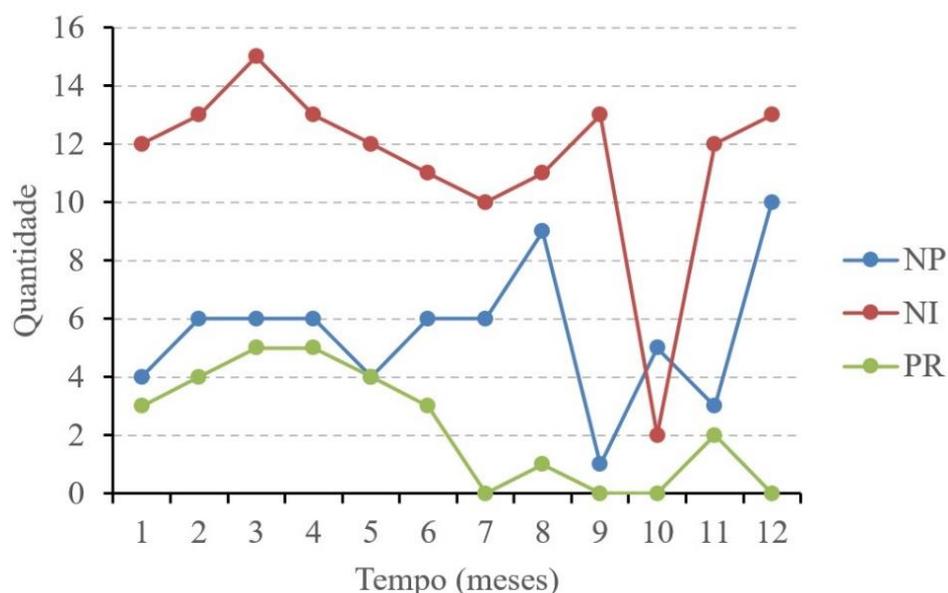


Figura 23. Comportamento dos índices reprodutivos de vacas leiteiras alojadas durante o primeiro ano de implantação de uma instalação CB. Legenda: NP é o número de partos; NI é o número de inseminações; e PR quantidade de vacas que ficaram prenha.

Foi analisado o efeito de probabilidade de inseminações por prenhez das vacas confinadas nos períodos de meses quentes e frios do ano. Por meio de análise de regressão logística os meses mais frios apresentaram um resultado superior aos meses mais quentes quanto à probabilidade de sucesso da inseminação vir a prenhar a vaca. A diferença estatística do modelo foi de  $P=0,02$  em favor do grupo de meses mais frios quando o número médio de inseminações por prenhez foi mais baixo em relação aos meses quentes, demonstrando que a estação do ano teve influência sobre a taxa de prenhez dos animais (Tabela 4).

Tabela 4. Número de inseminações por período e relação de inseminação por prenhez

Período	Número de IAs	IA/Prenhez	Probabilidade do efeito de Grupo
Meses Quentes	119	1,76 (0,90)	0,0273
Meses Frios	79	1,33 (0,24)	
<b>Total</b>	198	1,60 (0,68)	

As falhas na detecção do cio de vacas em situação de estresse térmico podem chegar a 80% nos meses quentes do ano, isto porque, o calor reduz a duração do estro e as vacas mudam seu comportamento dificultando a detecção do cio. O estresse térmico também reduz as taxas de concepção das vacas, podendo ter perdas significativas de 90% (HANSEN, 2007). De acordo com Thatcher *et al.* (2010), a taxa de concepção é vulnerável a temperatura corporal do animal, isto porque o embrião nos estágios iniciais do desenvolvimento são muitos sensíveis a pequenas oscilações da temperatura corporal. Segundo o mesmo autor uma temperatura uterina de 38,8° C no dia seguinte da inseminação a taxa de concepção cai 6,9%.

Diversos trabalhos mencionam que o sistema CB proporciona melhores índices reprodutivos de vacas confinadas. Endres e Janni (2013) afirmam que o sistema CB proporcionou melhores taxas de detecção de cio e taxas de prenhez quando comparado a outros sistemas de confinamento de gado de leite. Segundo Silva (2018), o sistema CB tem influencia direta nos melhores índices de taxa de concepção das vacas, por proporcionar conforto e temperaturas ideais nos 7 primeiros dias gestação, ainda enfatiza que o sistema favorece a detecção do cio das vacas potencializando a taxa de concepção.

### **5.5 Análise das variáveis da cama**

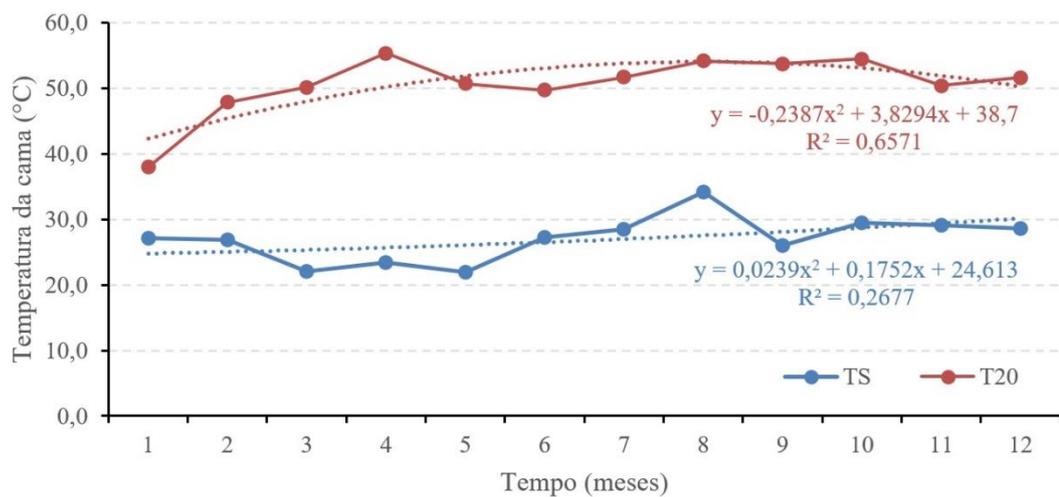
Pode se observar na figura 24, os valores médios encontrados da temperatura da cama na superfície (TS) e profundidade (T20) foram de 27,0 e 50,7 °C, respectivamente.

Em condições de conforto adequado, as vacas permanecem mais tempo deitadas, principalmente quando em ócio e ruminação, porém, em condições de temperaturas elevadas os animais passam a ruminar mais tempo em pé, devido ao efeito do estresse por calor (Damasceno *et al.*, 1999; Almeida *et al.*, 2013). Dessa forma, a TS deve ser mantida dentro da zona de termoneutralidade, entre 5 e 25 °C (Roefeldt, 1998), de forma a não interferir no comportamento dos animais de permanecem deitados. Os resultados obtidos mostraram que os valores TS em determinados períodos foram superiores a 25 °C, indicando desconforto térmico para os animais.

