



GEOVANI MARQUES LAURINDO

***COMPOST BARN: ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE
VACAS LEITEIRAS E USO DA CAMA COMO ADUBO
ORGÂNICO***

LAVRAS - MG

2022

GEOVANI MARQUES LAURINDO

***COMPOST BARN: ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS E
USO DA CAMA COMO ADUBO ORGÂNICO***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Gabriel Araújo e Silva Ferraz

Orientador

Prof. Dr. Flávio Alves Damasceno

Profa. Dra. Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz

Coorientadores

LAVRAS - MG

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Laurindo, Geovani Marques.

Compost barn: estudo do comportamento vacas leiteiras e uso
da cama como adubo orgânico/ Geovani Marques Laurindo. - 2022.

83 p. : il.

Orientador(a): Gabriel Araújo e Silva Ferraz.

Coorientador(a): Flavio Alves Damasceno;

Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz.

Tese (doutorado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras,
2022.

Bibliografia.

1. Confinamento bovino. 2. Inteligência artificial. 3. Adubação
orgânica. I. Ferraz, Gabriel Araújo e Silva. II. Damasceno, Flavio
Alves. III. Ferraz, Patrícia Ferreira Ponciano.

GEOVANI MARQUES LAURINDO

**COMPOST BARN: ESTUDO DO COMPORTAMENTO VACAS LEITEIRAS E USO
DA CAMA COMO ADUBO ORGÂNICO**

**COMPOST BARN: STUDY OF THE BEHAVIOR OF DAIRY COWS AND THE USE
OF BEDDING AS ORGANIC FERTILIZER**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 29 de julho de 2022

Dra. Daiane Cecchin	UFF
Dr. Pedro Castro Neto	UFLA
Dr. Rafael Peron Castro	UFLA

Prof. Dr. Gabriel Araújo e Silva Ferraz

Orientador

Prof. Dr. Flavio Alves Damasceno

Profa. Dra. Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz

Coorientadores

LAVRAS-MG

2022

A DEUS primeiramente.

*A meus pais, Maria José e Edson, e minha irmã, Rose
por todo amor, apoio e incentivo dado em todos meus
anos de vida.*

*À minha noiva Juliana, pelo amor, apoio e grande
incentivo.*

*Ao Fraga por me apoiar e ajudar nos momentos mais
difíceis dessa jornada.*

*A meus avós José e Terezinha que estão junto de
DEUS, mas tenho certeza que continuam olhando por
mim.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras ao Laboratório de Pesquisa em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel e ao Laboratório de Resíduos do Departamento de Engenharia pela possibilidade de execução deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador, Prof. Gabriel Araújo e Silva Ferraz, pela confiança, orientação, conhecimentos, profissionalismo e principalmente pela compreensão e apoio nos momentos de dificuldade.

Ao meus coorientadores, Flavio Alves Damasceno e Patrícia Ponciano pela confiança, orientação, conhecimentos e profissionalismo.

Aos professores Pedro Castro Neto (UFLA), Antônio Carlos Fraga (UFLA), pelo apoio, dedicação, amizade, conhecimentos e profissionalismo durante os muitos anos de trabalho.

Ao amigo professor Carlos Eduardo Castilla Alvarez (UFLA), pela amizade, conhecimentos e profissionalismo.

Às fazendas onde foram coletados materiais e dados para essa pesquisa.

À secretária do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFLA, Helen, pela dedicação, paciência e comprometimento.

Todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King Junior)

RESUMO GERAL

Produtores de leite visam produtividades cada vez maiores e com melhor viabilidade econômica e ambiental. Para isso, boas práticas de manejo e novos métodos no confinamento estão sendo desenvolvidos e aperfeiçoados, buscando maior conforto aos animais e melhores condições de sanidade do rebanho leiteiro, de forma a refletir na qualidade e aumento da produção. Esta tese foi dividida em três capítulos, sendo o primeiro composto por uma revisão bibliográfica sobre os temas que serão discutidos no segundo e terceiro capítulos. O segundo capítulo trata da avaliação do posicionamento de vacas leiteiras em confinamento e o terceiro aborda o uso do composto produzido pelo sistema. Este trabalho visa gerar conhecimento a respeito do comportamento das vacas leiteiras em confinamento tipo *compost barn* e também avaliar o uso do composto orgânico produzido por este sistema de confinamento. O experimento foi realizado durante o ano de 2020, em uma propriedade rural no município de Itaguara – MG, com vacas da raça girolando. Os comportamentos avaliados foram os de posição deitada e em pé. O posicionamento das vacas foi avaliado por meio de filmagens de uma câmera fixa na frente do galpão. Foram realizadas filmagens entre março e novembro e feita análise visual e também por meio de software de inteligência artificial Yolo v3. Já a avaliação do uso do composto foi feita por testes em vasos com plantas de girassol, com diferentes doses de adubação sendo elas 0, 5, 25 125g por vaso. Foi detectado que o gado leiteiro apresentou preferência por ficar deitado e observou-se eficiência no uso de inteligência artificial para avaliação das imagens. Dentre as doses testadas a melhor foi de 125g, apresentando resultados positivos com relação ao crescimento das plantas e também na produção de grãos. Pode ser constatado então que o uso de softwares na avaliação de imagens para identificação de comportamento animal é efetivo e o uso do composto gera resultados positivos e possivelmente economia ao produtor.

Palavras chave: Confinamento. Inteligência Artificial. Comportamento Animal.

GENERAL ABSTRACT

Milk producers aim at increasing productivity and with better economic and environmental viability. For this, good management practices and new methods in confinement are being developed and improved, seeking greater comfort for the animals and better health conditions for the dairy herd, in order to reflect on the quality and increase of production. This thesis was divided into three chapters, the first consisting of a literature review on the topics that will be discussed in the second and third chapters. The second chapter deals with the evaluation of the positioning of dairy cows in confinement and the third addresses the use of the compost produced by the system. This work aims to generate knowledge about the behavior of dairy cows in compost barn type confinement and also to evaluate the use of organic compost produced by this confinement system. The experiment was carried out during the year 2020, on a rural property in the municipality of Itaguara - MG, with girolando cows. The behaviors evaluated were lying and standing. The positioning of the cows was evaluated by means of footage from a fixed camera in front of the shed. Filming was carried out between March and November and visual analysis was carried out using Yolo v3 artificial intelligence software. The evaluation of the use of the compost was made by tests in pots with sunflower plants, with different doses of fertilization being 0, 5, 25 125g per pot. It was detected that dairy cattle showed a preference for lying down and efficiency was observed in the use of artificial intelligence to evaluate the images. Among the doses tested, the best was 125g, showing positive results in relation to plant growth and also in grain production. It can be seen then that the use of software in the evaluation of images to identify animal behavior is effective and the use of the compound generates positive results and possibly savings for the producer.

Keywords: Confinement. Artificial intelligence. Animal behavior.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	6
INTRODUÇÃO	7
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
Instalações <i>Compost Barn</i>	9
Bem-estar animal.....	10
Comportamento de vacas.....	12
Avaliação de comportamento por inteligência artificial	15
Compostagem do material de formação da cama.....	19
Umidade da cama	22
Revolvimento e aeração da cama	22
Maturação do composto.....	23
Uso do composto como adubo orgânico.....	24
REFERÊNCIAS	26
CAPITULO 2 Análise do comportamento de vacas confinadas em instalação <i>compost barn</i>	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	38
Ambiente de confinamento	38
Manejo e rebanho	39
Parâmetros ambientais avaliados no galpão de confinamento.....	39
Avaliação do comportamento dos animais por imagens.....	40
Análise visual	41

Análise do comportamento de forma automatizada utilizando inteligência artificial	42
Validação do modelo de inteligência artificial proposto	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
Avaliação das variáveis ambientais	45
Avaliação do comportamento por meio de imagens.....	49
CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	58
CAPITULO 3 Aproveitamento do composto advindo de instalação <i>compost barn</i> como adubo orgânico	61
INTRODUÇÃO	62
MATERIAL E MÉTODOS	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS	75

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

RESUMO

Atualmente a região sudeste do Brasil se destaca com o maior volume de produção de leite, sendo o estado de Minas Gerais o que mais contribui para o fato, onde as regiões Campos das Vertentes e Zona da Mata são de grande representatividade na categoria, chegando a representar até 15% da produção total do estado. O desempenho da produtividade tem relação com os usos de tecnologias que potencializam a produção de leite. Com isso os sistemas de confinamento têm sido muito utilizados para melhorar o desempenho do gado leiteiro e também melhorar o bem-estar animal que está diretamente ligado a boas produções. O *compost barn* vem sendo utilizado pelos produtores mineiros como um sistema de menor custo e que apresenta bons resultados; no entanto, ainda necessita de pesquisa para que sejam definidas metodologias adequadas de manejo. Com isso a presente pesquisa visa avaliar métodos de avaliação de comportamento animal via inteligência artificial e também o benefício do uso do composto como adubo orgânico.

Palavras Chave: Gado Leiteiro. *Compost Barn*. Manejo Animal.

ABSTRACT

Currently, the southeastern region of Brazil stands out with the largest volume of milk production, being the state of Minas Gerais the one that most contributes to the fact, where the regions Campos das Vertentes and Zona da Mata are of great representation in the category, representing up to 15% of the state's total production. Productivity performance is related to the uses of technologies that enhance milk production. With that, confinement systems have been widely used to improve the performance of dairy cattle and improve animal welfare, which is directly linked to good productions. Compost barn has been used by Minas Gerais producers as a lower cost system that presents good results; however, research is still needed in order to define adequate management methodologies. With this, the present research aims to evaluate methods for evaluating animal behavior via artificial intelligence and the benefit of using the compost as an organic fertilizer.

Keywords: Dairy cattle. Compost Barn. Animal Management.

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro tem uma importância considerável para o país, sendo uma das atividades mais significativas ao produto interno bruto nacional, alavancando a economia do país e também obtendo destaque a nível mundial. Nesse âmbito, o Brasil se destaca dentre os maiores produtores de leite bovino do mundo, sendo as regiões sul e sudeste as responsáveis pela maior parte dessa produção.

Apesar de ser um dos maiores produtores mundiais de leite, o Brasil ainda apresenta um enorme potencial a ser explorado a fim de que se tenha uma alta produção com maior eficiência e rentabilidade. Para uma alta produção de leite, boas práticas de manejo e novos métodos no confinamento estão sendo desenvolvidos e aperfeiçoados, buscando maior conforto aos animais e melhores condições de sanidade do rebanho leiteiro, de forma a refletir na qualidade e aumento da produção.

O sistema intensivo de confinamento *compost barn*, introduzido recentemente no Brasil, vem sendo muito difundido no país e muitos produtores estão adotando o método. A criação do *compost barn* foi em meados de 1980 nos Estados Unidos, com o início de sua utilização no Brasil ocorrendo somente em 2012. Este sistema consiste em um galpão coberto com uma área de cama sem divisões para descanso dos animais, sendo o espaço forrado com material orgânico e absorvente, que se decompõe juntamente aos dejetos transformando-se em composto orgânico. O sistema *compost barn* se diferencia do sistema de confinamento *free stall*, por não ser individualizado e os dejetos não serem retirados, sendo deixados para formação de composto orgânico.

Os sistemas de manejo em confinamento possibilitam um maior controle dos fatores, principalmente ambientais, facilitando assim que o produtor proporcione um melhor bem-estar para seus animais de produção. O bem-estar animal é um fator de suma importância para se obter maiores produtividades e, com isso, vem crescendo o interesse por melhores práticas por parte dos produtores, também sendo observado o aumento em pesquisas visando definir padrões de bem-estar e métodos para atingi-los, principalmente de forma simples e sustentável. A observação do comportamento animal é importante para a definição do bem-estar para determinada espécie, podendo dessa forma determinar os padrões comportamentais em cada

situação em que o animal é submetido no manejo diário. Destacando os momentos tranquilos dos estressantes a partir da análise dos comportamentos observados, pode-se melhorar a vida do animal e conseqüentemente aumentar sua produtividade.

Além dos fatores que melhoram o conforto dos animais e também o aumento de produtividade, sistemas de confinamento como o *compost barn* possuem um viés sustentável do ponto de vista ecológico. Ao fim de cada ciclo o sistema proporciona ao produtor um grande volume de adubo orgânico proveniente da cama do gado, que pode ser aplicado em diferentes culturas que produz o alimento para o gado leiteiro, de forma que além de não gerar resíduos ainda proporciona economia com relação a compra de fertilizantes, que são dispendiosos por muitas das vezes serem provenientes de importação.

A observação visual do comportamento animal é uma técnica antiga, porém com o avanço das tecnologias digitais esse trabalho vem sendo feito com o auxílio de equipamentos e softwares que além de auxiliar apresentam precisão cada vez maior nos resultados encontrados. O uso de câmeras e sensores pode ser feito tanto para observação visual dos seus resultados quanto para análise em programas de inteligência artificial, que podem analisar um volume muito grande de informações com tempo ínfimamente pequeno, se comparado ao tempo que uma pessoa levaria para analisar os dados visualmente.

Desta maneira o presente trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de vacas em confinamento do tipo *compost barn* e, também, avaliar a utilização do composto proveniente da cama deste sistema como fonte de adubação orgânica. Especificamente objetiva-se identificar os padrões comportamentais apresentado pelo gado; avaliar o uso de inteligência artificial para a análise do comportamento do gado por imagens; caracterizar quimicamente o composto produzido pelo sistema *compost barn* e; avaliar a possibilidade de utilização do composto como adubo orgânico

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico será apresentado o referencial teórico sobre os assuntos abordados no presente trabalho.

2.1 Instalações *Compost Barn*

O *compost barn* (celeiro de compostagem) é um sistema de confinamento que consiste de uma área de piso de terra batida ou concretada, coberta com uma camada de material absorvente e macio para a formação da cama, proporcionando um ambiente mais livre para o animal se movimentar e deitar de forma natural. Independentemente das condições ambientais (tempo seco ou chuvoso), o sistema de *compost barn* necessita um manejo adequado, para que a cama se mantenha durante todo o ano, macia e com a umidade ideal para que não haja proliferação de microrganismos causadores de doenças, principalmente a mastite (ECKELKAMP et al., 2016). De acordo com Leso et al. (2013) desde o início do uso do *compost barn* na Itália foi observada a diminuição drástica de mastite, que levou a uma rápida apreciação do método de confinamento pelos produtores devido aos benefícios para a saúde do úbere e longevidade aos animais.

O sistema de confinamento *compost barn*, introduzido recentemente no Brasil, vem sendo muito difundido no país e muitos produtores estão adotando o método. De acordo com Silva (2018), a criação do *compost barn* foi em meados de 1980 nos Estados Unidos, com o início de sua utilização no Brasil no ano de 2012 (BRITO, 2016). Este sistema consiste em um galpão coberto com uma área de cama sem divisões para descanso dos animais, sendo o espaço forrado com material orgânico e absorvente, que se decompõe juntamente aos dejetos transformando-se em composto orgânico (SILVA, 2018).

O foco do desenvolvimento do sistema de confinamento em *compost barn* foi principalmente elevar o conforto e aumentar a longevidade das vacas, além disso tem sido observado que o método vem proporcionando condições de vida mais naturais aos animais alojados (LESO et al., 2020). Ainda segundo Leso et al. (2020), manter a cama do galpão de *compost* com umidade baixa e arejada é de suma importância para que se mantenha os níveis baixos de patógenos causadores de mastite e outras doenças.

O material base para formação da cama na maioria dos casos é serragem ou maravalha, que são cavacos de madeira provenientes do beneficiamento da matéria prima na indústria madeireira. Sendo um resíduo, seu custo é baixo, no entanto pode ocorrer desse material ser de difícil aquisição em algumas regiões ou mesmo acontecer uma falta de material (PILATTI, 2017). Devido a esses e outros fatores, alguns produtores optam por acrescentar ou mesmo fazer o uso total de outros materiais, como cascas residuais provenientes do beneficiamento de grãos em geral, principalmente quando esse resíduo é produzido na própria fazenda ou em propriedades vizinhas ao confinamento. A dimensão das partículas e o formato têm grande importância, pois partículas de grandes dimensões e pontiagudas podem ocasionar lesões aos animais, abrindo portas para a entrada patógenos, levando a infecções que causariam prejuízo ao produtor, por isso Shane et al. (2010) recomendam em seu trabalho o uso de partículas de aproximadamente 2,5cm de comprimento e não pontiagudas, de materiais que promovam boa absorção dos líquidos. O material da cama e o tempo úmido são fatores de real influência principalmente por dificuldade de secagem da cama, sendo o tamanho dos animais outro fator que irá influenciar a secagem da cama, já que animais de maior porte aumentam a quantidade de fezes e urina excretados durante o dia, aumentando a umidade da cama, fatores esses que exigem uma área maior para cada animal, no entanto clima seco e animais menores podem possibilitar a disposição de uma área menor por animal (SILVA, 2018).