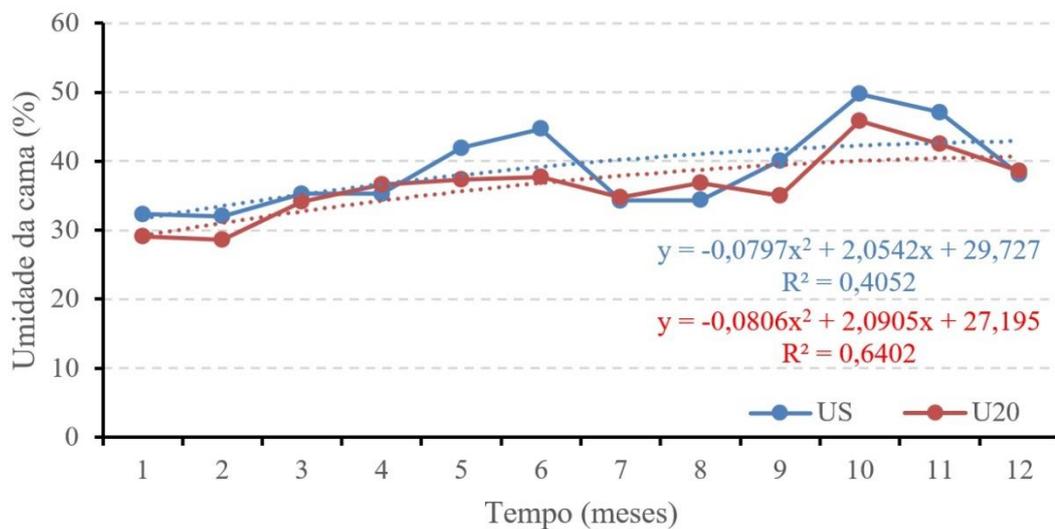
Os valores de T20 manteve-se dentro da faixa recomendada de 45 e 60°C (JANNI *et al.*, 2007) ao longo de quase todo período avaliado, podendo ser um indicativo da eficiência do processo de compostagem, o qual está relacionada com a atividade metabólica dos microrganismos, que é diretamente influenciada pelo processo de aeração da cama (Damasceno, 2020).

Novamente, para mostrar a tendência de comportamento da temperatura, umidade e pH da cama em função do período avaliado, foram ajustadas as equações de regressão. Deve-se ressaltar que as equações destas variáveis em função do tempo são usadas apenas para ilustrar a tendência de comportamento ao longo do ano, tendo em vista que a sua variação depende de outras variáveis, tais como a taxa de lotação, tipo de material da cama, manejo da cama, sistema de ventilação, etc.

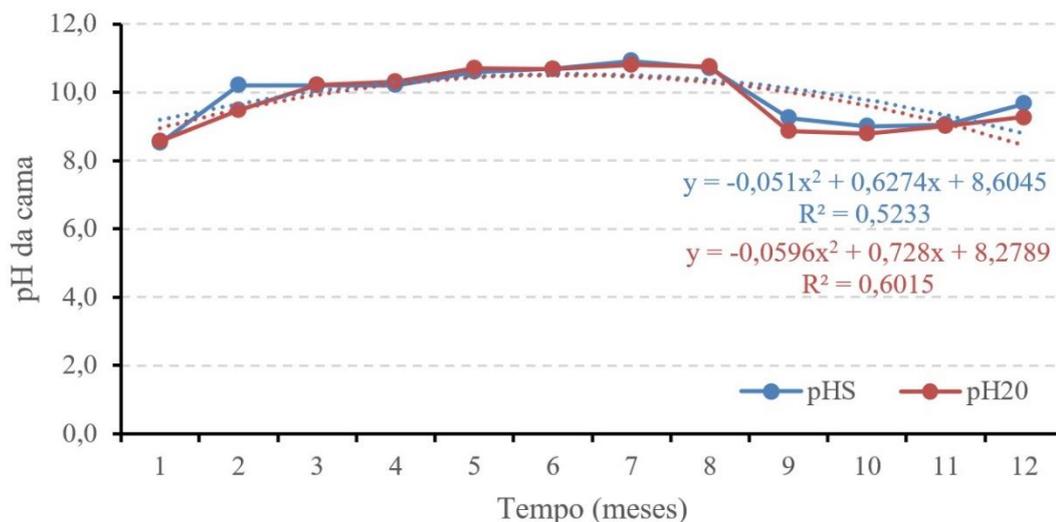
As equações ajustadas para temperatura superficial (TS) e a 20 cm de profundidade (T20) da cama apresentaram  $R^2$  de 0,267 e 0,657, respectivamente (Figura 24a). A maior variação da TS é devido a grande influência das variáveis ambientais, presença dos animais sobre a cama e da ventilação que promove grande perda de calor por convecção.



(a)



(b)



(c)

Figura 424 - Variação das variáveis da cama ao longo do período avaliado: a) temperatura, b) umidade e c) pH. Legenda: TS é a temperatura superficial; T20 é a temperatura a 20 cm de profundidade; US é a umidade superficial; U20 é a umidade a 20 cm de profundidade; pHS é o pH superficial; pH20 é o pH a 20 cm de profundidade.

Em relação à umidade da cama (Figura 24b) verificou-se que também se manteve na maior parte do tempo dentro da faixa de 40 a 65% recomendada (SHANE *et al.*, 2010). Os valores médios e desvio padrão de US e U20 foram  $38,7 \pm 8,0$  % e  $36,4 \pm 0,5$  %, respectivamente.

A umidade média entre as duas profundidades foi de aproximadamente  $37,6 \pm 4,2$ %, valor bem abaixo do encontrado por Barberg *et al.* (2007), os autores observaram valor médio de umidade da cama de 54,4 %. Oliveira *et al.* (2019) avaliaram diferentes instalações CB distribuídas no Estado de Minas, o teor de umidade da cama encontrado em dois níveis (US e U20) foram de  $37,5 \pm 5,2$  % e  $36,3 \pm 5,3$  %, respectivamente, semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Observa-se que em grande parte do tempo a US tendeu a apresentar valores superiores ao da U20, o que pode ser explicado pelo fato de que a coleta das amostras não ocorreu imediatamente após o revolvimento da cama, sendo assim, a umidade proveniente dos resíduos produzidos pelos animais não havia sido totalmente incorporada às camadas mais profundas da cama, deixando a superfície levemente mais úmida.

Com relação o teor de umidade da cama, as equações ajustadas apresentaram  $R^2$  de 0,267 para a US e 0,601 para U20, respectivamente. Da mesma forma como ocorreu com a TS, maior variação foi observada em US devido a maior contribuição diária de

dejetos sobre a superfície da cama, além da maior influência do sistema de ventilação, conforme mencionado anteriormente.

Os valores médios de pH na superfície (pHS) e a 20 cm de profundidade (pH20) se manteve variando entre 8 e 11 durante o período avaliado (Figura 24c). As médias dos valores de pHS ( $9,9 \pm 6,1$ ) e pH20 ( $9,8 \pm 0,4$ ) foram praticamente iguais, e acima dos encontrados por Barberg *et al.* (2007) e Oliveira *et al.* (2018).