O custo de implantação do *compost barn* tem se mostrado menor quando comparado ao confinamento em *free stall*. O *compost barn* se mostra também de maior facilidade de construção, possuindo menos estruturas, áreas construídas e concretadas, visto que o *free stall* é individualizado e com isso, demanda a construção e montagem de estruturas para separação dos animais (PILATTI, 2017). Demonstrando ser um sistema de confinamento mais viável que o *free stall*, o *compost barn* pode ser considerado uma alternativa de sistema de confinamento para vacas leiteiras, precisando ainda de mais estudos sobre o assunto para solucionar as dúvidas relacionadas ao manejo da cama, sanidade e o comportamento animal (PILATTI, 2017).

2.2 Bem-estar animal

O bem-estar animal é de suma importância para se obter uma produção de qualidade, sendo cada vez mais difundidos os resultados positivos de pesquisas relacionadas ao bem-estar

animal. Como foi apresentado por Silva et al. (2019), que fala sobre a influência de agentes estressores sobre os resultados positivos na produção leiteira bovina. Para que fossem definidos padrões de bem-estar, os pesquisadores precisaram ter uma profunda intimidade com os sentidos e sentimentos dos animais estudados, a fim de entendê-los da melhor e mais precisa forma possível, evitando assim o sofrimento e desconforto dos mesmos (BROOM & MOLENTO, 2004). Em seu trabalho, Silva et al. (2017) expressam a importância da conexão entre os produtores e os animais do seu rebanho, para que haja percepções de mudanças de comportamento e preferências dos animais, obtendo-se assim uma produção de qualidade e também altas produtividades em sua unidade de produção.

A definição de bem-estar animal (BEA) vem da fundamental relação de entendimento das necessidades, sentimentos, sentidos e sanidade dos animais, não podendo ser expresso como absoluto ou somente algo bom (SILVA et al., 2019). As designações do BEA são descritas como adequado ou alto, pobre ou baixo e também como “bem-estar bom” e “bem-estar ruim”, sendo todas essas expressões consideradas validadas cientificamente, sendo assim usadas como padrão de nomeação (BROOM & MOLENTO, 2004). A Organização Mundial da Saúde Animal (OIE) tem por definição de um animal em pleno bem-estar quando o mesmo se encontra saudável, em ambiente seguro e confortável, com boa nutrição, com estado emocional positivo e capacitado de manifestar seus comportamentos naturais. Contrariamente, a forma de estado de um bem-estar ruim é determinada pela OIE com a presença de dor, medo ou angústia, podendo ser comprovado em análise laboratorial quando há obtenção de resultados que indicam elevados níveis de secreção do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) (GIBBS, 2014).

Os profissionais desde o início dos anos 2000, vêm passando por mudanças das técnicas de manejo visando atender a demanda nas questões sobre BEA. Sendo assim, o Conselho Federal de Medicina Veterinária vem impulsionando a pesquisa e a divulgação dos resultados de trabalhos envolvendo o bem-estar animal, vindo até a criar a Comissão de Ética e Bem-estar Animal (Cebea), visando assim proporcionar à sociedade a disponibilidade de profissionais altamente gabaritados para trabalhar no setor agropecuário do Brasil (BROOM & MOLENTO, 2005).

2.3 Comportamento de vacas

O ramo da ecologia que estuda os hábitos dos animais e a acomodação dos seres vivos às condições ambientais é a etologia. Pode ser chamado de comportamento tudo aquilo que se percebe de reações de um animal ao ambiente a seu redor (FERRAZ, 2011). Observações de movimento e postura dos animais são fundamentais para o estudo de comportamento, no entanto é de suma importância que se obtenha dados precisos sobre suas ações. Essa identificação comportamental fornece informações para o gerenciamento tanto dos animais quanto da área que eles vivem (SCHEIBE & GROMANN, 2006).

Os animais criados em sistema de confinamento tendem a apresentar comportamento sincrônico, de tal forma que podem ser observados hábitos de alimentar, ruminar e descansar feitos em conjunto (PEREIRA, 2017). Vacas confinadas passam de 4 a 6 horas por dia se alimentando com média de 7,3 refeições ao dia. Esse tempo de alimentação varia em função de vários fatores, como o estágio de lactação, ordem de parto, quantidade e qualidade dos ingredientes presentes na formulação do alimento e também o horário de fornecimento (AZIZI et al., 2010). Os bovinos apresentam hábito alimentar diurno, sendo os picos de alimentação ao nascer e ao pôr do sol quando criados livres a pasto, no entanto o gado apresenta maior intensidade de alimentação imediatamente após a entrega do alimento e após a ordenha quando em confinamento (PEREIRA, 2017).

A exigência de nutrientes muda de acordo com a produtividade do rebanho, de modo que quanto maior a produção maior a necessidade nutricional. A variação do teor de matéria seca vai de 50 a 75%, sendo que alterações de acréscimo ou decréscimo desses valores influenciam no tempo de alimentação dos animais e conseqüentemente na quantidade ingerida, pois os animais possuem uma capacidade natural de regulação de ingestão de matéria seca do alimento (PEREIRA, 2017).

Vacas primíparas e múltiparas apresentam hábitos diferentes de alimentação, por isso alguns pesquisadores analisaram a interferência da ordem de parto no comportamento alimentar das vacas em confinamento. Em Azizi et al. (2010) os autores afirmam que vacas em alojamento *free stall* apresentaram menor frequência de alimentação quando eram múltiparas, porém a quantidade ingerida em cada refeição era significativamente maior se comparadas com as vacas

primíparas. Fornecer alimentos frescos proporcionam impactos significativos no comportamento alimentar de vacas, diminuindo assim o tempo que permanecem deitadas e também o momento de alimentação. Testes observando vacas da raça holandesa comprovaram que 86% dos animais comeram imediatamente após o fornecimento e 26% comeram após a ordenha, indicando que devido a ficarem em pé esperando a ordenha as vacas têm preferência de descansar a se alimentar (VAN DORLAND et al. 2008).

Dentre as atividades do gado, a ruminção é considerada uma das mais importantes entre as manifestações físicas em bovinos leiteiros, refletindo na saúde das vacas e com influência direta no bem-estar dos animais (GRANT & DANN, 2015).

Algumas pesquisas demonstram que a privação de descanso em vacas lactantes influencia diretamente a produção do leite e também o desenvolvimento do feto em vacas gestantes, devido ao aumento do fluxo sanguíneo na glândula mamária e também no útero durante o ato de deitar (NISHIDA et al., 2004, PEREIRA, 2017). A necessidade de deitar aumenta consideravelmente depois dos animais passarem por uma privação de 3 horas consecutivas, sendo apresentado que vacas leiteiras mantêm um hábito de permanecerem deitadas por um período de 10 a 13 horas diárias, quando criadas em instalações *compost barn* em clima temperado (ECKELKAMP et al., 2014).

Algumas situações nas instalações influenciam bastante o comportamento e o bem-estar dos animais. Em galpões com superlotação os animais tendem a mudar seu comportamento, uma vez que o tempo de descanso diminui pois ocorre concorrência por espaço, deixando os animais estressados, aumentando o nível de interações agressivas e também de doenças oportunistas que aproveitam da diminuição de imunidade em situações estressantes (PEREIRA, 2017). Outra situação que influencia o comportamento dos animais é a dificuldade de locomoção ocasionada principalmente por pisos escorregadios e, por isso, além de proporcionar facilidade ao caminhar a cama deve ser macia, prover conforto térmico e manter a limpeza das vacas deixando-as saudáveis (CHAPLIN et al., 2000, PEREIRA, 2017).

Fatores ambientais como chuvas prolongadas, alta umidade relativa, menor radiação solar entre outros, apresentam grande influência na agropecuária, o que pode induzir mudanças

no comportamento do gado leiteiro. Animais em geral possuem uma faixa de temperatura em que se encontra o conforto térmico, esse intervalo de temperatura ambiente é denominado zona de termoneutralidade. Essa é a faixa em que o sistema de termorregulação do animal não é acionado, de tal forma que o dispêndio de energia para manutenção da temperatura corporal passa a ser mínimo, deslocando o gasto de energia para a produtividade do animal. O gado leiteiro da raça holandesa apresenta sua zona de termoneutralidade entre 7 e 21°C (PEREIRA, 2017).

A mudança de comportamento dos animais é um indicativo primário de que sentiram a mudança meteorológica. A busca por áreas sombreadas, com mais ventilação e em sistemas de confinamento debaixo dos ventiladores e com maior permanência de pé, são indicativos claros de que os animais estão passando por um período de estresse ameno devido a mudança do bioclima. Os animais buscam formas de dissipar o calor à medida que aumenta a intensidade do calor (ALLEN et al., 2015). O calor provoca mudanças que interferem na motilidade do rúmen, Tapki e Sahin (2006) demonstram em seu trabalho que o aumento da temperatura ambiente de 25°C para 40°C acarreta na diminuição da ingestão de alimentos, da atividade ruminal e também da locomoção. Foi verificado que os animais passaram também a ficar mais tempo em pé, prejudicando assim a produtividade das vacas (HERBUT et al., 2018). Altas temperaturas podem influenciar até mesmo na reprodução, sendo o estresse provocado pelo calor causador de menor intensidade e duração de estro, menores taxas de gravidez e também maiores perdas de embriões (KAJAYSRI e WATTANANORASATE, 2018). Com relação ao nível de umidade da cama, é observado que as vacas leiteiras têm preferência por ficar deitadas em camas secas, sendo observado que em estudos realizados em locais com camas mais úmidas os animais permanecem mais tempo em pé do que em ambientes com cama seca (PEREIRA, 2017).

Os pesquisadores da área de comportamento animal vêm desenvolvendo diferentes métodos para o estudo e avaliação do comportamento e bem-estar animal, mas de acordo com Lopes et al. (2016) a forma mais prática e mais utilizada pelos profissionais e pesquisadores é a observação visual, seja ela pessoalmente, com auxílio de binóculos ou filmagens com câmeras de monitoramento. Entretanto, fazer a análise visual tem seus pontos de dificuldade, que podem vir a limitar a avaliação e comprometer a sua qualidade. No trabalho de Veit et al. (2018), os autores citam que o período noturno, áreas extensas e com possíveis obstáculos, possibilidade de

interferência do observador e outras variáveis são passíveis de causar interferência nos resultados da avaliação visual.

O estudo de comportamento animal pode ser feito para observação e análise de outras questões específicas que não seja o bem-estar, podendo ser preferência por alimentos, reação dos animais a determinadas situações e tratamentos, podendo assim serem avaliadas possibilidades de mudanças de manejos, alimentação e outros fatores. Como visto no trabalho de Krolow et al. (2014), que visava avaliar comportamento ingestivo de vacas pastando azevém com diferentes opções de suplementação proteica, foi empregado o uso de observação visual para avaliar o ritmo de atividades e frequência de bocados, obtendo resultados positivos, conseguindo assim apresentar a viabilidade dos alimentos. Já Castro et al. (2018) avaliou o comportamento de vacas em pastejo com e sem sombreamento, sendo utilizados vários métodos de análise para os diferentes parâmetros da pesquisa, aplicando-se o método de observação visual para a variável frequência respiratória.

Além de estudar o efeito do ambiente no comportamento animal, o inverso também é buscado, havendo algumas pesquisas que avaliam o efeito causado no *compost barn* devido ao comportamento do gado na cama. O uso de tecnologias computacionais é cada vez mais utilizado em pesquisas comportamentais, como visto no trabalho de Vieira et al. (2021), que utilizaram indicadores biotermiais para avaliar o efeito do comportamento das vacas na cama de *compost*, gerando precisão nos resultados obtidos.

2.3.1 Avaliação de comportamento por inteligência artificial

No cenário atual mudanças são exigidas na produção e na gestão agropecuária, de forma que um sistema de monitoramento animal pode ajudar o pecuarista a melhorar sua gestão, aumentar o bem-estar do rebanho e a produção, tudo isso por meio de análises comportamentais do gado (LOMBA et al., 2015). A pecuária de precisão faz a gestão de bovinos partindo do uso da tecnologia da informação e comunicação, garantindo assim boas práticas de produção, além de quebrar paradigmas, pois os dados passam a ser, em muitos casos, tratados de forma individual para cada animal, de modo distinto do modelo que considera valores generalizados de amostragem do rebanho (CÁCERES et al., 2011).

O monitoramento animal por sensores e uso de tecnologia computacional vêm sendo utilizados com maior frequência. Um exemplo de uso destas tecnologias é o trabalho de Godsk e Kjaergaard (2011) que propuseram o monitoramento do gado por sensores GPS em coleiras. Este trabalho possibilitou a identificação automática dos movimentos dos animais, coletando informações de posicionamento vertical e horizontal. Dessa forma foi possível identificar quando e quanto tempo o animal ficou deitado, o tempo de alimentação, o tempo que o animal ficou andando, os locais de preferência, dentre outros. Considerado de baixo custo e a baixa necessidade de estrutura, o uso de sensores GPS em coleiras vem sendo utilizados de forma vantajosa no acompanhamento da movimentação bovina, com o propósito de reconhecimento das atividades dos animais (JESUS, 2014).

O uso de tecnologias computacionais na identificação do comportamento animal, em geral apresentam como limitação o consumo de energia e a duração da carga das baterias. É fundamental que o sistema utilizado no monitoramento de gado possua baixo custo, devido ao grande número de itens necessários em função do tamanho do rebanho, também é ideal que a gestão de energia seja o mais eficiente possível para que se tenha um maior período disponível sem interferência humana na avaliação (LOMBA, 2015).

O ser humano tem por natureza a facilidade de detecção e identificação de objetos e seres ao seu entorno, mesmo que a circunstância da observação não seja das melhores, sem importar posicionamento, cores ou texturas, estar parcialmente obstruído dentre outras situações, fazendo parecer trivial. No entanto essa mesma detecção e identificação se feita por uma ferramenta computacional, exige muito processamento de dados para extrair apenas algumas informações sobre as formas e objetos presentes em uma imagem (AHMAD et al., 2020).

Na perspectiva computacional, detectar um objeto se refere a localizar e identificar um objeto em específico seja em imagem ou vídeo, sendo que as etapas básicas são a extração de características, o processamento de características e a classificação de objetos (DU et al., 2016). A extração de características representa um papel primordial no processo de detecção e identificação de objetos, quanto mais informações redundantes para serem modeladas melhor o desempenho da detecção de ponto de interesse anterior, dessa forma a próxima identificação será sempre melhor que a anterior (ERIC et al., 2019).

Diferentes técnicas vêm sendo utilizadas para detecção de objetos com precisão e eficácia em aplicações variadas. Contudo, esses métodos ainda apresentam falhas de precisão e eficiência, problemas que podem ser melhorados com o uso de aprendizado de máquina e métodos de rede neural profunda que apresentam maior eficácia na reparação de erros na detecção de objetos (AHMAD et al., 2020).

Os estudos sobre redes neurais e a busca por modelos computacionais que funcionem semelhantemente a uma célula do cérebro vêm dos anos 40 com os estudos de McCulloch & Pitts (1943) e (FERNEDA, 2006). A inspiração das redes neurais vem da modelagem da biologia cerebral, buscando reproduzir algumas de suas funções recorrendo a simples unidades de processamento que são interconectadas fortemente: os neurônios. A típica estrutura das redes neurais é integrada por várias camadas de neurônios sendo alimentados uns pelos outros, e quanto maior o número de camadas é dito que a rede é mais profunda (BARROS et al., 2020).

Ultimamente, as CNNs (redes neurais convolucionais, do inglês: *convolutional neural network*) são o modelo mais utilizado em reconhecimento de imagem devido a sua capacidade de alcançar resultados de muito sucesso (GIRSHICH et al., 2014, REN et al., 2015). Hoje em dia, existem inúmeras arquiteturas de redes neurais convolucionais, como aquelas apresentadas por Rivas et al. (2018). No entanto, deve-se apontar para o fato de que tais implementações e ideias sobre CNNs existem desde os anos 1980. Em 1998, LeCun et al. estabeleceram as bases mais importantes do que hoje é conhecido como CNNs, e focado em sua aplicação no campo do reconhecimento de imagem. Este tipo de rede neural consiste em três camadas: (1) uma camada convolucional que é responsável para aplicar vários filtros a uma imagem para extrair suas características principais; (2) uma camada que diminui as dimensões da imagem, aprimorando os recursos mais importantes; e (3) uma camada que consiste em uma Rede Neural Multi-Layer responsável pela classificação (RIVAS et al., 2018).

Se tratando da utilização da tecnologia de detecção de objetos baseada em rede neural convolucional (CNN, do inglês: Convolutional Neural Network), o YOLO pode ser usado para o projeto de modelos de rede sendo mais rápido e fácil do que outros métodos (REDMON & FARHADI, 2017). Os desenvolvedores podem projetar facilmente um modelo de CNN, mesmo com pouco conhecimento em aprendizado profundo, usando a tecnologia de detecção de objetos

mesmo não sendo especializados (HAN et al., 2020). O YOLO foi apresentado pela primeira vez em 2016 e após isso passou por constante melhoramento, dando origem as versões v2 e v3 em 2017 e 2018, respectivamente, sendo apresentadas versões mais leves do programa (REDMON & FARHADI, 2018). Estudos mostraram falhas de detecção na arquitetura YOLO, Xu e Wu (2020) sugeriram um YOLOv3 com melhorias usando DenseNet e detectaram os alvos de sensoriamento remoto multi-escala para resolução dos problemas de desempenho de detecção para objetos de menores dimensões, o que é um ponto fraco da arquitetura YOLO. A versão v2 tem algumas propriedades preferíveis para construir sistemas para aplicativos do mundo real: ele funciona quase em tempo real usando uma única GPU, e sua precisão da detecção está próxima do estado da arte em benchmarks de escala intermediária, como PASCAL VOC e MS COCO (SHAO et al. 2020). O pré-treinamento desempenha um papel importante na precisão do detector (He et al. 2018) e generalização quando os dados de treinamento são pequenos (por exemplo, <10k imagens MS COCO) (RAZAVIAN et al. 2014).

Nos resultados da pesquisa de Shao et al. (2020) os autores relatam que o programa YOLOv2 apresentou bom desempenho na detecção do gado, através da aplicação do método de otimização da resolução, o que definiu as bases para contagem do gado por meio da fusão dos resultados de detecção. Na pesquisa em questão também pode ser visto que os resultados de gado imóvel são próximos do valor real, e os valores de não captado, contagem dupla e não gado são baixos de acordo com a avaliação dos autores. O algoritmo do YOLOv3 se difere de outros algoritmos tradicionais, pois realiza previsão de classe e caixa delimitadora simultaneamente, utilizando apenas rede neural para prever tanto as caixas delimitadoras (bounding boxes) e probabilidades de classe (REDMON e FARHADI, 2018). YOLO é classificado como um detector de objetos de apenas um estágio, dividindo a imagem de entrada em forma de grade (*grid*), em seguida adicionadas pontuações de segurança nas caixas delimitadoras (HUANG et al., 2017).

As principais vantagens do YOLOv3 são as 3 escalas de detecção que reduzem a imagem original em *grids* de dimensões 16x16, 32x32 e 64x64 pixels, ao considerar uma imagem de entrada de 512x512 pixels. Além disso, é usado como extrator de características o Darknet-53, uma versão melhorada do extrator de características Darknet-19 que é usado no YOLOv2, no qual foram introduzidas mais camadas convolucionais e o uso de blocos residuais.

Durante o treinamento do YOLOv3, a célula do *grid* no qual o centro do objeto está dentro é a responsável por fazer a previsão, cada célula do *grid* possui 3 caixas delimitadoras conhecidas como caixas de âncora. As caixas âncora têm seus tamanhos previamente selecionados com base nos objetos do banco de dados, facilitando o processo de aprendizagem. Desta forma a rede não precisa aprender do zero os aspectos geométricos dos objetos, apenas a ajustar essas caixas de âncoras da forma que o objeto possa ser localizado corretamente.

No processo de treinamento do YOLO Rivas et al. (2018) obtiveram na detecção do gado uma precisão média de 97,1% (96,2% da classificação da amostra alvo e 98% nas amostras de fundo) e no processo de teste 95,5% (91,8% nas amostras alvo e 99,3% nas amostras de fundo). Já no estudo apresentado por Furukawa (2018), utilizando de imagens aéreas para análises de detecção foi obtida a precisão de 98,16% para alvos e 99,69% para fundos.

2.4 Compostagem do material de formação da cama

O processo de compostagem em leito nas instalações *compost barn* é análogo ao processo em pilhas de composto. A decomposição ocorre de forma aeróbica sendo controlada pela ação dos microrganismos e a estabilização da matéria orgânica bruta é concluída quando se verifica a transformação em húmus. O material final decorrente do processo de decomposição é destinado para a adubação orgânica (COTTA et al., 2015).

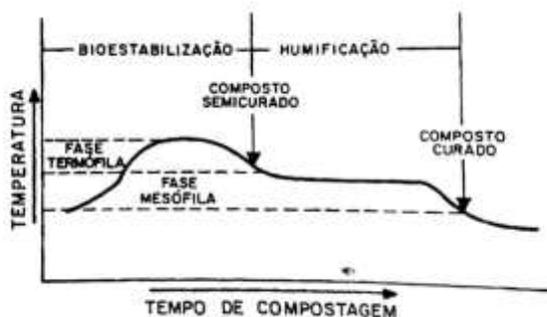
A compostagem ocorre quando existe água, oxigênio, carbono orgânico e nutrientes para estimular o crescimento microbiano. No processo de compostagem os microrganismos decompõem a matéria orgânica e produzem dióxido de carbono, água, calor e húmus. O processo de compostagem mais comum na agricultura é conduzido em pilhas de compostagem por um período de, aproximadamente, 3 meses. Diferentes comunidades de microrganismos (incluindo bactérias, leveduras e fungos) predominam em diferentes fases da compostagem. Os microrganismos responsáveis pela compostagem preferem o nitrogênio amoniacal ao nitrogênio nítrico. O pH ótimo para a maioria dos microrganismos varia entre 5,5 e 8,5. Com temperaturas superiores a 40°C começam a predominar os termofílicos. Com temperaturas acima de 55°C muitos dos microrganismos patogênicos para os humanos ou para as plantas são destruídos. Acima dos 65°C são destruídos a maioria dos microrganismos, incluindo aqueles que são responsáveis pela decomposição.

A temperatura é um dos principais fatores para determinar se o processo de compostagem se processa como desejável. A produção de calor de um material é indicativa da atividade biológica desse material e, por isso, indiretamente do seu grau de decomposição. A produção de calor depende da velocidade a que a decomposição se processa (ou da velocidade a que os microrganismos crescem e atuam), e esta depende do teor de água, arejamento e relação C/N da mistura dos materiais, da forma e do tamanho da pilha de compostagem (que afeta o arejamento e a dissipação do calor do composto) e da temperatura exterior à pilha. Quando o composto está estático, os mecanismos de dissipação do calor, do interior da cama para o exterior, incluem a condução, a convecção e a radiação (BIDLINGMAIER, 1985).

Deve-se registrar a temperatura de vários pontos da cama, no interior e no exterior, ou em diferentes camadas. A temperatura deve alcançar os 40 a 50 °C em dois ou três dias, devendo se manter estável durante todo o período de uso desse material como cama. Devendo cair a temperatura somente quando o material for retirado do galpão de *compost barn* e colocado para terminar o curtimento para posterior uso como fertilizante orgânico.

A compostagem pode ser dividida em duas partes (Figura1), a primeira é mais ativa e caracteriza-se por uma forte atividade metabólica e pelo aumento de temperatura dos materiais em decomposição, e inclui uma fase termofílica, e outra mesofílica. A segunda parte caracteriza-se por taxas metabólicas muito mais reduzidas, durante a qual o material se torna estável, escuro, amorfo, com aspecto de húmus e um cheiro de terra (KIEHL, 1985).

Figura 1 – Curva padrão da variação da temperatura do resíduo durante o processo de compostagem.



Fonte: KIEHL (2002).

A decomposição em um processo normal ocorre mais rapidamente na fase termofílica (40-60°C) que pode demorar semanas ou mesmo meses dependendo do tamanho e da composição da pilha de compostagem (KIEHL, 2002). Durante a fase termofílica as temperaturas elevadas aceleram a hidrólise das principais moléculas estruturantes dos materiais em compostagem, designadamente, proteínas, gorduras e hidratos de carbono complexos como as celulosas e hemicelulosas. Neste período devem ser destruídos os organismos patogênicos e ovos de parasitas. Tendo vista que no *compost barn* a adição de material é contínua, o composto se estabiliza na fase termofílica e só passa dessa fase com a retirada do material do galpão de confinamento.

Convém impedir que a temperatura da cama ultrapasse muito os 65°C porque os microrganismos benéficos são eliminados e gera desconforto aos animais. Nestes casos o revolvimento da cama e respectivo arejamento diminui as temperaturas porque o calor se dissipa. Contudo, Rifaldi et al. (1992) sugeriram que durante a compostagem a temperatura deveria alcançar um valor de 65°C, ou superior, para uma umidade de 40%, ou superior, pelo menos 6 dias ou dois períodos de três dias consecutivos para garantir a eliminação dos organismos patogênicos e da viabilidade dos ovos de parasitas. A manutenção de temperaturas termofílicas (45-65°C) tem suma importância, dado que somente assim consegue-se maior eficiência no processo, sendo que haverá aumento da degradação e eliminação dos organismos patogênicos, ovos de helmintos e outros agentes causadores ou transmissores de doenças são eliminados, tornando mais seguro o uso do composto. (PEREIRA NETO, 2007).

A temperatura deve aumentar durante a primeira semana e a cama deve estar com a temperatura estabilizada após 5 a 6 semanas. Quando após o revolvimento da cama não há um aumento significativo da temperatura poderá considerar-se que a compostagem está terminada, sem prejuízo da existência de um período mais longo de amadurecimento (cura) do composto. Um composto estará maduro quando a sua temperatura se mantém constante durante a movimentação do material (JIMENEZ E GARCIA, 1989).

2.4.1 Umidade da cama

No confinamento em *compost barn*, a área de alimentação é normalmente separada da área de cama, sendo ela adjacente e com livre acesso para que o animal possa se alimentar e beber água, sem que a cama sofra com excessos de umidade provenientes dos bebedouros, dessa forma a cama se mantém mais seca e com baixa compactação por mais tempo, facilitando o manejo e aumentando o bem-estar (SILVA, 2018).

Um teor de água de 50 a 60% é considerado indicado para a compostagem. Abaixo de 35-40% de umidade a decomposição da matéria orgânica é fortemente reduzida e abaixo de 30% de umidade praticamente é interrompida. O limite superior depende do material e do tamanho das partículas sendo frequentemente considerado entre valores de 55 e 60% de umidade. Uma umidade superior a 65% retarda a decomposição, e produzem-se maus odores em zonas de anaerobiose localizadas no interior da cama, para além de permitir a lixiviação de nutrientes (PEREIRA NETO, 2007).

Quanto maior a umidade da cama menor a oxigenação e, por consequência, torna-se mais difícil o trabalho dos microrganismos decompositores que são aeróbios. Devido a isso existe a necessidade de aerar a cama por revolvimento, por vezes utilizar os ventiladores como auxílio e também fazer a área de alimentação e bebedouros separados, porém com livre acesso para os animais (SIQUEIRA, 2013).

2.4.2 Revolvimento e aeração da cama

O revolvimento do material tem a função de deixar a cama mais solta e descompactada, melhorando o conforto dos animais, permitindo que a umidade diminua, a sanidade se mantenha e os animais produzam de maneira plena. O revolvimento promove também a aeração do composto aumentando o nível de oxigênio disponível para os microrganismos, evitando assim a falta de O₂ que irá diminuir a população de microrganismos aeróbicos responsáveis pela compostagem da cama. Isso possibilita que, além de manter os animais sadios, haja a produção de um fertilizante orgânico de alta qualidade, podendo o produtor aplicá-lo na lavoura e diminuir os gastos com adubos para a produção de alimento para seu rebanho leiteiro (SILVA, 2018).

O processo de decomposição da matéria orgânica na compostagem ocorre por aerobiose, sendo um processo que só se desenvolve com a presença de oxigênio livre e organismos aeróbicos, caracterizado pela alta temperatura desenvolvida no composto, pela ausência de maus odores, pelo menor tempo de degradação da matéria orgânica e pelas reações de oxidação e oxigenação que se dão no processo (KIEHL, 2002).

Se a atividade anaeróbia for intensa resultarão cheiros desagradáveis que não devem acontecer se o processo de compostagem for bem conduzido. Se o composto começar a cheirar mal é provável que esteja muito molhado e que necessite de arejamento ou de um material poroso (PEREIRA NETO, 2007).

Segundo Pereira Neto (2007) um ciclo de revolvimento satisfatório deve ser feito a cada três dias, no caso do *compost barn* o recomendado é fazer a revolução do material de duas a três vezes por dia pois favorece a atividade microbiológica e a degradação, homogeneiza a massa e exerce ações físicas de quebra das partículas. Observa-se que em ciclos de revolvimento feitos com menor frequência não atendem muito a demanda mínima de oxigênio requerido pelos microrganismos para a estabilização da matéria orgânica.

2.4.3 Maturação do composto

Os métodos desenvolvidos para avaliar a maturação dos compostos orgânicos baseiam-se, geralmente, em ensaios químicos com base em extratos dos compostos, ou em ensaios biológicos, e incluem: a relação C/N; métodos cromatográficos para determinação do conteúdo de substâncias húmicas e o grau de polimerização dos compostos húmicos; testes colorimétricos dos extratos húmicos; análise de polissacarídeos; testes da atividade respiratória; medições de adenosina trifosfatada; teste à produção de calor e testes de fitotoxicidade (MOREL et al., 1985; BIDLINGMAIER, 1985; ZUCCONI & BERTOLDI, 1987; JIMENEZ & GARCIA, 1989; INBAR et al., 1990; BARDOS et al., 1992).

A produção de calor de um material, por exemplo, é indicativa da atividade biológica desse material e, indiretamente, do seu grau de decomposição (BIDLINGMAIER, 1985). Um composto estará maduro quando a sua temperatura se mantém mais ou menos constante durante a movimentação do material (JIMENEZ & GARCIA, 1989). Os odores causados pelo nitrogênio

amoniaco e ácidos voláteis de baixo peso molecular também não deve estar presente mesmo quando se movimentam o material.

As técnicas para avaliação da maturação dos compostos orgânicos podem basear-se nas transformações que se processam na matéria orgânica durante a compostagem. A densidade óptica, por exemplo, do extrato alcalino dos materiais orgânicos em decomposição, lida por colorimetria no comprimento de onda de 450 nm, altera-se com o tempo de compostagem e revela maturação assim que ocorre o patamar da curva (MOREL et al., 1985).

2.5 Uso do composto como adubo orgânico

O aproveitamento de resíduos orgânicos, como o esterco de vaca, representa uma forma equilibrada de fornecer nutrientes às plantas, como por exemplo na safra de milho para silagem, que é usada como alimentação do rebanho leiteiro, formando um ciclo com os nutrientes (NASCIMENTO et al., 2008; PESCUOMO & IGARASI, 2013).

Em decorrência da crescente preocupação com as questões ambientais e impactos gerados por resíduos orgânicos de sistemas de alojamentos de animais, cresce também o interesse no processo de compostagem e reciclagem desses resíduos (COTTA et al., 2015). Os dejetos das camas de gado leiteiro nas instalações *compost barn* podem suprir uma grande demanda por fertilizantes. Além disso, com o aumento contínuo do consumo de alimentos derivados da pecuária sustentável, o uso de esterco gerado a partir da fazenda se torna viável em diferentes aspectos (MOTA et al., 2017).

Os valores de referência apresentados na pesquisa de Galama et al. (2015) são a demanda de 8,4 t de aparas de madeira e/ou serragem por vaca ao ano e a obtenção da produção de 12 t de composto por vaca ao ano. No entanto, esses números podem variar significativamente entre as propriedades devido a diversos fatores ligados ao gado. Com a disponibilidade de material da cama maturada, os autores ainda propõem que o material pode ser reaproveitado pelos produtores tanto na forma de adubo orgânico para suas lavouras quanto para revenda para outras fazendas.

Em análises comparativas de antes e depois do solo que foi adubado com composto proveniente de confinamento *compost barn*, houve diminuição do teor de alumínio e aumento do P-Rem. resultados esses encontrados na pesquisa de Oliveira et al. (2014), que também

constatarem aumento da CTC (capacidade troca de cátions), os autores relacionam este acréscimo à menor perda por mineralização com matéria orgânica. De acordo com Abreu Júnior et al. (2005), os efeitos fundamentais propiciados pela utilização de resíduos orgânicos na agricultura estão de modo direto relacionados ao aumento da MO do solo ao longo de consecutivas aplicações.

Estudos têm apresentado efeitos positivos e graduais no uso de esterco especialmente esterco de vaca, apresentando melhora nos parâmetros do solo nas safras seguintes aumentos de produtividade, sendo utilizado em testes de diversas culturas, incluindo feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (MARTINS et al., 2015) e batata doce (*Ipomoea batatas*) (LEONARDO et al., 2014). O efeito de aplicações de doses de esterco bovino no milho também foi estudado por Reina et al. (2010), que apuraram que espigas e grãos aumentaram em tamanho e massa com o crescente aumento das doses de esterco aplicadas.

3 REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; BARRETO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. de C. **Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: Propriedades químicas do solo e produção vegetal.** Tópicos Especiais em Ciência do Solo, v.4, p.391–470, 2005.

AHMAD, T.; MA, Y.;YAHYA, M.; AHMAD, B.; NAZIR, S.; HAQ, A.; ALI, R. **Object Detection through Modified YOLO Neural Network.** Scientific Programming. 10.1155/2020/8403262, 2020

ALLEN, J.D.; HALL, L.W.; COLLIER, R.J.; SMITH, J.F. **Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress.** Journal of Dairy Science, p. 1–10, 2015.

AZIZI, O.; HASSELMANN, L.; KAUFMANN, O. **Variations in feeding behaviour of high-yielding dairy cows in relation to parity during early to peak lactation.** Archiv Tierzucht, v. 53, p. 130–140, 2010.