De acordo com NRAES (1992) o pH ideal do composto deve estar entre a faixa de 6,5 a 8. O valor médio do pH determinado nesse trabalho está acima da recomendação, o que pode ser atribuído pelo maior tempo que a instalação utiliza a cama, proporcionando maior incorporação de nitrogênio ao material, o que resulta no aumento do pH (RADAVELLI, 2018)

As equações ajustadas para pHS e a pH20 da cama apresentaram  $R^2$  de 0,523 e 0,601, respectivamente (Figura 23c). O comportamento dos valores médios de pHS e pH20 foram semelhantes, devido principalmente ao processo de revolvimento da cama, que homogenizava o material.

A correlação entre umidade e pH da cama foram analisadas e constatou-se que não são significativamente correlacionadas, apresentando uma correlação fraca negativa ( $r = -0,46$ ), portanto, quanto maior a umidade da cama menor o pH, correlação esta que pode auxiliar o produtor no manejo da cama (Figura 25).

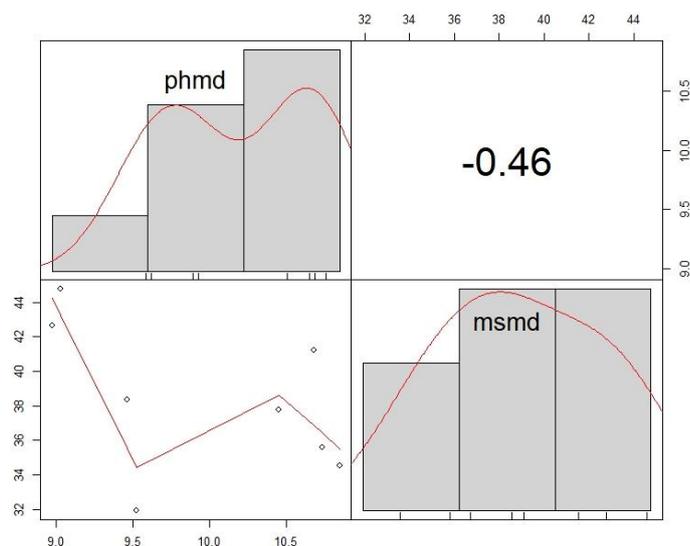


Figura 25 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade e o pH da cama (nível de significância 5%).

A incorporação de oxigênio ( $O_2$ ) na cama é fundamental para manter o pH entre 6,0 e 8,0 por dar condições ao desenvolvimento dos microrganismos aeróbios. A baixa concentração de  $O_2$  no interior da cama pode ocasionar a queda do pH a valores inferior a 4,5, limitando a ação dos microrganismos na compostagem do material orgânico e contribuindo para a proliferação de organismos nocivos a saúde dos animais (BEWLEY *et al.* 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2008).

O comportamento da compostagem do material da cama também fica comprometido quando os valores de umidade superam 60%, isto pelo fato dos poros serem preenchidos por água diminuindo a concentração de  $O_2$  fundamental para o desenvolvimento dos microrganismos aeróbios (VALENTE *et al.*, 2009).

### **5.6 Interação entre as variáveis da cama com os escores de higiene, locomoção e condição corporal**

A tabela 5 apresenta os resultados de correlação entre a matéria seca nos diferentes pontos e profundidades de coleta na cama entre si e com o escore de sujidade dos animais. Conforme pode ser observado, apenas a U20 no Local 1 ( $\rho=0,71$ ), a Usup no Local 2 ( $\rho=0,72$ ) e a U20 no Local 3 ( $\rho=0,74$ ) apresentaram correlação positiva em que os valores foram significativo com o escore de higiene. Sendo um indicativo das regiões da cama com maiores níveis de umidade, o que pode contribuir para a elevação do ES. Pode-se também notar que existe uma correlação forte entre as diferentes profundidades do mesmo local.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com o Escore de Higiene (nível de significância 5%)

	U20 p1	U <sup>sup</sup> p2	U20 p2	U <sup>sup</sup> p3	U20 p3	U <sup>sup</sup> p4	U20 p4	U <sup>sup</sup> p5	U20 p5	U <sup>sup</sup> p6	U20 p6	Escore Sujidade
U <sup>sup</sup> p1	0,63	0,64	0,46	0,33	0,05	0,54	0,58	0,05	0,05	0,05	0,05	0,27
U20 p1		0,91	0,41	0,69	-0,35	0,10	0,69	0,05	0,05	0,34	0,11	0,71
U <sup>sup</sup> p2			0,34	0,51	-0,38	0,38	0,55	-0,22	-0,22	0,08	-	0,72
U20 p2				0,19	0,008	0,48	0,17	0,51	0,67	0,46	0,23	-0,23
U <sup>sup</sup> p3					0,22	-0,3	0,46	0,40	0,31	0,74	0,52	0,74
U20 p3						0,24	-0,4	0,53	0,34	0,32	0,28	0,005
U <sup>sup</sup> p4							0,36	0,18	0,005	-0,45	-0,5	0,30
U20 p4								0,005	0,16	0,005	0,21	0,41
U <sup>sup</sup> p5									0,96	0,77	0,83	0,29
U20 p5										0,71	0,74	-0,38
U <sup>sup</sup> p6											0,82	0,7
U20 p6												0,005

Lobeck *et al.* (2011) ao avaliarem o ES de diferentes modelos de instalações de confinamento de vacas de leite, constataram que a média de ES das vacas confinadas no sistema de CB foram superiores as instalações FS com ventilação natural e FS com ventilação cruzada na estação de inverno, pela dificuldade de manter a compostagem da cama do sistema. O mesmo autor também constatou que a média de ES das vacas no CB nas estações verão e primavera foram superiores as demais estações, o que contrapõem aos resultados obtidos nesse estudo.

Não houve correlação significativa ( $r = -0,045$ ) entre o teor de umidade da cama com o escore de locomoção dos animais (Figura 26). Porém alguns pontos de coleta na

cama, sendo o ponto 1 a 20 cm de profundidade e ponto 2 superficial, apresentaram uma correlação positiva leve com o escore de locomoção com  $\rho = 0,45$  e  $\rho = 0,48$  (Tabela 6).

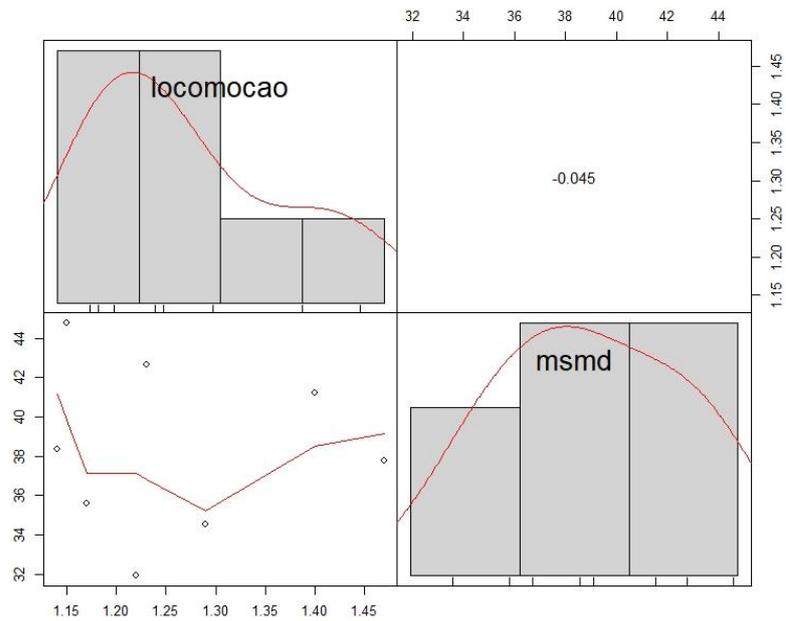


Figura 26 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com o escore de locomoção (nível de significância 5%).