BARDOS R. P., HADLEY P. & KENDLE A. **Compost standards without tears - some ideas from the U.K.** In Composting and compost quality assurance criteria, pp. 294-330. D.V. Jackson, J.M. Merillot & P. L'Hermite eds. Commission of the European Communities, Brussels, 1992.

BARROS, G. V. P.; GOMES, H. B.; SANTOS, F. S.; CRUZ, M. A. S.; NASCIMENTO, P.R.S; COSTA, R. L.; JUNIOR, R. L. R.; SILVA, F. D. S. **Eficiência de Redes Neurais Artificiais na Classificação de Uso e do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba - SE.** Rev. bras. meteorol., São Paulo, v. 35, n. spe, p. 823-833, Dez. 2020.

BIDLINGMAIER I W. **Quality-testing of waste sewage sludge composts.** Acta Hort. 172:99-116. 1985

BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em compost barn: uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade.** 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

BROOM, D.M.; MOLENTO, C. F. M. **Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas revisão.** Archives of Veterinary Science, [S.l.], dez. 2004.

BROOM, D.; MOLENTO, C. F. M. **Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas** **revisão**. Archives of Veterinary Science. 9. 10.5380/avs.v9i2.4057. 2005

CÁCERES, E. N.; PISTORI, H.; TURINE, M. A. S.; PIRES, P. P.; SOARES, C. O.;
CARROMEU, C. **Computational precision livestock - position paper**. In: II Workshop of the
Brazilian Institute for Web Science Research. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011.

CASTRO, A. L. O.; CARVALHO C. C. S.; RUAS, J. R. M.; PEREIRA, K. C. B.;
MENEZESM, G. C. C.; COSTA, M. D. **Parâmetros fisiológicos de vacas F1 Holandês x**
Zebu criadas em ambientes com e sem sombreamento. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo
Horizonte, v. 70, n. 3, p. 722-730, Jun 2018.

CHAPLIN, S. J. *et al.* **An evaluation of mattresses and mats in two dairy units**. Applied
Animal Behaviour Science, v. 66, p. 263–272. 2000.

COTTA, J. A. de O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. da S.; REZENDE, M. O. de O.
Compostagem versus vermicompostagem: Comparação das técnicas utilizando resíduos
vegetais, esterco bovino e serragem. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.20, p.65–78,
2015.

DU, C.-J.; HE, H.-J.; SUN, D.-W. “**Object classification methods,**” in **Computer Vision**
Technology for Food Quality Evaluation, pp. 87–110, Elsevier, Berlin, Germany, 2016.

ECKELKAMP, E. A.; GRAVATE, C. N.; COOMBS, C. O.; BEWLEY, J. M. Case study:
Characterization of lying behavior in dairy cows transitioning from a free-stall barn to a
compost bedded pack barn. Professional Animal Scientist, v. 30, p.109–113, 2014.

ECKELKAMP, E. A.; TARABA, J.L.; AKERS, K.A.; HARMON, R.J; BEWLEY, J. M
(2016). **Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene,**
locomotion, and mastites indicators. Livestock Science. 190:48-57, 2016.

ERIC, K. W.; YUEPING, L.; ZHE, N.; JUNTAO, Y.; ZUODONG, L.; XUN, Z. “**Deep fusion**
feature based object detection method for high resolution optical remote sensing images”.
Applied Science, vol. 34, 2019.

FERNEDA, Edberto. **Redes neurais e sua aplicação em sistemas de recuperação de informação.** Ci. Inf., Brasília, v. 35, n. 1, p. 25-30, Abr. 2006.

FERRAZ, M. R. **Manual do Comportamento Animal.** Rio de Janeiro: Editora Rubio, ISBN 978-85-7771-060-7. 2011.

FURUKAWA, H. **Deep learning for end-to-end automatic target recognition from synthetic aperture radar imagery.** arXiv, arXiv:1801.08558. 2018.

GALAMA, P. J.; BOER, H. C. de; DOOREN, H. J. C. van; OUWELTJES, W.; DRIEHUIS, F. **Sustainability aspects of ten bedded pack dairy barns in The Netherlands.** Wageningen: Livestock Research, 83p, 2015.

GIBBS, E. P. J. **The evolution of One Health: a decade of progress and challenges for the future.** Veterinary Record, 174(4), 85-91. 2014

GIRSHICK, R.; DONAHUE, J.; DARRELL, T.; MALIK, J. **Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation.** In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbus, OH, USA, 24–27; pp. 580–587, 2014

GODSK, T.; KJAERGAARD, M. B. **High classification rates for continuous cow activity recognition using low-cost gps positioning sensors and standard machine learning techniques.** In: Proceedings of the 11th international conference on Advances in data mining: applications and theoretical aspects. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.

GRANT, R. J.; DANN, H. M. **Biological importance of rumination and its use on-farm.** Agricultural Research Institute Chazy, NY. 2015.

HAN, B. G.; LEE, J. G.; LIM, K. T.; CHOI, D. H. **Design of a Scalable and Fast YOLO for Edge-Computing Devices.** Sensors, v. 20, n. 23, p. 6779, 27 nov. 2020.

HE, K.; GIRSHICK, R. B.; PIOTR D. **“Rethinking ImageNet Pre-Training.”** CoRR abs/1811.08883. arxiv.org/abs/1811.08883. 2018.

HERBUT, P.; ANGRECKA, S.; WALCZAK, J. **Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review**. International Journal of Biometeorology 62:2089–2097, 2018.

HUANG, J.; RATHOD, V.; SUN, C.; ZHU, M.; KORATTIKARA, A.; FATHI, A.; FISCHER, I.; WOJNA, Z.; SONG, Y.; GUADARRAMA S. **Speed/accuracy trade-offs for modern convolutional object detectors**. in IEEE CVPR, vol. 4, 2017

INBAR, Y.; CHEN, Y.; HADAR, Y.; HOITINK, H. A. J. **New approaches to compost maturity**. Biocycle. (12):64-69. 1990.

JESUS, L. **Identificação do Comportamento Bovino por meio do Monitoramento Animal**. Dissertação, Ciência da Computação, UFMS. 2014

JIMÉNEZ, E. I.; GARCIA, V. P. **Evaluation of city refuse compost maturity: A review**. Biol. Wastes 27:115-142. 1989.

KAJAYSRI, J.; WATTANANORASATE, A. **Influence of heat stress on pregnancy rate of beef cattle heifers and cows using ovsynch plus CIDR followed by timed artificial insemination in Thailand**. Thai J Vet Med 48:71–77, 2018.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba – SP; 3ª edição do autor, 2002. 171 p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba – SP; Editora Ceres, 1985. 492 p.

KROLOW, R. H.; SILVA, M. A.; PAIM, N. R.; MEDEIROS, R. B.; VELHO, I. M. P. H. **Comportamento ingestivo de vacas leiteiras em pastagem de azevém alimentadas com diferentes fontes proteicas**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo Horizonte , v. 66, n. 3, p. 845-852, Jun 2014.

LECUN, Y.; BOTTOU, L.; BENGIO, Y.; HAFFNER, P. **Gradient-based learning applied to document recognition"**. in Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 11, pp. 2278-2324, Nov. 1998.

LEONARDO, F. de A. P.; OLIVEIRA, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SILVA, O. P. R. da; BARROS, J. R. A. **Rendimento da batata-doce adubada com nitrogênio e esterco bovino.** Revista Caatinga, v.27, p.18-23, 2014.

LESO, L.; UBERTI, M.; MORSHED, W.; BARBARI, M. **A survey on Italian compost dairy barns.** Journal of Agricultural Engineering, v. 44, n. s2, 8 Sep. 2013.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M.A.; DAMASCENO, F.A.; GALAMA, P.; TARABA, J.L.; KUIPERS, A. **Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows.** J. Dairy Sci. 103, 1072–1099, 2020.

LOMBA, L. F. D.; JESUS, L. de; RUBINSZTEJN, H. K. S.; GONDA, L.; PIRES, P. P. **O uso de inteligência artificial na identificação do comportamento bovino.** X Congresso Brasileiro de Agroinformática. 2015.

LOPES, L. B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A. **The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest.** Trop. Anim. Health Prod., v.48, p.755-761, 2016.

MARTINS, J. D. L.; MOURA, M. F. de; OLIVEIRA, J. P. F. de; OLIVEIRA, M. de; GALINDO, C. A. F. **Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum.** Revista Agro@mbiente On-line, v.9, p.369-376, 2015.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. H. **A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity.** Bulletin of Mathematical Biophysics, n. 5, p.115-133, 1943.

MOREL, J. L.; COLIN, F.; GERMON, J. G.; GODIN, P.; JUSTE, C. **Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost.** In Composting of agricultural and other wastes, (Ed. J.K.R. Gasser). Elsevier Applied Science, London, pp.56-72 1985.

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; RESENDE, E. A. de M.; REZENDE, C. P. do A.; ABREU, L. R. de; VAREIRO, T. **Confinamento para bovinos leiteiros: Histórico e características.** Pubvet, v.11, p.433-442, 2017.

NASCIMENTO, W. G. do; PRADO, I. N. do; JOBIM, C. C.; EMILE, J. C.; SURAULT, F.; HUYGHE, C. **Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.896-904, 2008

NISHIDA, T. et al.. **Effect of lying behavior on uterine blood flow during the third semester of gestation.** Journal of Dairy Science, v. 87, p. 2388-2392, 2004.

OLIVEIRA, A. P. de; SILVA, O. P. R. da; BANDEIRA, N. V. da S.; SILVA, D. F. da; SILVA, J. A.; PINHEIRO, S. M. G. **Rendimento de maxixe em solo arenoso em função de doses de esterco bovino e biofertilizante.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v.18, p.1130-1135, 2014.

PEREIRA, M. R. **Avaliação do comportamento e do bem-estar de vacas criadas em sistema *compost barn* em condições tropicais.** 2017. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem : processo de baixo custo – ed. rev. e aum. /** João Tinoco Pereira Neto. – Viçosa, MG : Ed. UFV, 81p. : il. ; 21cm – (Série soluções), 2007.

PESCUMO, D. P.; IGARASI, M. S. **Híbridos de milho e sorgo para silagem na alimentação de bovinos leiteiros.** Pubvet, v.7, p.420-426, 2013.

PILATTI, J. A. **O comportamento diurno e bem-estar de vacas em sistema de confinamento *compost barn*.** 2017. 150 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

RAZAVIAN, A. S.; AZIZPOUR, H.; SULLIVAN, J.; CARLSSON, S. **“CNN Features Off-the-Shelf: An Astounding Baseline for Recognition.”** In Proceedings of the 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, CVPRW ‘14, 512–519, Washington, DC, USA: IEEE, 2014.

REDMON, J.; FARHADI, A. **YOLO9000: Better, faster, stronger. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu, HI, USA, 21–26; pp. 7263–7271, July 2017.**

REDMON, J.; FARHADI, A. **Yolov3: An incremental improvement**. arXiv, arXiv:1804.02767, 2018

REINA, E.; AFFÉRRI, F. S.; CARVALHO, E. V. de; DOTT, M. A.; PELUZIO, J. M. **Efeito de doses de esterco bovino na linha de semeadura na produtividade de milho**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.5, p.158-164, 2010.

REN, S.; HE, K.; GIRSHICK, R.; SUN, J. **Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks**. In Advances in Neural Information Processing Systems; Curran Associates, Inc.: New York, NY, USA, pp. 91–99, 2015

RIFFALDI, R.; LEVI-MINZI R.; SAVIOZZI, A.; CAPURRO, M. **Evaluation garbage compost**. Biocycle. (1):66-69. 1992.

RIVAS, A.; CHAMOSO, P.; GONZALES-BRIONES, A.; CORCHADO, J. M. **Detection of Cattle Using Drones and Convolutional Neural Networks**. Sensors, v. 18, n. 7, p. 2048, 27 jun. 2018.

SCHEIBE, K.; GROMANN, C. **Application testing of a new three-dimensional acceleration measuring system with wireless data transfer (WAS) for behavior analysis**. Behavior Research Methods, Springer-Verlag, v. 38, n. 3, p. 427–433, 2006.

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.

SHAO, W.; KAWAKAMI, R.; YOSHIHASHI, R.; YOU, S.; KAWASE, H.; NAEMURA, T. **Cattle detection and counting in UAV images based on convolutional neural networks**. International Journal of Remote Sensing, 41:1, 31-52, 2020.

SILVA, L. et al. **Long-term effects of good handling practices during the pre-weaning period of crossbred dairy heifer calves**. Tropical Animal Health and Production, v. 49, n. 1, p. 153-162, 2017.

SILVA, G. R. de O. **Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite em *compost barn* e *free stall*: um comparativo.** 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

SILVA, D.; MACÊDO, A.; FONSECA, V.; SARAIVA, E. P. **Bem-estar na bovinocultura leiteira: Revisão.** 13. 1-11. 10.31533/pubvet.v13n1a255.1-11. 2019

SIQUEIRA, A. V. **Instalação do tipo "*compost barn*" para confinamento de vacas leiteiras.** 2013. 38 f. Monografia (Zootecnista) - Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2013.

TAPKI, I. e ŞAHIN, A. (2006). **Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment.** Applied Animal Behaviour Science - APPL ANIM BEHAV SCI. 99. 1-11. 10.1016/j.applanim.2005.10.003.

TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P. C. F.; NEVES, F. P. et al. **Notas científicas potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo.** Pesqui. Agropecu. Bras., v.46, p.965-968, 2011.

VAN DORLAND, H. *et al.* **Eating behaviour of dairy cows offered fresh or ensiled white clover, red clover and ryegrass to choose from or in a mixture.** Appl. Anim. Behav. Sci., v. 111, p. 205–221, 2008.

VEIT, H. M.; SALMAN, A. K. D.; CRUZ, P. G.; SOUZA, E. C.; SCHMITT, E. **Bioacústica como método de avaliação do comportamento em pastejo de novilhas Girolando.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo Horizonte, v. 70, n. 3, p. 873-880, Jun 2018.

VIEIRA, F. M. C.; SOARES, A. A.; HERBUT, P.; VISMARA, E. S.; GODYN, D.; SANTOS, A.C. Z.; LAMBERTS, T. S.; CAETANO, W. F. **Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study.** Animals, v. 11, mar. 2021.

XU, D.; WU, Y. **Improved YOLO-V3 with DenseNet for Multi-Scale Remote Sensing Target Detection.** Sensors 20, 4276, 2020.

ZUCCONI F & BERTOLDI M. **Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste.** In Compost: production, quality and use, M de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L'Hermite, F.Zucconi eds. Elsevier Applied Science, London, 30-50 p, 1987.

CAPITULO 2 Análise do comportamento de vacas confinadas em instalação *compost barn***RESUMO**

Com o aumento do uso do *compost barn* vem a necessidade de se conhecer melhor o sistema, já que ele advém de uma adaptação de um sistema de confinamento utilizado nos Estados Unidos, visando melhorar o conforto animal e conseqüentemente melhorar a produtividade do rebanho. Com isso, o estudo do comportamento do gado é de suma importância para avaliar o bem-estar dos animais e melhorar pontualmente o manejo, caso seja necessário. Este trabalho avaliou imagens de um galpão de *compost barn* em uma fazenda na cidade de Itaguara – MG. Visando analisar o posicionamento das vacas no galpão, por filmagens de forma manual por análise visual e pelo software de inteligência artificial Yolo v3, para que o processo de avaliação possa ser feito de forma automatizada e rápida. Ademais foi realizada análise de variáveis ambientais do galpão em estudo. Foi verificada a preferência dos animais por ficarem deitados em descanso sobre a cama. Com relação ao software foi observado que se obteve efetividade na detecção do comportamento das vacas. Pode-se concluir que o comportamento das vacas foi definido e a inteligência artificial obteve sucesso podendo ser recomendada para tal uso.

Palavras chave: Yolo v3. Análise de imagens. Rebanho Leiteiro. Comportamento animal.

ABSTRACT

With the increase in the use of compost barn comes the need to know the system better, since it comes from an adaptation of a confinement system used in the United States, aiming to improve animal comfort and consequently improve herd productivity. With this, the study of the behavior of the cattle is of paramount importance to evaluate the welfare of the animals and punctually improve the handling, if necessary. This work evaluated images of a compost barn shed on a farm in the city of Itaguara - MG. Aiming to analyze the positioning of the cows in the shed, by filming manually by visual analysis and by the artificial intelligence software Yolo v3, so that the evaluation process can be done in an automated and fast way. In addition, an analysis of environmental variables of the shed under study was performed. The preference of the animals to lie down on the bed was verified. Regarding the software, it was observed that it was effective in detecting the behavior of cows. It can be concluded that the behavior of the cows was defined and the artificial intelligence was successful and can be recommended for such use.

Keywords: Yolo v3. Image analysis. Dairy herd. Animal behavior.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de confinamento para gado leiteiro do tipo *compost barn* tem sido buscado pelos produtores de leite 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., 2014). Na Europa os galpões de *compost* vem sendo cada vez mais utilizados, visto que já foram muito utilizados em Israel e nos Estados Unidos, sendo que muitos dados de pesquisas desse assunto vêm de Minnesota (OFNER-SCHRÖCK et al, 2015)

O galpão de *compost barn* é composto por uma área de cama com espaço livre e um corredor de alimentação separado da cama geralmente por uma parede ou desnível. A cama é geralmente formada por uma camada de 20 a 25 cm de altura de maravalha que absorve a água dos dejetos que se decompõem juntos (ENDRES E BARBERG, 2006).