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis umidade da cama com o escore de locomoção (nível de significância 5%).

	U20 p1	Usup p2	U20 p2	Usup p3	U20 p3	Usup p4	U20 p4	Usup p5	U20 p5	Usup p6	U20 p6	Escore Sujidade
Usup p1	0,63	0,64	0,46	0,33	0,005	0,54	0,58	0,05	0,005	0,05	0,08	0,011
U20 p1		0,91	0,41	0,69	-0,20	0,05	0,69	0,05	0,005	0,34	0,11	0,45
Usup p2			0,34	0,51	-0,20	0,38	0,55	-0,22	0,05	0,05	-0,20	0,48
U20 p2				0,19	0,05	0,48	0,17	0,51	0,67	0,46	0,22	0,05
Usup p3					0,22	-0,20	0,46	0,40	0,31	0,74	0,52	0,22
U20 p3						0,34	-0,43	0,53	0,34	0,32	0,25	0,09
Usup p4							0,36	0,18	0,005	-0,25	-0,52	-0,27
U20 p4								0,005	0,30	0,005	0,21	0,34
Usup p5									0,96	0,77	0,83	-0,42
U20 p5										0,71	0,74	-0,43
Usup p6											0,82	0,005
U20 p6												0,05

Os pontos que apresentaram correlação positiva entre as variáveis podem ser explicados pelo fato de estarem localizados no lote 1, lote de maior produção. Para este lote é fornecido maior quantidade de alimento, o que segundo Xavier *et al.* (2009), a quantidade de alimento fornecido ao animal está diretamente relacionado a quantidade de dejetos depositado por ele, interferindo no teor de umidade desses pontos ao longo do ano.

Pela análise estatística de correlação entre as variáveis ECC com o peso dos animais, constatou-se que não houve correlação significativa, mas apresentam uma correlação fraca positiva de  $r = 0,5$  (Figura 27).

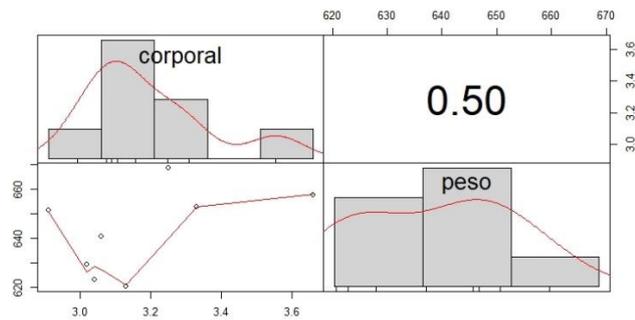


Figura 27 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Escore de condição corporal com o peso dos animais (nível de significância 5%).

A condição corporal das vacas em lactação é alterada ao longo do ciclo de lactação, devido ao desequilíbrio entre o consumo de energia e a energia usada para a produção de leite. O escore de condição corporal é usado para monitorar a deposição e a mobilização de gordura na camada de tecido adiposo dos animais. No período de pós-parto das vacas, essa mobilização de gordura é elevada pelo fato da ingestão de matéria seca pelo animal não ser suficiente para atender a alta exigência de energia das glândulas mamárias para a produção de leite, sendo um período crítico chamado de balanço energético negativo (GARNSWORTHY, 2013).

O balanço energético negativo tem início dias antes do parto, sendo que depois de duas semanas acontece o nível mais baixo, sendo o período de crescente produção de leite (BUTLER e SMITH, 1989). O pico de produção de leite acontece de 4 a 6 semanas após o parto, enquanto o pico de consumo de matéria seca acontece depois de 8 a 22 semanas do parto (INGVARTSEN e ANDERSEN, 2000). A mobilização de gordura pelo balanço energético negativo acarreta uma perda considerável de massa corporal das vacas e está associado a problemas de saúde após o parto e problemas de fertilidade, podendo interferir nos índices de reprodução como intervalo de parto superior a 13 meses.

O escore de condição corporal elevado também interfere na fertilidade das vacas. Vacas obesas ou com consumo de dietas com altos teores de energia podem vir a ter queda na fertilidade e baixa qualidade embrionária por apresentarem hiperinsulinemia ou resistência à insulina que está relacionado a queda na qualidade ovocitária. Outro fator que interfere na eficiência reprodutiva dessas fêmeas é que nessas condições acontece concentração elevada de glicose e IGF-I na corrente

sanguínea, o que pode interferir no transporte de glicose nos embriões e aumentar a apoptose (ADAMIAK *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2008).

O acompanhamento do peso dos animais é um fator importante para o seu desenvolvimento, sendo que a avaliação da condição corporal é uma ferramenta eficaz e de fácil uso dos técnicos que faz o acompanham do rebanho. Durante o trabalho desenvolvido, o peso dos animais variou de 455 a 822 kg, sendo a média do peso dos animais de 642 kg.

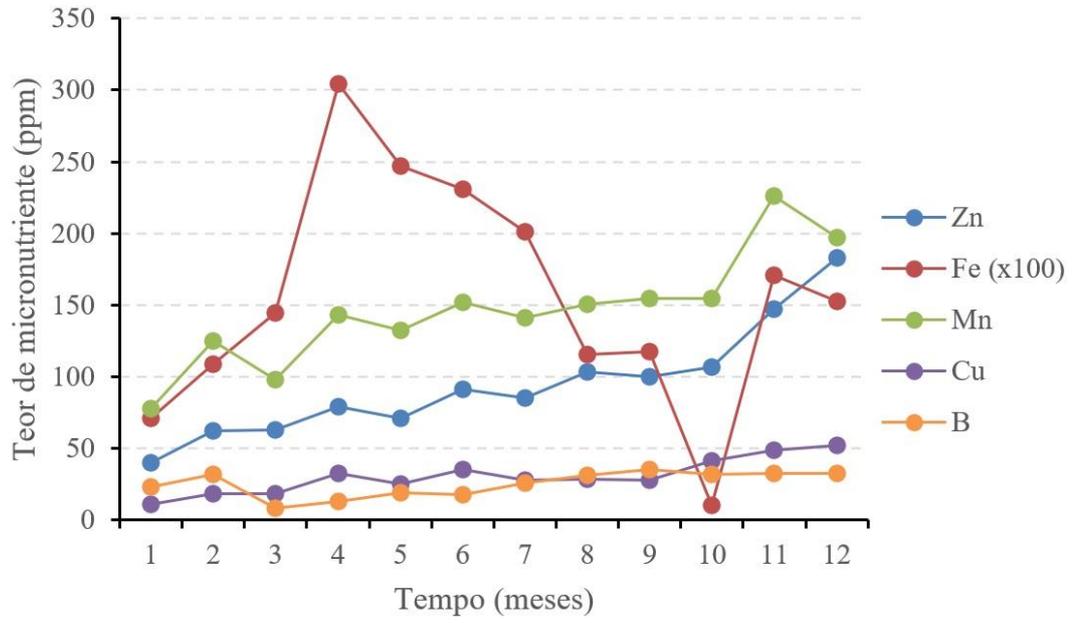
### **5.7 Avaliação dos micro e macro nutrientes da cama**

A figura 28 ilustra os comportamentos dos teores de micro e macronutrientes e a relação C/N presentes no material da cama em função do tempo.

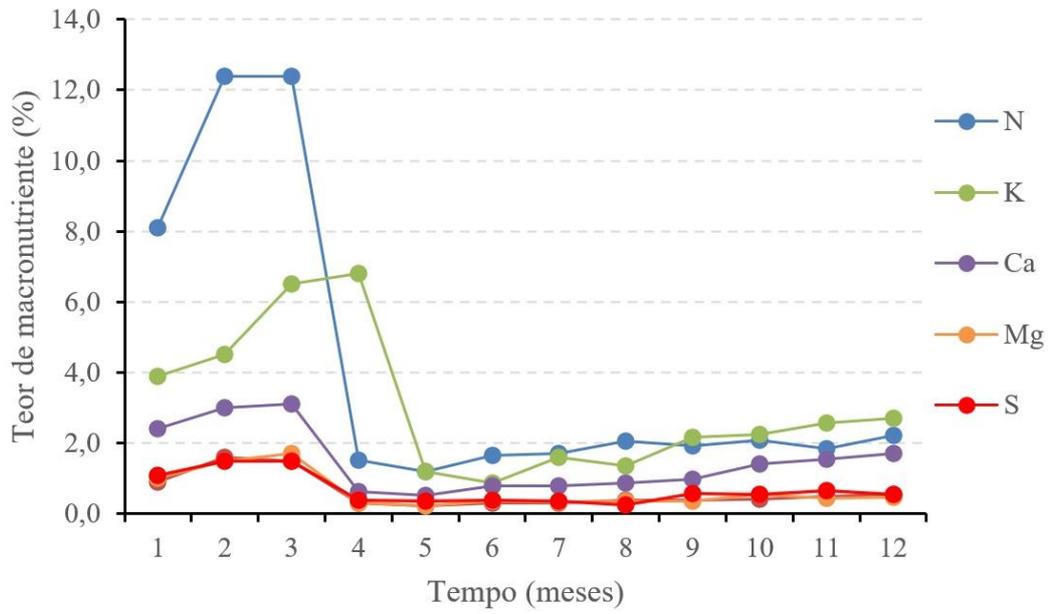
Pela figura 28a pode-se observar que houve um ligeiro aumento para quase todos os micronutrientes (Zn, Mn, Cu e B) da cama avaliados. No caso do Fe, observa-se que ocorreu uma acentuada elevação após 3 meses de uso devido a reposição de material ocorrida. Maior tendência de crescimento foi observada nos teores de Zn e Mn, apresentando média iguais a  $90,1 \pm 40,4$  ppm e  $138,2 \pm 46,9$  ppm, respectivamente.

Em relação aos macronutrientes da cama, no geral, observa-se que ocorreu uma redução ao longo do período avaliado (Figura 28b). As maiores reduções ocorrem nas concentrações de N e K, cujo valores médios e desvio padrão encontraram foram  $4,3 \pm 4,2\%$  e  $3,0 \pm 1,9\%$ , respectivamente. Para mostrar a tendência de comportamento, ajustou-se uma equação de regressão da relação C/N em função do período avaliado. Cabe aqui também ressaltar que a equação foi ajustada apenas para ilustrar a tendência de comportamento ao longo dos meses, tendo em vista que a sua variação depende de outras variáveis, tais como a taxa de lotação, tipo de material da cama, manejo da cama, condições climáticas, etc.

A equação ajustada da relação C/N da cama em função dos meses avaliados apresentou  $R^2$  de 0,6397. Conforme pode-se observar, no geral, ocorreu uma tendência de redução ao longo do período avaliado, onde o valor médio e desvio padrão foi  $15,6 \pm 3,8$  (Figura 28c).



(a)



(b)

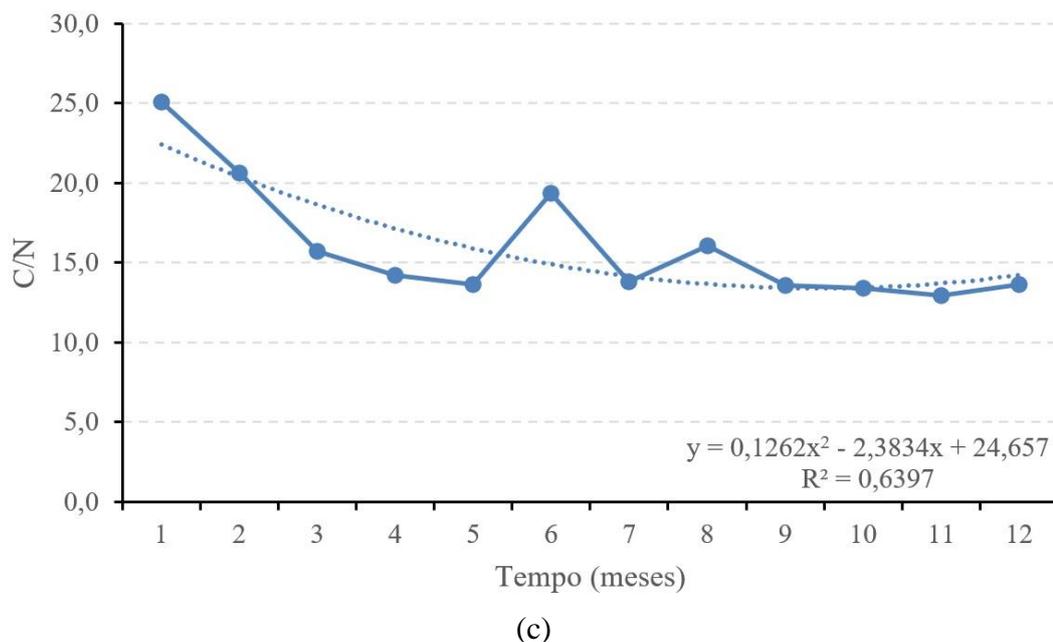


Figura 28 – a) teor de micronutriente, b) teor de macronutriente e c) relação C/N.

A relação C/N variou de 11,2 a 25,1, com média de  $15,6 \pm 3,8$ . Black *et al.* (2013) observaram uma razão C/N média de  $26,7 \pm 7,8$  em instalações CB em Kentucky (EUA). Barberg *et al.* (2007) encontraram relação de C/N com média de 19,5 em CB localizado em Minnesota, EUA. Ambos os estudos apresentaram valores acima dos observados para o presente estudo.