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 (BACCARI et al., 2001).

O animal em situação de desconforto tenta buscar formas de se adaptar ao ambiente por meio de ajustes fisiológicos, metabólicos e comportamentais. Estas adaptações podem acarretar em maior gasto de energia e redução seu potencial de produção (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Considerando as exigências que os animais impõem com relação a temperatura, umidade, ambiente 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).

Existem metodologias para classificar o bem-estar dos animais sob os sistemas de criação aos quais os animais estão submetidos. De acordo com Calamari e Bertoni (2009), essas metodologias podem ser divididas em duas categorias: indicadores indiretos e diretos. Os

indicadores indiretos 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 diretos são relacionados ao comportamento, saúde e fisiologia do animal.

O posicionamento das vacas é um comportamento de interesse para o produtor, tendo vista que pesquisas já mostraram que é benéfico para o gado ficar deitado por determinado tempo e que ficar em pé por longos períodos pode significar algum desconforto para o animal (SCHEIBE & GROMANN, 2006).

Para o auxílio da análise de comportamento vem sendo testados e aperfeiçoados algoritmos baseados em modelos de inteligência artificial para avaliação de imagens de animais em seu ambiente. Muitas pesquisas vem sendo desenvolvidas com a utilização dessas ferramentas computacionais como no trabalho de Teles Junior (2016), que estudou o comportamento de aves por análise de imagens via método visual e por software, avaliando inclusive a precisão das metodologias. O trabalho de pesquisa de Veit et al. (2018), fez uma avaliação de imagens de comportamento animal e classificou os períodos do dia com relação a dificuldade da identificação dos animais na imagem.

Levando em conta os fatores acima abordados o presente trabalho busca caracterizar o ambiente térmico no interior de um galpão *compost barn* e avaliar o comportamento de posição do gado leiteiro utilizando análise visual e análise por meio do desenvolvimento de um algoritmo baseado em inteligência artificial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em um galpão de confinamento do tipo *compost barn* situado no município de Itaguara (MG), localizada a 20°24'38"S e 44°36'53"W e classificação climática Cwa segundo a Köppen (SÁ JUNIOR, 2009).

2.1 Ambiente de confinamento

A instalação avaliada possui 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, podendo ser visualizado o galpão pelo desenho da Figura 2. O corredor onde se encontra os cochos e bebedouros ficam na face voltada para o Sul da instalação. A estrutura de alimentação consiste de um cocho contínuo no comprimento do galpão e 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 foram utilizados 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 m³•h-1).

Figura 2 – Desenho esquemático em 3D do galpão de confinamento.



Fonte: Do autor (2022)

2.2 Manejo e rebanho

A propriedade adotou o sistema de duas ordenhas ao dia, sendo a primeira às 5 h e a segunda as 15 h. O rebanho da propriedade era composto por vacas com grau de sangue 7/8 Girolando, composto por 51 vacas, com média geral de produtividade de 18,4 L.

O material utilizado para a formação da cama era a maravalha em uma camada inicial de 30 cm e a reposição feita 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 operação de revolvimento da cama era feita em dois momentos ao dia no período em que os animais estavam sendo ordenhados, com duração média de trinta minutos. O processo de revolvimento da cama, utilizava um implemento híbrido (escarificador e enxada rotativa) próprio para o trabalho de revolvimento e acoplado em um trator de 50 CV.

2.3 Parâmetros ambientais avaliados no galpão de confinamento

Os dados foram coletados em oito diferentes datas com o objetivo de contemplar as quatro estações do ano: verão 05/03 e 06/03, outono 18/06 e 19/06, inverno 01/08 e 03/08 e primavera 02/11 e 05/11 do ano de 2020. Em nenhum momento, durante a coleta de dados, houve interferência na rotina do rebanho, pois a maior parte das coletas era realizada por sensores datalogger ou câmera de filmagem. A cada visita foram coletados dados referentes ao: ambiente térmico e vídeos dos animais na instalação.

As variáveis ambientais avaliadas, como temperatura do bulbo seco (tdb, °C) e umidade relativa do ar, (UR, %) foram coletados a cada 10 minutos durante 24h em todas as datas de coleta. Para coletar tais variáveis foram utilizados dataloggers de tdb e RH (Instrutherm®, modelo HT-500), precisão para tdb de $\pm 0,1^\circ\text{C}$, faixa de medição de -40 e 70°C ; UR com precisão de $\pm 3\%$ e faixa de medição de 0 a 100%), previamente programado para registrar os dados a cada 10 minutos a altura de 1,7 m da cama em um recipiente no qual os animais não poderiam acessá-los. Cinco sensores/registradores, foram alocados no interior da instalação, e dois sensores foram utilizados para coleta dos dados externos ao galpão.

Posteriormente, com os dados de tdb e UR do ar, foram calculados o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) utilizando a equação proposta por Thom (1958).

As variáveis ambientais no interior e exterior do galpão serão analisadas por meio de estatística descritiva utilizando-se os gráficos de boxplot.

2.4 Avaliação do comportamento dos animais por imagens

Na instalação *compost barn* foi instalada uma câmera de segurança (Intelbras Infra Hdcvi 720p Hd Vhd 1010b G4) que foi utilizada para coleta das imagens para avaliação do comportamento dos animais durante o período avaliado. A câmera foi fixada por dois parafusos próximo a tesoura do telhado do galpão, de modo que o ângulo de visão englobasse a área da cama e o corredor de alimentação.

Foram realizadas oito visitas para coletas dos vídeos, que passaram por posterior análise de dois modos: de forma visual e de forma automatizada por meio de um algoritmo desenvolvido para esta análise. As análises por meio de ambos os métodos foram realizadas nas mesmas datas e horários, conforme observado na Tabela 1. O comportamento analisado foi de o animal estar na posição deitado ou em pé.

Quadro 1 – Data e hora dos vídeos analisados de forma visual e automatizada.

Verão				Outono			
Dia	Hora	Dia	Hora	Dia	Hora	Dia	Hora
05/03/2020	04:44	06/03/2020	06:00	18/06/2020	05:55	19/06/2020	06:35
05/03/2020	05:09	06/03/2020	07:19	18/06/2020	06:23	19/06/2020	07:58
05/03/2020	07:17	06/03/2020	09:17	18/06/2020	08:16	19/06/2020	09:49
05/03/2020	10:02	06/03/2020	11:27	18/06/2020	10:22	19/06/2020	12:02
05/03/2020	14:53	06/03/2020	13:47	18/06/2020	12:15	19/06/2020	14:18
05/03/2020	16:32	06/03/2020	14:47	18/06/2020	14:11	19/06/2020	15:49
05/03/2020	18:12	06/03/2020	18:21	18/06/2020	15:26	19/06/2020	16:45
Inverno				Primavera			
Dia	Hora	Dia	Hora	Dia	Hora	Dia	Hora
01/08/2020	05:56	03/08/2020	05:59	02/11/2020	05:56	05/11/2020	05:54
01/08/2020	08:13	03/08/2020	08:19	02/11/2020	07:38	05/11/2020	08:15
01/08/2020	10:01	03/08/2020	10:01	02/11/2020	09:50	05/11/2020	10:07
01/08/2020	12:05	03/08/2020	14:01	02/11/2020	11:50	05/11/2020	11:57
01/08/2020	14:20	03/08/2020	16:00	02/11/2020	14:00	05/11/2020	13:47
01/08/2020	16:03	03/08/2020	18:00	02/11/2020	15:55	05/11/2020	15:55
01/08/2020	18:04	03/08/2020	21:01	02/11/2020	17:55	05/11/2020	17:53

Fonte: Do autor (2022)

2.4.1 Análise visual

A análise para a realização da contagem visual dos animais deitados e em pé consistiu em observar os vídeos gravados nos horários listados no Quadro 1 e realizar a contagem visual dos animais em cada um dos dois comportamentos, observando o vídeo em pausa na metade do tempo. Estes dados foram devidamente anotados e planilhados.

A análise visual feita nas imagens coletadas se deu em períodos diurnos devido a necessidade de luminosidade para identificação das posições dos animais presentes no galpão. Segundo Veit et al. (2018), períodos noturnos causam interferência e dificuldade ao observador para avaliação visual de imagens. Devido a variação da declinação solar que muda ao longo das estações do ano, causando diferentes horas de exposição solar de cada dia, o período de análise dos vídeos sofreu uma pequena variação, pois necessitava-se de iluminação suficiente para executar a análise dos vídeos, e esta mudou um pouco de acordo com a estação do ano.

2.4.2 Análise do comportamento de forma automatizada utilizando inteligência artificial

Para a realização da análise automatizada dos vídeos foi desenvolvido um sistema computacional baseado em inteligência artificial para a detecção e contagem das vacas que se encontravam deitadas ou em pé. Para tal foram usados os vídeos que constam suas datas e horários no Quadro 1.

Desta maneira, o reconhecimento de objetos (animais) foi realizado a partir de uma arquitetura de rede do terceiro aprimoramento do algoritmo YOLO (You Only Look Once) descrito por Redmon et al., (2015).

As principais vantagens do YOLOv3 são as 3 escalas de detecção que reduzem a imagem original em *grids* de dimensões 16x16, 32x32 e 64x64 pixels, ao considerar uma imagem de entrada de 512x512 pixels. Além disso, é usado como extrator de características o Darknet-53, uma versão melhorada do extrator de características Darknet-19 que é usado no YOLOv2, no qual foram introduzidas mais camadas convolucionais e o uso de blocos residuais.

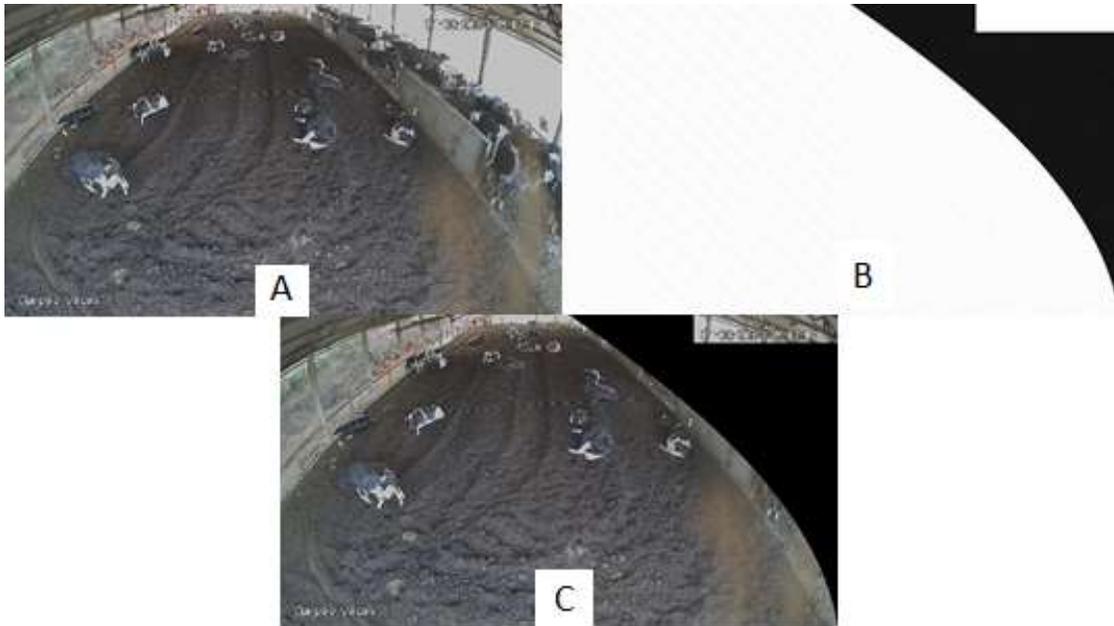
Durante o treinamento do YOLOv3, a célula do *grid* no qual o centro do objeto está dentro é a responsável por fazer a previsão, cada célula do grid possui 3 caixas delimitadoras conhecidas como caixas de âncora. As caixas âncora têm seus tamanhos previamente selecionados com base nos objetos do banco de dados, facilitando o processo de aprendizagem. Desta forma a rede não precisa aprender do zero os aspectos geométricos dos objetos, apenas a ajustar essas caixas de âncoras da forma que o objeto possa ser localizado corretamente.

As imagens de treinamento do algoritmo foram obtidas por meio do recorte (print), foram extraídos o primeiro e último frames de 79 vídeos. Desta maneira, foram utilizados mais vídeos de que os horários contemplados no Quadro 1 para a realização do treinamento do algoritmo, de modo a aumentar sua confiabilidade. Para cada vídeo foram extraídos 2 frames (primeiro e último), portanto totalizou-se 158 imagens. Foram acrescentadas mais amostras por meio de um processo chamado *data augmentation*, em que foi aplicado o espelhamento horizontal, ou seja, cada imagem possuía seu par espelhado, desta maneira, o banco de dados de imagens foi duplicado saindo de 158 para 316 imagens, sendo, portanto, o conjunto final de imagens utilizadas para o treinamento do algoritmo. Essa técnica é um artifício usado para aumentar a quantidade de imagens de um banco de dados artificialmente usando transformações geométricas, como por exemplo, espelhamentos (horizontalmente) das mesmas imagens. Portanto, auxilia no aprimoramento da

aprendizagem da rede neural durante o treinamento, pois uma imagem espelhada, ou rotacionada, é considerada como uma nova imagem, totalmente distinta de sua original, perante a rede neural. Desta forma, com o uso da técnica de *data augmentation* foi possível aumentar a quantidade de imagens de treino.

Como os vídeos incluíam o corredor de alimentação, e este local não era de interesse neste estudo, foi colocado uma máscara sobre os frames (Figura 3), incluindo também as imagens de treinamento, para que este corredor não interferisse na contagem das vacas que estavam na região da cama.

Figura 3 – A) Imagem original, B) máscara para retirada do corredor de alimentação e C) imagem utilizada no treinamento do algoritmo e na contagem dos animais.



Fonte: Do Autor (2022)

A contagem dos animais foi realizada através de uma alteração do código do módulo usado para fazer o desenho das bounding boxes do framework Darknet (REDMON, 2022), onde foi introduzido duas variáveis que contabilizam a quantidade de objetos encontrados para cada classe de comportamento dos animais (em pé e deitado). As variáveis são atualizadas a cada 30 frames (que correspondem a 1 segundo), e são printadas no vídeo resultante da detecção. Para facilitar nas análises comparativas entres os métodos visual e automatizado, também foi adicionado algumas linhas de código que registram a quantidade de objetos de cada classe (deitada ou em pé) em um arquivo .csv a cada 1 minuto de vídeo.

2.4.3 Validação do modelo de inteligência artificial proposto

Com as informações da quantidade de cada comportamento avaliado devidamente tabulada, os comportamentos foram submetidos a transformação dos valores para porcentagens de animais naquele comportamento para ambos métodos. Assim, foram feitos gráficos de dispersão entre os comportamentos avaliados de forma visual e automatizada, afim de comparar a tendência de valores e agrupamento dos dados nos gráficos. Foram plotados gráficos de tendências de comportamento para a avaliação visual e para a automatizada de forma que pudessem ser observadas lado a lado as semelhanças das curvas em cada método e em cada estação do ano.

Também foram realizadas análises temporais nos dados de comportamento dos animais. As análises de séries temporais foram realizadas utilizando o software Orange Canvas 3.31.1, desenvolvido por Demsar et al. (2013).

Foi realizada uma análise estatística utilizando-se o teste de Mann-Whitney de forma a realizar uma comparação entre os métodos automatizado e o visual. Este teste equivale à versão não paramétrica do teste t, que testa a igualdade das médias. Porém, o teste Mann-Whitney testa a igualdade das medianas, sendo usado para testar duas amostras independentes (TELES JÚNIOR, 2016). Isso possibilita verificar se a semelhança entre métodos foi significativa ou não de forma estatística. Foi utilizado a contagem de vacas deitadas e em pé de cada método para realizar essa comparação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico são apresentados os resultados e suas respectivas discussões sobre o trabalho desenvolvido no capítulo 2.

3.1 Avaliação das variáveis ambientais

Utilizou-se gráficos de box-plot para avaliar as variáveis ambientais no interior (Figura 4) e no exterior (Figura 5) do galpão de *compost barn*, durante o período avaliado. Observando a Figura 4a, nota-se que durante os meses de Março (verão), Junho (outono) e Agosto (inverno), os valores medianos de tdb (21,3; 22,8; 21,0 °C), respectivamente) apresentaram-se dentro da faixa de conforto térmico para vacas leiteiras (5 a 25 °C) (Roefeldt, 1998), que na figura está indicado pelas linhas vermelhas. Por outro lado, durante o mês de Novembro (primavera), os valores de tdb internamente (26,5 °C) situaram-se acima do Limite superior de conforto (LSC) de 25 °C (PILLATI, 2017).