A relação C/N quando se encontra entre 25-30:1, é o momento de máxima compostagem dos nutrientes pelos microrganismos (NRAES-54, 1992). A razão C/N média no estudo atual estava na maior parte do tempo fora da faixa recomendada de 25: 1 a 30: 1 para compostagem ideal.

Pela tabela 7 pode-se observar que existe uma correlação positiva forte entre os nutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) ( $\rho = 0,81$ ), potássio (k) com N e P ( $\rho = 0,82$  e  $\rho = 0,93$ ), carbono orgânico (CO) e N ( $\rho = 0,71$ ) e a relação C/N apresentou uma correlação forte negativa com o N ( $\rho = -0,71$ ). A umidade apresentou correlação negativa com o boro (B), não sendo significativo a nenhum outro nutriente avaliado no experimento.

Com esses dados é possível afirmar a importância de se fornecer carbono e nitrogênio em proporções adequadas para que o processo de compostagem aconteça de forma ininterrupta, para isto, a reposição da cama e a taxa de lotação do CB devem atender a capacidade da instalação.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade da cama com incremento dos minerais (nível de significância 5%).

	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>CO</b>	<b>C/N</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>B</b>	<b>pH</b>	<b>Na</b>	<b>Umd</b>
<b>N</b>	0,81	0,82	0,79	0,88	0,60	0,71	-0,71	0,66	-0,64	0,43	0,51	0,80	0,90	0,77	0,44
<b>P</b>		0,93	0,93	0,83	0,92	0,41	-0,87	0,94	-0,81	0,85	0,84	0,74	0,80	0,92	0,22
<b>K</b>			0,83	0,83	0,83	0,44	-0,70	0,85	-0,64	0,73	0,77	0,70	0,80	0,86	0,45
<b>Ca</b>				0,92	0,94	0,59	0,50	0,93	-0,75	0,81	0,86	0,80	0,79	0,87	0,44
<b>Mg</b>					0,81	0,59	-0,63	0,74	-0,83	0,55	0,77	0,71	0,76	0,72	0,44
<b>S</b>						0,20	-0,45	0,94	-0,56	0,90	0,94	0,65	0,63	0,82	0,20
<b>CO</b>							-0,05	0,45	-0,84	0,33	0,05	0,91	0,76	0,58	0,57
<b>C/N</b>								-0,27	0,29	0,30	-0,58	0,05	-0,30	-0,30	0,05
<b>Zn</b>									-0,32	0,98	0,86	0,73	0,77	0,95	0,36
<b>Fe</b>										0,29	0,29	-0,87	-0,82	-0,82	-0,76
<b>Mn</b>											0,86	0,53	0,57	0,86	0,05
<b>Cu</b>												0,20	0,43	0,71	0,05
<b>B</b>													0,91	0,83	0,66
<b>Ph</b>														0,91	0,52
<b>Na</b>															0,22

### 5.8 Interações entre estação, profundidade e local, temperatura, umidade e PH

Não houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre os fatores estação, profundidade e local para as variáveis temperatura, umidade e PH da cama. Dessa forma, as conclusões para cada fator foram apresentadas separadamente.

Para a temperatura da cama foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ , teste de Tukey) para os fatores estações do ano e profundidade (Tabela 8). Para as variáveis umidade e PH foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ , teste de Tukey) somente entre as estações do ano. Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para os fatores profundidade e local.

Tabela 8 - Valores médios da temperatura (° C), umidade (%) e PH da cama nas estações verão, primavera, inverno e outono e valores médios da temperatura da cama em duas profundidades (20 cm e superfície).

<b>Variáveis da cama</b>			
<b>Estação</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>PH</b>
Verão	39,94ab	41,57a	9,25c
Primavera	42,54a	39,12ab	9,86bc
Inverno	39,28bc	37,87ab	10,77a
Outono	36,60c	34,85b	9,99b
<b>Profundidade</b>			
20 cm	51,26a		
Superfície	27,91b		
CV (%)	5,05	28,38	6,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação às estações do ano, a variável temperatura da cama apresentou médias superiores durante a primavera e verão, e a menor média de temperatura foi observada no outono. Em relação à profundidade, a temperatura da cama a 20 cm foi superior à superfície. Sua ocorrência se deve, principalmente, a uma maior atividade de decomposição de microrganismos na camada aerobicamente ativa (0,15 a 0,20 m), o que resulta em maior geração de calor nessa camada, elevando os valores de temperatura.

A variação da umidade da cama ocorreu apenas nas estações do ano. No verão apresentou uma umidade maior que o outono e igual às demais estações. Primavera e inverno apresentaram a umidade igual a outono.

Para o pH da cama ocorreu variação significativa apenas para as estações do ano. No inverno a média do pH da cama foi superior as demais estações. No outono o pH foi superior a primavera e no verão apresentaram valores médios de pH.

## **6. Conclusões**

Nas estações de temperaturas mais baixas, pode notar que os valores do índice de temperatura e umidade (ITU), apresentaram dentro da zona de conforto térmico dos animais, podendo destacar a estação de inverno que apresentou média satisfatória em todos os períodos do dia quando comparado às outras estações. O período da tarde foi o mais crítico ao longo do ano, apresentando valores de ITU acima do limite de conforto

superior (LCS). A estação verão foi o período de maior desconforto térmico para os animais, sendo apenas o período da madrugada satisfatório quanto aos valores de ITU.

A média de produção de leite das vacas confinadas no sistema compost barn (CB), houve um aumento que pode ser atribuído pelo melhor manejo alimentar dos animais, que passaram a ser separados de acordo com a produção e estágio fisiológico que os animais apresentavam no momento. O melhor manejo nutricional também influenciou no peso dos animais, que refletiu no escore de condição corporal delas. Outro fator que favoreceu a melhor produção e melhor condição corporal foi o menor estresse térmico ao longo do dia dos animais, o que favoreceu a um maior consumo e melhor absorção de nutrientes da dieta.

A qualidade do leite foi outra variável que apresentou melhores resultados ao longo do ano, estando dentro do que a legislação determina para os produtores da região sudeste do Brasil. A melhora na qualidade do leite pode ser atribuído pelo ambiente a qual os animais estavam confinados, sendo que, os índices de escore de higiene foram satisfatórios durante todo o ano, implicando em animais mais limpos ao chegar na sala de ordenha e menor contato dos animais a agentes patológicos a saúde do úbere das vacas em lactação. Neste estudo, constatou-se também que a produção e a qualidade do leite teve correlação com o ITU, sendo que a proteína, gordura e a produção de leite apresentaram correlação negativa com o ITU e a CCS e CBT correlação positiva. Essas correlações reforçam a temática que animais em condição de conforto térmico tendem a apresentar melhor produção e qualidade do leite.

Os meses quentes apresentaram índices de prenhez inferiores quando comparados aos meses frios, sendo que a chance das vacas virem a emprenhar nos meses frios foram maiores que nos meses quentes. O número de vacas prenhas no primeiro ano de confinamento apresentou um leve aumento, sendo que o número de inseminações manteve-se constante durante todo o ano. O número de vacas paridas, observa-se uma redução, sendo que, essas vacas foram prenhas antes de serem confinadas.