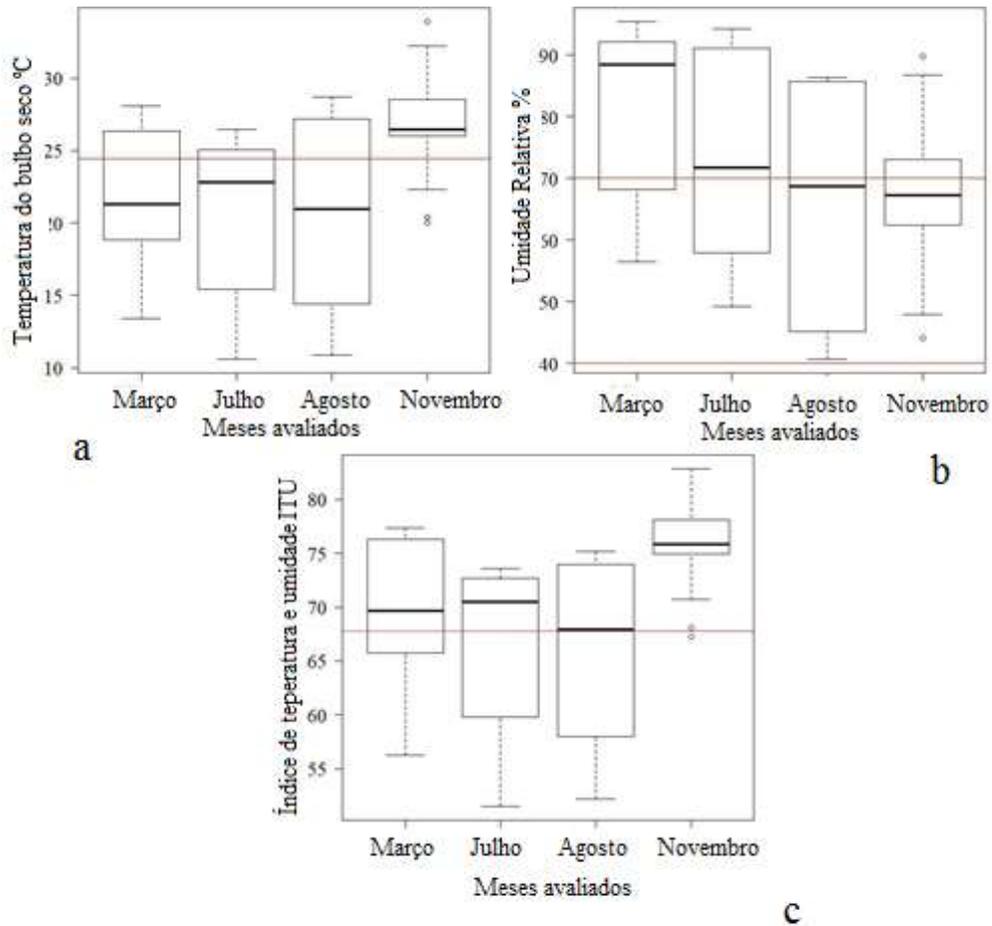
O estresse térmico é considerado uma importante fonte de perda econômica na pecuária, causando efeitos sobre a produção de leite, reprodução, mortalidade de bezerros e saúde do úbere (RICCI et al., 2013). Condições ambientais diferentes das consideradas de conforto para os animais, podem provocar mudanças de comportamento como diminuição de ingestão de alimentos e aumento na ingestão de água (HEAD, 1995). Além disso, o gado leiteiro é muito sensível a temperaturas altas devido a seu alto calor metabólico, em função da produção de leite e a alta atividade ruminal (COLLIER et al., 2012). Pesquisas como estas, reforçam a necessidade de manter o ambiente de criação para os animais dentro dos limites da termoneutralidade para que eles possam atingir sua máxima produtividade e não necessitem gastar parte da energia ingerida com adaptações fisiológicas e comportamentais na tentativa de manterem sua temperatura corporal.

Em relação a UR (Figura 4b), durante todo os meses de Março e Julho os valores medianos apresentaram-se acima do conforto (88,4; 71,9, respectivamente) que varia de 40 a 70%, conforme mencionado por Dalcin (2013), e indicado na figura por meio da linha vermelha. Em estudo realizado por Pereira (2017), que avaliou o ambiente térmico de um sistema *compost barn*, o autor também observou valores mais elevados de UR durante os períodos de tempo quente, os quais foram superiores ao recomendado pela literatura. Altos valores de UR podem acarretar, além de

aumento da probabilidade de doenças nos tetos e cascos, também dificulta na dissipação do calor pelo ar, podendo provocar prejuízo de até 10% na produção de leite (HEAD, 1995).

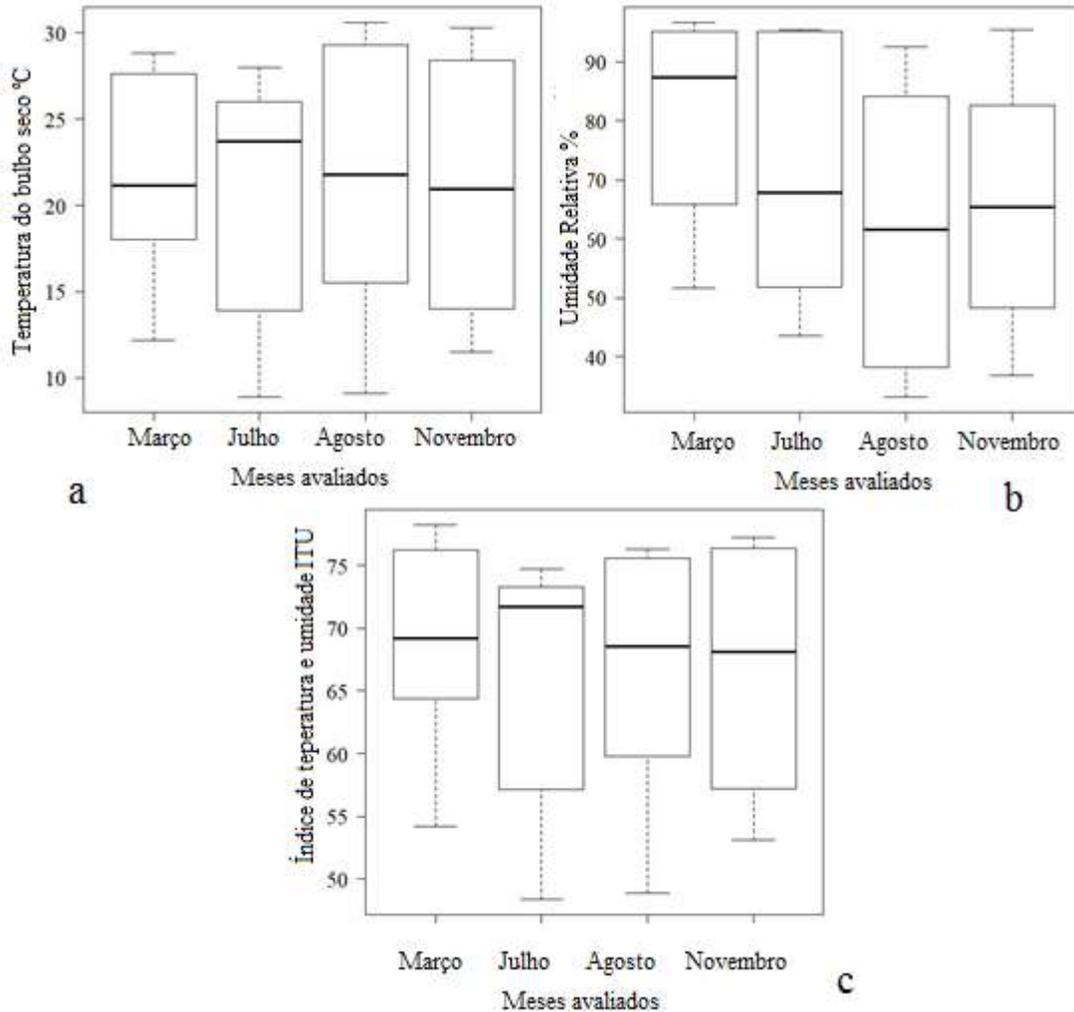
Por envolver um número menor de variáveis, o ITU é um dos índices mais simples e tem se destacado por incluir os efeitos de tdb e UR e conseqüentemente, seu efeito no conforto térmico dos animais (Ponciano et al., 2012). A maior parte do tempo, o ITU (Figura 4c) apresentou valores medianos superiores àqueles considerados adequados, que é de 68 (Rosenberg *et al.*, 1983), à criação de vacas leiteiras em lactação, sendo 69,7; 70,5 e 75,9 para os meses de Março (verão), Junho (outono) e Novembro (primavera), respectivamente. Apenas o mês de agosto (inverno) apresentou ITU dentro do considerado como conforto térmico, com valor mediano de 67,9. Este pode ser um indicativo de que durante o período avaliado, especialmente, no mês de Novembro, que mostrou-se como sendo o mais crítico em relação ao ambiente térmico, as características arquitetônicas da instalação e o sistema de ventilação adotado não foram suficientes para manter os valores de ITU dentro do recomendado, o que conseqüentemente, pode ser um dos causadores de estresse térmico dos animais.

Figura 4 – Box-plot da temperatura de bulbo seco (a), umidade relativa (b) e índice de temperatura e umidade (c) dentro do galpão durante o período experimental. As linhas vermelhas indicam os valores das variáveis recomendados pela literatura (Roefeldt (1998); Dalcin (2013), e Rosenberg et al., 1983, respectivamente).



Fonte: Do autor (2022)

Figura 5 – Box-plot da temperatura de bulbo seco externa (a), umidade relativa externa (b) e índice de temperatura e umidade externo (c) durante o período experimental.



Fonte: Do autor (2022)

Em relação as condições térmicas no ambiente externo a instalação, pode ser observado que os valores de tbs (Figura 5a) no ambiente externo ao galpão de confinamento, estão dentro do intervalo de conforto para o gado holandês (5 a 25 °C) como visto em Roenfeldt ((1998). Além disso, observa-se que as tbs internas e externas são muito semelhantes para os meses de Março (verão), Junho (outono) e Agosto (inverno), sendo que as temperaturas externas nestes meses estão no máximo 1°C acima das tbs externas (Figuras 4 e 5). Somente, destaca-se que no mês de Novembro (primavera) a diferença entre a tdb interna (26.5 °C) e externa (20.9 °C) foram

superiores a 5 °C. Isso pode ser um indicativo de que os fatores internos do galpão como o calor produzido pelos animais, pela cama e a própria arquitetura do galpão associada a uma possível ineficiência da ventilação mecânica podem ter sido responsáveis pela alta na tbs no interior do galpão, em relação ao ambiente externo.

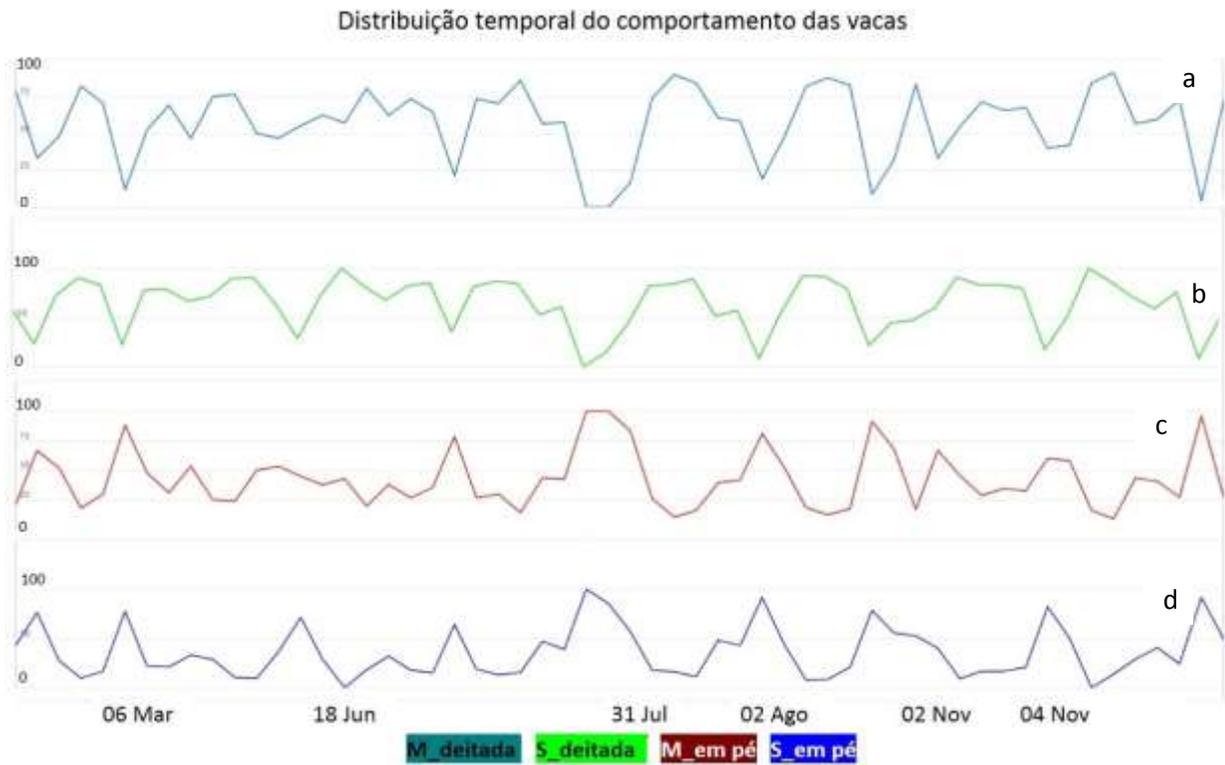
Com relação a UR do ar externo (Figura 5b) observa-se o mesmo padrão de comportamento observado no ambiente interno (Figura 4b). O mês de Março (verão), apresentou a UR mais alta que os demais meses avaliados. Sendo o valor mediano de 87.4% de UR para o mês de Março, quanto o mês de Agosto (inverno) apresentou o menor valor mediano de UR (63%). Esta característica observada no ambiente externo é esperada, pois como já descrito por SÁ JUNIOR (2009) o clima da região é considerado Cwa, que é caracterizado por ser um clima com inverno seco e verão quente e úmido.

Nos meses avaliados o ITU externo (Figura 5c) manteve-se entre 68 em Novembro e 71 em Junho, valores muito próximos do limite superior de conforto para vacas leiteiras que é de 68 descrito por Rosenberg et al. (1983). Apesar das diferentes épocas do ano observadas, o ITU externo apresentou pouca variabilidade entre os dias estudados.

3.3 Avaliação do comportamento por meio de imagens

Para que fosse possível a avaliação dos comportamentos de posição dos animais (em pé e deitado) ao longo do período analisado, foram confeccionados gráficos de análises temporais, considerando as análises visualmente realizadas e por meio de um algoritmo baseado em inteligência artificial (Figura 6). Deste modo, observa-se a distribuição temporal do comportamento das vacas no galpão de *compost barn* ao longo das estações do ano, visualizando-se a porcentagem de animais que apresentavam o comportamento deitado ou em pé.

Figura 6 – Distribuição temporal do comportamento das vacas ao longo de 1 ano, sendo análise executada de forma visual (V) deitada (a), visual em pé (c), pelo algoritmo (A) deitada (b) e pelo algoritmo em pé (d).



Fonte: Do autor (2022)

Comparando de forma visual o formato e tendência das linhas dos gráficos, observa-se semelhança entre os dois tipos de análises utilizadas (visual e algoritmo), demonstrando que a ferramenta utilizada tende a apresentar efetividade em seu uso para análise de comportamento animal.

A posição deitada (Figura 6 a e b) apresenta um agrupamento nos valores maiores, indicando que as vacas apresentaram uma preferência por permanecerem deitadas a maior parte do tempo durante o período analisado. Quando analisado o comportamento em pé (Figura 6 c e d), o agrupamento dos dados se deu em valores menores de porcentagem de tempo avaliado, demonstrando assim que o gado prefere permanecer um menor período de tempo nessa posição. Segundo os estudos de Haley et al. (2001), os autores reportam que as vacas leiteiras gastam cerca de 8 a 16 horas do dia deitadas. De acordo com os estudos desenvolvidos por Schirmann et al.

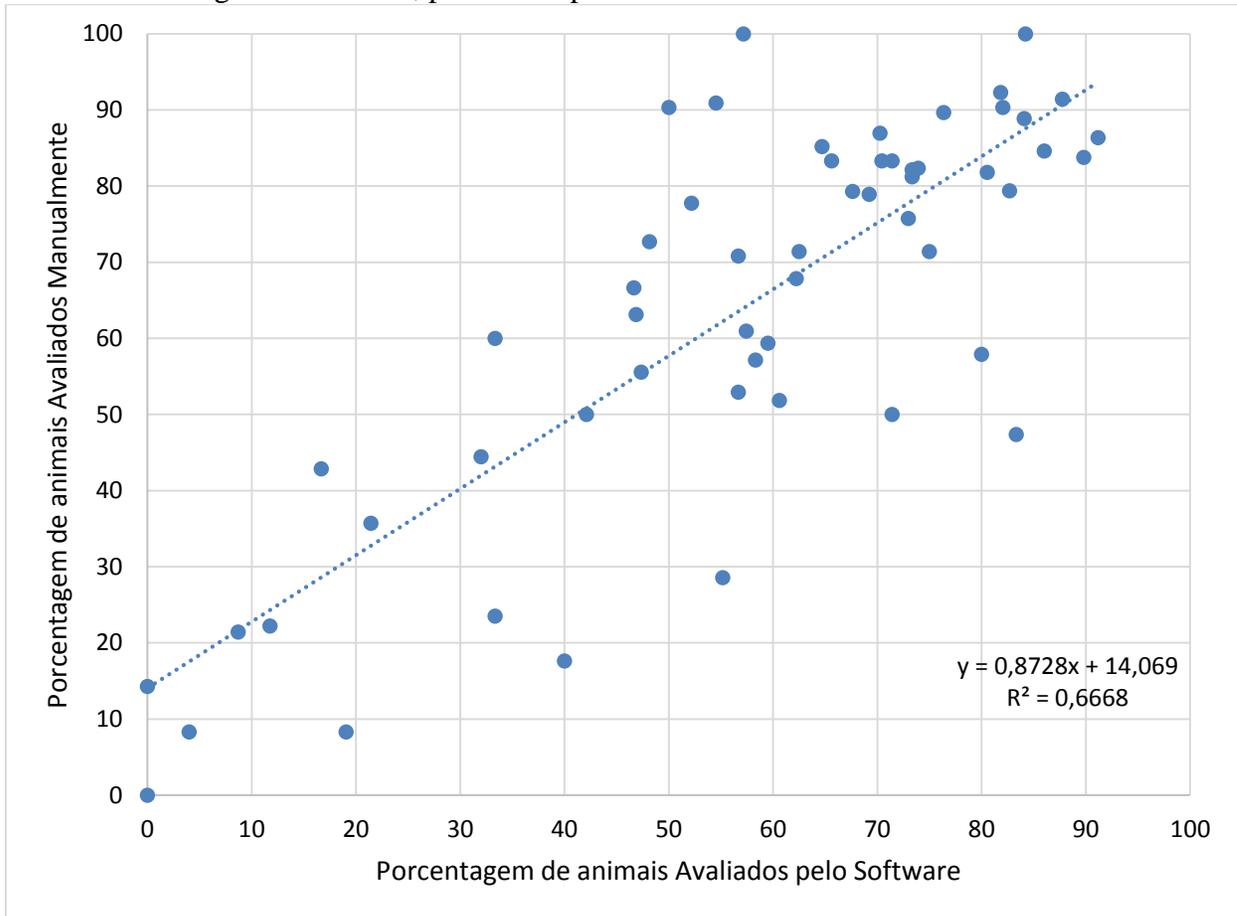
(2012), o tempo que a vaca permanece deitada em repouso está positivamente associado à ruminação. Foi observado em pesquisa que são naturalmente feitos em conjunto o ato de ruminar e descascar (deitar), ambas atividades tem seu início aproximadamente 70 minutos após o término da alimentação (PEREIRA, 2017). Tal atividade tem associação direta com a sonolência proporcionando assim descanso fisiológico para os animais. O descanso, a ruminação e o sono possuem interligações formando um conjunto de atividades importantes para o ajuste das funções metabólicas e imunidade dos animais, tendo por consequência a influência na saúde e no bem-estar das vacas (SMUTNY et al., 2013). O tempo diário de repouso de cada vaca, pode ser um indicador de bem-estar animal Drissler et al. (2005), além de medir o conforto da superfície da cama para repouso e do sistema de alojamento (ENDRES E BARBERG, 2007).

De acordo com a Figura 5, observa-se também, que nos meses de Junho (outono) e Agosto (inverno) as vacas permaneceram o menor tempo deitadas e maior tempo em pé. E no mês de Novembro (primavera), apresentaram a maior porcentagem de tempo deitadas. Ao observarmos na Figura 4 que caracteriza o ambiente térmico no interior do galpão durante o período de estudo, observa-se que os meses de Junho e Agosto as variáveis térmicas estudadas estavam mais próximas do considerado como de conforto. Porém o mês de Novembro pode ser considerado o mais crítico, apresentando os maiores valores medianos de tdb (26,45 °C) e ITU (75,9). Endres e Barberg (2007) observaram pela primeira vez o comportamento de vacas alojadas em galpões *compost barn*. Estes autores observaram que o tempo de repouso (deitado) e o comportamento de caminhada no *compost barn* foram afetados pelo ITU no interior do galpão. As vacas passaram mais tempo deitadas e caminharam menos quando o ITU foi maior que 72 (12,7 horas do dia deitadas e 71,6 passos/hora) do que quando o ITU foi menor ou igual a 72 (7,90 horas deitadas e 120,8 passos/h) (ENDRES E BARBERG, 2007). A mesma tendência de comportamento foi observada neste experimento, com valores mais altos de ITU, as vacas permaneceram mais tempo deitadas.

As Figuras 7 e 8 indicam a correlação entre a porcentagem de animais que foram identificados em comportamento deitado por contagem visual versus por contagem via algoritmos desenvolvido com inteligência artificial. A análise apresenta coeficientes R^2 de 66,68%, o que significa um ajuste de 66,68% do método automatizado ao método visual. Na pesquisa de Sousa et al. (2011), os autores relatam alto desvio padrão entre métodos de análise de imagens e indicam

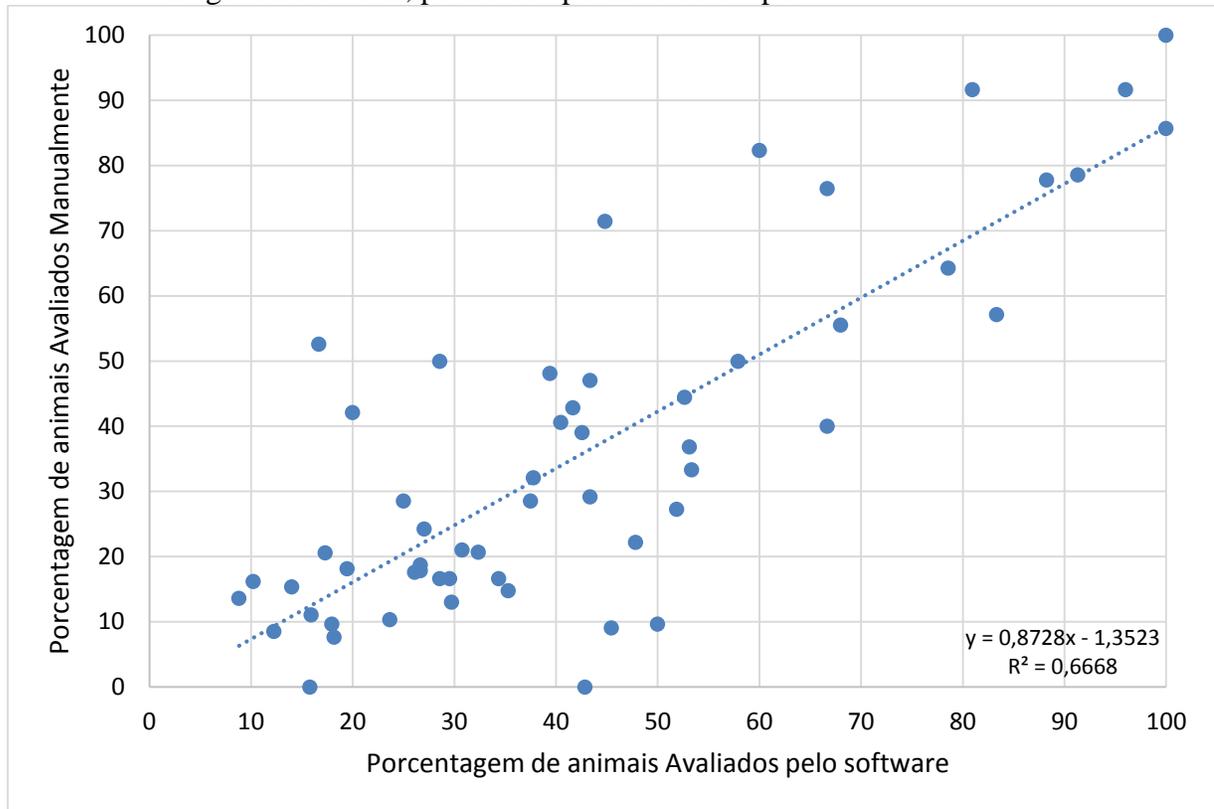
possíveis causas, como o agrupamento de animais formando uma massa única na imagem e também as manchas da pelagem que podem gerar confusão na imagem analisada pelo algoritmo.

Figura 7 – Dispersão para porcentagem de animais em contagem manual versus contagem por inteligência artificial, para o comportamento deitada.



Fonte: Do autor (2022)

Figura 8 – Dispersão para porcentagem de animais em contagem manual versus contagem por Inteligência artificial, para o comportamento em pé.



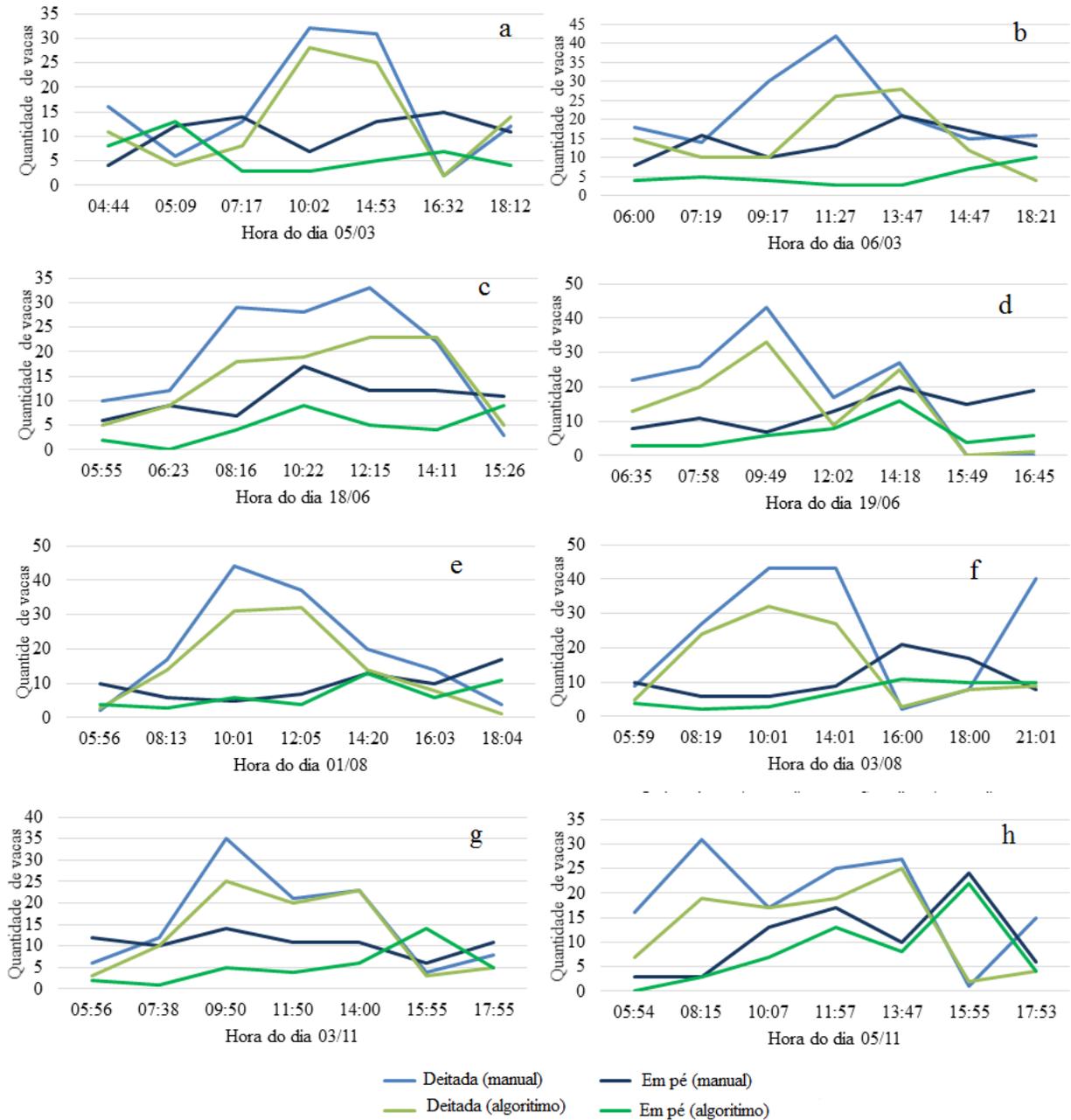
Fonte: Do autor (2022)

A comparação da avaliação do algoritmo desenvolvido com Inteligência Artificial com a avaliação visual pode ser feita analisando os gráficos de tendência agrupados por estação do ano (Figura 9).

Na Figura 9, as linhas azuis indicam a tendência de comportamento das vacas avaliadas pelo método visual e as linhas verdes indicam as avaliações feitas pelo algoritmo. Comparando os métodos de análise fica visualmente expresso que as linhas dos gráficos representam a mesma tendência de comportamentos, dessa forma validando a eficiência do algoritmo desenvolvido nesta pesquisa em comparação ao método visual para os diferentes dias analisados.

Observando a Figura 9a que representa o verão (05/03) pode-se constatar que as vacas tendem a permanecer mais deitadas entre a metade da manhã e a metade do período da tarde, confirmando Grant & Dann (2015), que encontraram em sua pesquisa que o gado fica em média 7h e 40min deitado e ruminando.

Figura 9 – Tendência de comportamento para vacas deitadas e em pé com contagem manual e contagem pelo algoritmo durante o verão nos dias 05/03 (a) e 06/03 (b), no outono nos dias 18/06 (c) e 19/06 (d), no inverno nos dias 01/08 (e) e 03/08 (f) e na primavera nos dias 02/11 (g) e 05/11 (h).



Fonte: Do autor (2022)

A avaliação automatizada das imagens feita pelo algoritmo apresentou maior assertividade (Tabela 2) no verão (05 e 06/03) e no inverno (01/08 e 03/08), apresentando uma assertividade menor e semelhante no outono e na primavera. Podendo ser explicados pelos níveis de radiação solar semelhantes nas estações de transição (outono e inverno), que exerce influência de maneira direta na luminosidade do ambiente, devido ao ângulo da declinação solar ser semelhante em ambas estações. Situação mencionada na pesquisa de Veit et al. (2018), que relata a dificuldade na avaliação de imagens em períodos noturnos devido à baixa luminosidade.

Tabela 2 – Porcentagem de acerto da contagem por software sobre a contagem manual.

Assertividade Software/manual	
Verão	73%
Outono	54%
Inverno	69%
Primavera	55%

Fonte: Do autor (2022)

Ao realizar a análise do posicionamento dos animais nas datas pelo teste de Mann-Whitney (Tabela 3), que apresentou valores de da distribuição normal $z = 3,30816$ e a probabilidade contra a hipótese nula $p = 0,00094$, pode-se observar que houve diferença significativa entre os métodos, apesar de os métodos terem apresentados a mesma tendência de posicionamento do gado nos períodos avaliados. Em sua pesquisa, Teles Junior (2016), que estuda o comportamento de aves por análise de imagens via método visual e por software, avaliou a precisão das metodologias por teste de Mann-Whitney e encontrou valores sem diferença significativa entre si, indicando que sua análise via inteligência artificial possuía precisão semelhante à do método visual.

Tabela 3 – Medidas de tendência central (mediana) dos dados obtidos através do método computacional e do método visual, referentes às posições deitada e em pé

Data	Método visual		Método do algoritmo	
	Deitada	Em pé	Deitada	Em pé
05/03	16,00 a	10,85 b	13,14 c	6,14 d
06/03	22,28 a	14,00 b	15,00 c	5,14 d
18/06	19,57 a	10,57 b	14,57 c	4,71 d
19/06	19,28 a	13,28 b	14,42 c	6,57 d
01/08	19,71 a	9,71 b	14,71 c	6,71 d
03/08	24,57 a	11,00 b	15,42 c	6,71 d
02/11	15,57 a	10,71 b	12,71 c	5,28 d
05/11	18,85 a	10,85 b	13,28 c	8,14 d

Medianas seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo Teste de Mann-Whitney ao nível de 1 % de significância.

Fonte: Do autor (2022)

4 CONCLUSÃO

Durante o período experimental, pode-se observar que o ITU variou ao longo do dia e ao longo do ano. Os maiores valores médios de ITU foram observados durante o período da tarde e no outono, mostrando um leve nível de desconforto térmico para os animais.

A análise visual possibilitou a definição de que as vacas no galpão de *compost barn* passam a maior parte do tempo deitadas.

Foi possível desenvolver um algoritmo baseado em inteligência artificial para identificação do comportamento (em pé e deitada) das vacas no interior da instalação do tipo *compost barn*.

A avaliação por meio de programa de inteligência artificial foi efetiva quando comparada como o método manual de visualização, apresentando bons níveis de assertividade.

A análise de imagens por software, mesmo apresentando resultados efetivos, necessita de mais treinamento da inteligência artificial para resultados mais precisos.