Durante todo o período de coleta de dados a temperatura da cama a 20 cm de profundidade apresentaram dentro da faixa recomendada, sendo que a temperatura superficial oscilou ao longo do ano, apresentando temperaturas acima da desejável nos períodos em que a temperatura ambiente foi maior.

A umidade da cama também apresentou teores dentro do recomendado na maior parte do ano, sendo a umidade elevada em pontos distintos ao longo do ano, pode ser explicada pelo fato da cama não ser coletada após o seu revolvimento, não havendo chance para que o líquido oriundo dos dejetos dos animais serem incorporados às camadas mais profundas da cama.

Os valores de pH da cama apresentaram acima do recomendado durante todo o período de coleta, o que pode ser atribuído pelo maior tempo que a instalação utiliza a cama, proporcionando maior incorporação de nitrogênio ao material, o que resulta no aumento do pH. Os valores de pH nas diferentes alturas da cama apresentaram resultados semelhantes, isto por conta do processo de revolvimento da cama que homogeneizava o material.

A umidade da cama com o pH apresentaram correlação negativa, isto pelo fato que a alta concentração de umidade na cama interferir na incorporação de O<sub>2</sub> nos poros da cama.

Observou-se que ocorreu um ligeiro aumento para os microminerais, enquanto os macrominerais decresceram ao longo do período de avaliação. A relação C/N apresentou abaixo do desejável ao longo do ano de coleta, não atendendo a correlação necessária para a compostagem do material orgânico da cama.

## 7. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, G. L. D. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Rev. bras. eng. agríc. ambient**, p. 892-899, 2013.

ALVIM, M. J. *et al.* Sistema de produção de leite com recria de novilhas em sistemas silvipastoris. **Embrapa gado de leite**. 2005

ARCHER, S., GREEN, M., HUXLEY, J. Association between Milk Yield and Serial Locomotion Score Assessments in UK Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 4045-4053, 2010.

AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 83p. (Série documentos, 188), 2009.

BACCARI, F. JR. Manejo ambiental para produção de leite em clima quentes. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia. **Anais Goiânia**, p. 136-161, 1998.

BACH, A. *et al.* Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 40-46, 2007.

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

BARBERG, A. E. *et al.* Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 1575–1583, 2007.

BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos**. Arapongas: Midas, 208 p. 2003.

BERNABUCCI, U.; CALAMARI, L. Effects of heat stress on bovine milk yield and composition. **Zootecnica e Nutrizione Animale**, Bologna, v. 24, n. 6, p 247-257, 1998.

BEWLEY, J. M. *et al.* Guidelines for managing compost bedded-pack barns. **The dairy practices council**, 2013.

BLACK, R. A. *et al.* Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.

BRASIL, Instrução Normativa Nº 76, de 26 de novembro de 2018. **Diário Oficial da União**. Órgão: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete do Ministro, 2018.

BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG. 56 p, 2016.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas- revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, p. 1-11, 2004.

CALAMARI, L.; BERTONI, G. A review: Model to evaluate welfare in dairy cows farms, Italian. **Journal Animal Science**, v. 8, p. 301-323, 2009.

CARVALHO, L. A. *et al.* Sistema de Produção de Leite (Zona da Mata Atlântica). **Embrapa gado de leite**, 2003.

CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; MCDOWELL, L. R.. **Nutrição de bovinos a pasto**. PapelForm, 2003.

COOK, N. The Influence of Barn Design on Dairy Cow Hygiene, Lameness and Udder Health. **Proceedings of the 35th American association of Bovine Practitioners Annual Conference**, Rome, Georgia, p. 97-103,2002.

COTTA, J. A. O., CARVALHO N. L. C., BRUM, T. S., REZENDE, M. O. O. Compostagemfe versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Eng. Samit. Ambient.**, v20, n.1, p. 65-78, 2015.

- DALCIN, V. C. Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico. 2013. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – **Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre. 2013.
- DAMASCENO, J. C., JÚNIOR, F. B., & TARGA, L. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas, com acesso à sombra constante ou limitada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 709-715, 1999.
- DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa – MG, Viçosa, 404p, 2012.
- DAMASCENO, F. A. **Compost Barn: como uma alternativa para a pecuária leiteira**. 1ª ed. Divinópolis: Adelante, 2020.
- DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 700p, 1996.
- EBERHART, R. J. Coliform mastitis. **Veterinary Clinical North American Large Animal Practice**, v.6, n.2, p.287-300, 1984.
- EDMONSON, A. J. *et al.* A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 68, 1989.
- ESPEJO, L. A.; ENDRES, Marcia I.; SALFER, James A. Prevalence of lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 8, p. 3052-3058, 2006.
- FERNANDES, M. R. P.; LOPES, C. E. B.; COSTA NETO, M. B.; SELVAM, P. V. P. Geração de energia para o desenvolvimento rural sustentável com inovação tecnológica de aproveitamento de biomassa residual. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 5., 2004, Campinas. **Anais Campinas: FAPESP**, 2004. p. 1-7.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.
- FERREIRA, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente: Para Aves, suínos e bovinos**. Aprenda Fácil Editora: 3ed, Viçosa, MG, 2016.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Livestock Primary**. 2018. Disponível em: <[http://www.fao.org/ faostat/en/?#data/QL](http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QL)>. Acesso em: 15 agosto. 2020.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 478 p. 2000.
- GRAVES, R. E.; BRUGGER, M. F. Naturally ventilated freestall barns. Expansion Strategies for Dairy Farms: Facilities and Financial Planning. **New York: NRAES**, n. 77, p. 409-417, 1994.
- HAFEZ, E.S.E; Hafez, B. **Reprodução Animal**. 7ª edição. Tamboré, Barueri, São Paulo: Editora Manole. 2004.

HUGHES, J. A. System for Assessing Cow Cleanliness. **Farm Animal Practice**, v. 23, p. 514, 2001.

HULTGREN, J.; BERGSTEN, C. Effect of a rubber-slatted flooring system on cleanliness and foot health in tied dairy cows. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 52, p. 75-89, 2001.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. W. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied engineering in agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

JOHNSON, H.D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v.24, p.65-78, 1980.

KITCHEN, B. J. Review of the progress of dairy science: Bovine mastitis: milk compositional changes and related diagnostic tests. **Journal of Dairy Research**, v.48, n. p.167-188, 1981.

KIMURA, K.; GOFF, J. P.; KEHRLI, M. E.; HARP, J. A. Phenotype analysis of peripheral blood mononuclear cells in periparturient dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.82, p.315-319, 1999.

KOSSAIBATI, M. A.; ESSLEMONT, R. J. The costs of production diseases in dairy herds in England. **The Veterinary Journal**, v. 154, p. 41–51, 1997.

LEACH, K.; KNIERIM, U.; WHAY, H. Condition Scoring for Dairy and Beef Cattle and Veal Calves. In: FORKMAN, B. **Welfare Quality Reports**, v.11, p.1-6, 2009.

LEÃO, P. V. T. *et al.* Correlação entre os componentes químicos do leite cru refrigerado produzido no município de Caçu – Goiás. **Zootecnia Brasil**, 2018.

LOBECK, Karen M. *et al.* Environmental characteristics and bacterial counts in bedding and milk bulk tank of low profile cross-ventilated, naturally ventilated, and compost bedded pack dairy barns. **Applied engineering in agriculture**, v. 28, n. 1, p. 117-128, 2012.

MACHADO, R. *et al.* Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. **Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2008.

MALACARNE, R. *et al.* **Diretrizes de qualidade para a produção de leite em propriedades rurais no Oeste do Estado do Paraná**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2017.

MANSKE, P. H. **Estresse térmico calórico e sua influência na taxa de prenhez em inseminação artificial em bovinos leiteiros**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Itapiranga, SC. 35p., 2016.

- MORAIS D. A. E. F. *et al.* Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.538-545, 2008.
- MOTA, V. C. *et al.* Confinamento para bovinos leiteiros: Histórico e características. **Pubvet**. Maringá – PR, v. 11, n. 5, p. 433-442, mai. 2017.
- MOTA, V. C.; DAMASCENO, F. A.; LEITE, D. F. Fuzzy clustering and fuzzy validity measures for knowledge discovery and decision making in agricultural engineering. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 150, p. 118-124, 2018.
- MULLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 2. Ed. Porto Alegre: Sulina, 158p., 1982.
- OLIVEIRA, C. E. A; DAMASCENO, F.A. **Distribuição espacial do ambiente térmico, ruído, iluminância e variáveis da cama em instalações Compost Barn**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Lavras, 117p. 2018.
- PEARSON, K.. Contributions to the mathematical theory of evolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. A**, v. 185, p. 71-110, 1894.
- PEDROSA, T. D., FARIAS C. A. S., PEREIRA R. A., FARIAS E. T. R., Monitoriamento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, v1, n1, p. 44-48, 2013.
- PEREIRA, M. R. **Avaliação do comportamento e do bem-estar de vacas criadas em sistema compost barn em condições tropicais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 77p. 2017.
- PILATTI, J. A. **O comportamento diurno e o bem-estar de vacas em sistema de confinamento Compost Barn**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- PIRES, M. F. A; CAMPOS, A. T.; NOVAES, L.P. Razas Lecheras: ambiente y comportamiento animal en los trópicos. **Foro Americano sobre Pecuária Leiteira Tropical**. 2003. Disponível em: <<http://www.secnetpro.com/fepale/contenido3.htmmodulo3>>. Acesso em: 24 ago. 2020.
- RADAVELLI, W. M. **Caracterização do sistema Compost Barn em regiões subtropicais do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro Educacional do Oeste, Universidade Estadual de Santa Catarina, Chapecó – SC, 2018.
- ROCHE, J. R. *et al.* Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 5769–5801, 2009.
- ROENFELDT, S. You can't afford to ignore heat stress. **Dairy Manage**, v.35, n.5, p.6-12, 1998.

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

ROSENBERG, L. J.; BIAD, B. L.; VERNIS, S. B. Human and animal biometeorology. **Microclimate: the biological environment**. 2nd ed. New York: Wiley-Interscience, p. 425-467, 1983.

SCHREINER, D. A.; RUEGG, P. L. Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, 3460–3465, 2003.

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**, v. 26, n. 3, p. 465-473, 2010.

SILANO, C.; SANTOS, M. V. Você sabe o que é um Compost Barn?. **Revista Leite Integral**, n. 46, p. 40-43, 2012. Disponível em: <<http://www.revistaleiteintegral.com.br>>. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

SILVA, C. F. S. **Influência do sistema Compost Barn sobre a produtividade, qualidade do leite e índices reprodutivos**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de São João Del Rei, MG. 60p. 2018.

SIQUEIRA, K. B. O mercado consumidor de leite e derivados. **Circular técnico, Juiz de Fora**, 2019.

SOUZA, H. A. *et al.* Características físicas e microbiológicas de compostagem de resíduos animais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 1, p. 291-302, 2019.

SPRECHER, DJ *et al*; HOSTETLER, D. E.; KANEENE, J. B. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. **Theriogenology**, v. 47, n. 6, p. 1179-1187, 1997.

STORCK, L. *et al.* **Experimentação vegetal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 198 p. 2006

THATCHER, W.W. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. **J. Dairy Sci.**, v.57, p.360-368, 1974.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. **Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, v. 1, p. 10-23, 1998.

VILELA, D. *et al.* A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 5-24, 2017.

WELLS, D. G. **Dairy Barn Ventilation-Exhaust Fan Systems**. Burlington: University of Vermont Extension, 2004.

WHAY, H.; WATERMAN, A.; WEBSTER, A. Associations between Locomotion, Claw Lesions and Nociceptive Threshold in Dairy Heifers during the Peri-Partum Period. **The Veterinary Journal**, v. 154, p. 155-161, 1997.

## 8. ANEXO

Tabela 9 - Resumo da Análise de Variância das variáveis umidade, PH e temperatura da cama.

<b>Umidade da cama</b>					
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Estação (F1)	3	562.77205	187.59068	3.1387	0.0338*
Profundidade (F2)	1	106.46895	106.46895	1.7814	0.1883
Local (F3)	5	326.97054	65.39411	1.0941	0.3759
F1*F2	3	15.71372	5.23791	0.0876	0.9665
F1*F3	15	1429.97796	95.33186	1.5951	0.1109
F2*F3	5	112.29251	22.4585	0.3758	0.8628
F1*F2*F3	15	241.55242	16.10349	0.2694	0.9962
Resíduo	48	2868.82887	59.76727	59.76727	
Total	95	5664.57703			
CV (%)			6.9		
<b>PH</b>					
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Estação (F1)	3	28.05742	9.35247	13.2386	0.000*
Profundidade (F2)	1	0.32803	0.32803	0.4643	0.4989
Local (F3)	5	2.07813	0.41563	0.5883	0.7088
F1*F2	3	0.09563	0.03188	0.0451	0.9871
F1*F3	15	5.22792	0.34853	0.4933	0.9323
F2*F3	5	0.44849	0.0897	0.127	0.9856
F1*F2*F3	15	0.35296	0.02353	0.02353	1
Resíduo	48	33.90981	0.70645		
Total	95	70.49840			
CV (%)			28.38		
<b>Temperatura</b>					
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Estação (F1)	3	428.02858	142.67619	9.7384	0.000*
Profundidade (F2)	1	13083.005	13083.005	892.9857	0.000*
Local (F3)	5	47.43696	9.48739	0.6476	0.6646
F1*F2	3	29.91786	9.97262	0.6807	0.5682
F1*F3	15	143.61639	9.57443	0.6535	0.8148
F2*F3	5	90.64291	18.12858	1.2374	0.3065
F1*F2*F3	15	214.39657	14.2931	0.9756	0.494
Resíduo	48	703.24110	14.65086		
Total	95	14740.286			
CV (%)			5.05		

\* F Significativo ao nível de 5%