5 REFERÊNCIAS

- BACCARI, F. JR. **Manejo ambiental para produção de leite em clima quentes.** In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia. Anais Goiânia, p. 136-161, 2001.
- BACH A.; GIMÉNEZ A.; JUARISTI J.L.; AHEDO J. **Effects of physical form of a starter for dairy replacement calves on feed intake and performance.** J. Dairy Sci. 2007; 90: 3028-3033
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais Conforto animal.** 2.ed. Viçosa: UFV. 2010. 246p.
- CALAMARI, L., BERTONI, G. **Model to evaluate welfare in dairy cow farms.** Italian Journal of Animal Science, (2009) 8, 301 - 323.
- COLLIER, R. J.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; ZIMBLEMAN, R. B. **Quantifying Heat Stress and Its Impact on Metabolism and Performance.** Research Gate, Department of Animal Sciences, University of Arizona, Jan. 2012,
- 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.
- DEMSAR J, CURK T, ERJAVEC A, GORUP C, HOCEVAR T, MILUTINOVIC M, MOZINA M, POLAJNAR M, TOPLAK M, STARIC A, STAJDOHAR M, UMEK L, ZAGAR L, ZBONTAR J, ZITNIK M, ZUPAN B (2013) Orange: Data Mining Toolbox in Python, Journal of Machine Learning Research 14(Aug): 2349–2353.
- DRISLER, M; GAWORSKI, M; TUCKER, C.B; WEARY, D.M. **Free-stall maintenance: Effects on lying behavior of dairy cattle.** J. Dairy Sci., 88 (2005), pp. 2381-2387 15956301
- ENDRES, M.I. and BARBERG, A. **Compost Barns: What Have We Learned So Far?** In: Minnesota Dairy Health Conference, 115, 2006.
- ENDRES, M.I; BARBERG, A.E. **Behavior of Dairy Cows in an Alternative Bedded-Pack Housing System.** Journal of Dairy Science, 90, 4192-4200. 2007.
- GRANT, R. J.; DANN, H. M. **Biological importance of rumination and its use on-farm.** Agricultural Research Institute Chazy, NY. 2015.
- HALEY, A. M. de PASSILLÉ, J. R. **Assessing cow comfort: Effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows.** Appl. Anim. Behav. Sci., 71 (2001), pp. 105-117 [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00175-111179563](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00175-111179563)

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

OFNER-SCHRÖCK, E., ZÄHNER, M., HUBER, G., GULDIMANN, K., GUGGENBERGER, T. and GASTEINER, J. **Compost Barns for Dairy Cows—Aspects of Animal Welfare.** Open Journal of Animal Sciences, 5, 124-131, 2015.

OLIVEIRA, A. P. de; SILVA, O. P. R. da; BANDEIRA, N. V. da S.; SILVA, D. F. da; SILVA, J. A.; PINHEIRO, S. M. G. **Rendimento de maxixe em solo arenoso em função de doses de esterco bovino e biofertilizante.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v.18, p.1130-1135, 2014.

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.

PONCIANO, P. F., YANAGI JUNIOR, T., LIMA, R. R. D., SCHIASSI, L., & TEIXEIRA, V. H. (2012). **Adjust of regression models to estimate the rectal temperature of broilers for the first 14 days of life.** Engenharia Agrícola, 32, 10-20.

REDMON, J. **Darknet: Open source neural networks in c.** Disponível em: <http://pjreddie.com/darknet/> acesso em 05 de Janeiro de 2022

REDMON, J., Divvala, S., Girshick, R., and Farhadi, A., **“You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection”**, <i>arXiv e-prints</i>, 2015.

RICCI, G. D; ORSI, A. M; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite: revisão. Veterinária e Zootecnia, v. 20, n. 3, p. 9-18, 2013.

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.

SÁ JÚNIOR, A. de. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais.** 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SCHEIBE, K.; GROMANN, C. **Application testing of a new three-dimensional acceleration measuring system with wireless data transfer (WAS) for behavior analysis.** Behavior Research Methods, Springer-Verlag, v. 38, n. 3, p. 427–433, 2006.

SCHIRMANN, K; CHAPINAL, N; WEARY, D.M; HEUWIESER, W; VON KEYSERLINGK, M.A.G. **Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows.** J. Dairy Sci., 95 (2012), pp. 3212-3217. doi:10.3168/jds.2011-4741

SMUTNÝ, L. *et al.* **The Usage of Information Technology for Evaluation of Animal Welfare.** Animal Science and Biotechnologies, v. 46 (2). 2013.

SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; MOURA, D. J. (2011). **Análise de imagens para a caracterização das atividades de vacas leiteiras dentro do galpão de confinamento.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.6, p.1036-1043, nov./dez. 2011.

TELES JUNIOR, C. G. S. **Análise de imagem na avaliação do comportamento ingestivo e ganho de massa corporal de frangos de corte em fase inicial, submetidos a diferentes ambientes térmicos.** 2016. 113 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Viçosa-MG, 2016.

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

VEIT, H. M. *et al.* **Bioacústica como método de avaliação do comportamento em pastejo de novilhas Girolando.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo Horizonte, v. 70, n. 3, p. 873-880, Jun 2018.

CAPITULO 3 Aproveitamento do composto advindo de instalação *compost barn* como adubo orgânico

RESUMO

A produção agrícola demanda vários insumos onerosos e um deles é o adubo, que limita a produção drasticamente, caso não seja aplicado na dose necessária. Muitos fertilizantes são de fontes minerais não renováveis, sendo muitos de origem importada, o que deixa sua aquisição mais onerosa. Com isso a adubação orgânica vira uma opção muitas vezes rentável e também uma opção ambientalmente correta, visto que é sempre produzida a partir de aproveitamento de resíduos de cadeias produtivas. O sistema de confinamento *compost barn* gera ao final do ciclo, que é geralmente de um ano, um montante considerável de composto orgânico que pode ser utilizado pelo produtor para adubação das lavouras de produção de alimento para o gado leiteiro. Este trabalho visa avaliar o uso deste composto como adubação orgânica. Para os testes foi feito o plantio em vaso de girassol em estufa de cultivo e testado quatro doses de adubação (0, 5, 25 e 125g). Os resultados foram positivos para o crescimento, desenvolvimento das plantas e também para a produção de grãos, para todas as doses exceto a testemunha 0g. Pode-se concluir que é recomendável a utilização do composto orgânico.

Palavras chave: Adubação Orgânica. Girassol. Fertilizante.

ABSTRACT

Agricultural production demands several costly inputs and one of them is fertilizer, which drastically limits production if it is not applied in the necessary dose. Many fertilizers are from non-renewable mineral sources, many of which are imported, which makes their acquisition more expensive. Thus, organic fertilization becomes an option that is often profitable and also an environmentally correct option, since it is always produced from the use of waste from production chains. The compost barn confinement system generates, at the end of the cycle, which is usually one year, a considerable amount of organic compost that can be used by the producer to fertilize the crops that produce food for dairy cattle. This work aims to evaluate the use of this compost as organic fertilizer. For the tests, the planting was carried out in a sunflower pot in a greenhouse and four doses of fertilization (0, 5, 25 and 125g) were tested. The results were positive for plant growth, development and also for grain production, for all doses except the 0g control. It can be concluded that the use of organic compost is recommended.

Keywords: Organic Fertilization. Sunflower. Fertilizer.

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário no Brasil vem alavancando a economia do país e também obtendo destaque em nível mundial, este setor é responsável por uma considerável contribuição na economia brasileira representando 27,4% do PIB no Brasil (CEPEA, 2021). O Brasil é um dos maiores produtores de leite bovino do mundo, sendo produzidos mais de 33 milhões de litros de leite por ano, sendo as regiões sul e sudeste as maiores produtoras, ambas com produção anual de aproximadamente 12 milhões de litros (EMBRAPA, 2020).

Dados da Embrapa (2020), mostram que o rebanho leiteiro do Brasil produz uma média de 4,68 L/vaca/dia, estando em uma realidade distante da média de 28,5L/vaca/dia dos Estados Unidos (USDA, 2021), demonstrando que apesar de ser um dos maiores produtores mundiais de leite, o Brasil precisa melhorar a produtividade do rebanho, para que tenha alta produção com eficiência e rentabilidade. Para uma alta produção de leite, boas práticas de manejo e novos métodos no confinamento estão sendo desenvolvidos e aperfeiçoados, buscando maior conforto aos animais e melhores condições de sanidade do rebanho leiteiro, de forma a refletir na qualidade e aumento da produção.

Um dos métodos de confinamento que apresentam bons resultados é o sistema *compost barn*, este sistema é formado de um ciclo onde o produtor planta a forragem que será fornecida aos animais, que por sua vez fornecem para a lavoura a adubação orgânica proveniente da compostagem do material da cama desse gado, dessa forma proporciona economia e sustentabilidade para a atividade leiteira.

No confinamento em *compost barn*, a área de alimentação é separada da área de cama, mas com livre acesso para que o animal possa se alimentar e beber água, sem que a cama sofra com excessos de umidade provenientes dos bebedouros, dessa forma a cama se mantém mais seca e com baixa compactação por mais tempo, facilitando o manejo e aumentando o bem-estar dos animais (SILVA, 2018).

O sistema intensivo de confinamento *compost barn*, introduzido recentemente no Brasil, vem sendo muito difundido no país e muitos produtores estão adotando o método. De acordo com Silva (2018), a criação do *compost barn* foi em meados de 1980 nos Estados Unidos, com o início

de sua utilização no Brasil apenas 32 anos depois, no ano de 2012 (BRITO, 2016). O sistema *compost barn* se diferencia do sistema de confinamento *free stall*, por não ser constituído de camas individualizadas e sim de uma única cama formada por material orgânico e absorvivo como a maravalha e também a característica dos dejetos não serem retirados, sendo deixados para formação de composto orgânico.

Os preços dos fertilizantes químicos, provenientes de jazidas minerais com posterior processamento industrial, geram grande evasão de recursos financeiros da propriedade rural. Pereira (2017) demonstrou com os resultados de sua pesquisa que o custo da adubação química era 32,1% mais elevado que a adubação orgânica. Por isso, fontes alternativas de adubação, principalmente orgânica, têm despertado interesses tanto dos produtores quanto dos pesquisadores, nos últimos anos (PEREIRA, 2017). A invasão da Ucrânia pela Rússia no ano de 2022 trouxe resultados negativos para a agricultura brasileira, pois uma parte dos fertilizantes utilizados no Brasil são provenientes da Rússia, como a ureia, o nitrato de amônio, nitrato de potássio e o fosfato monoamônico. Dessa forma os fertilizantes orgânicos estão cada vez mais importantes para a agricultura brasileira, visto que podem substituir total ou parcialmente os fertilizantes químicos. O adubo orgânico, aplicado por vários anos consecutivos, proporciona efeito residual por longo tempo, o que causa estabilidade na disponibilidade de nutrientes para as culturas, em relação à adubação mineral (SANTOS, 2010). De tal forma que os resíduos orgânicos podem nutrir equilibradamente as plantas, proporcionando também melhor condicionamento do solo, tornando-o, a longo prazo, menos propenso aos efeitos depauperantes do cultivo intensivo (Galvão et al., 1999).

Sendo um sistema de crescente uso na atualidade, alguns pontos, como o efeito dessa adubação devem ser testados, fornecendo dados para um melhor desenvolvimento dos produtores do ramo leiteiro, tornando-os mais eficientes e tecnificados.

O girassol (*Helianthus annuus*) é uma dicotiledônea anual, pertencente a ordem Asterales e família Asteraceae. O gênero deriva do grego hélios, que significa sol. É um gênero complexo, compreendendo 49 espécies e 19 subespécies, sendo 12 espécies anuais e 37 perenes (CAVASINI JUNIOR, 2001)

O setor de industrialização do girassol no Brasil é formado, principalmente, por um pequeno número de médias e grandes agroindústrias, localizadas, sobretudo, nos Estados de Goiás, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Essas agroindústrias processam o girassol visando, basicamente, atender demandas alimentares da população brasileira (demandas de óleo) (HIOLANDA, 2018). Diante dos fatos até aqui apresentados, este trabalho tem por objetivo testar diferentes dosagens de adubo orgânico proveniente da cama do *compost barn* e seus efeitos nas características biofísicas e na produtividade de girassol.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O composto utilizado como adubo orgânico foi obtido de um galpão de *compost barn* com um ano e meio de uso da cama e proveniente de maravalha de eucalipto. A coleta foi feita após a operação de revolvimento e aeração da cama e também feito em pontos alternados (zig-zag) para garantir melhor representatividade do material a ser avaliado. O composto em testes práticos de campo, como recomendado e descrito por Kiehl (2002), não apresentava cheiro amoníaco e, ao toque, não se sentia a temperatura estar elevada, ao apertar o material na palma da mão não havia escorrimento de água, demonstrando de forma prática que o composto estava apto a ser utilizado como adubo orgânico.

O local de coleta do composto foi na Fazenda Custodinho no município de Perdões, Minas Gerais, Brasil, que fica na localização 21°6'25"S de latitude e 45°2'9"W de longitude, classificação do clima é Cwa segundo a Köppen (OMETO, 1981, ALVARES, 2013), com temperatura média de 20,4 °C e pluviosidade média anual de 1455 mm, sendo que 85% desse total é concentrado de outubro a março de acordo com as normais climatológicas de 1991-2020 (INMET, 2020).

O galpão tem uma área total de 800m² de cama, com uma população média de 65 vacas em lactação, alimentando 45,5 kg por dia, sendo 29 kg de silagem de milho, 13 kg de concentrado proteico e 3,5 kg de alfafa, com produtividade média diária de 32 litros de leite e produção média diária de 2200 L.

O composto obtido foi submetido a análises químicas no laboratório de fertilidade do solo da Universidade Federal de Lavras, sendo analisados os seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, B, Cu e Fe. Em uma casa de vegetação da Plataforma de energia e resíduos da UFLA (PLAER) junto ao Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel (G-Óleo), foi realizado o plantio de girassol em vasos. Esta casa de vegetação está situada na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil, a uma altitude de 919 m, latitude 21° 14' S e longitude 45° 00' 00" W e de clima, com estação fria e seca de abril a setembro e quente e úmida de outubro a março, de acordo com a classificação de Köppen (OMETO, 1981, ALVARES, 2013).

O experimento foi conduzido no período de maio a agosto de 2020, em regime de casa de vegetação sob irrigação, em solo classificado como Latossolo vermelho Distroférico típico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1999) de textura argilosa, fase cerrado.

Os resultados da análise química do solo realizada no laboratório de fertilidade de solo da Universidade Federal de Lavras utilizado nos vasos para experimento estão apresentados no Quadro 3 com as seguintes análises: Ph em água, P (fósforo Mehlich I), K (potássio Mehlich I), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Al (alumínio), H + AL (acidez potencial), S.B. (soma de bases), t (CTC efetiva), T (CTC a ph 7,0), m (saturação por alumínio), V (saturação por bases).

Quadro 3 – Análise química do solo utilizado na implantação do experimento.

Atributo	Unidade	Valor
Ph em água	Ph	6,5
P (fósforo Mehlich I)	mg/dm ³	8,99
K (potássio Mehlich I)	mg/dm ³	180,72
Ca (cálcio)	Cmolc/dm ³	5,50
Mg (magnésio)	Cmolc/dm ³	0,53
Al (alumínio)	Cmolc/dm ³	0,10
H + AL (acidez potencial)	Cmolc/dm ³	1,82
S.B. (soma de bases)	Cmolc/dm ³	6,54
t (CTC efetiva)	Cmolc/dm ³	6,64
T (CTC a ph 7,0)	Cmolc/dm ³	8,36
m (saturação por alumínio)	%	1,51
V (saturação por bases)	%	78,27

Fonte: Do autor (2022)

O solo utilizado no experimento foi misturado com areia na proporção de $\frac{3}{4}$ de solo e $\frac{1}{4}$ de areia e posteriormente adicionadas e misturadas as doses de adubação, colocados em vasos com

capacidade volumétrica de 8 litros. Foram utilizados 4 tratamentos de dosagem de adubação, sendo eles:

1. Testemunha (sem adubação)
2. 5g composto orgânico por vaso (equivalente a 1 t/ha)
3. 25g composto orgânico por vaso (equivalente a 5 t/ha)
4. 125g composto orgânico por vaso (equivalente a 25 t/ha)

O material genético utilizado para a semeadura da planta teste, foram sementes de girassol da cultivar FMS Brilhante cedidas pela empresa Fundação MS®.

Foram feitas 10 avaliações durante todo o ciclo da cultura e uma última avaliação no último dia antes da colheita dos grãos. Os dias em que foram feitas as avaliações foram 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 dias após a semeadura, de forma que foram feitas a cada sete dias sempre no mesmo horário, às 7h.

No experimento foram avaliadas as seguintes características: altura da planta durante todo o ciclo da cultura, número de folhas e diâmetro do colo e ao final do ciclo da cultura feito a medição do peso de mil sementes. Os parâmetros altura de planta e diâmetro do colo foram medidos utilizando respectivamente uma trena e um paquímetro digital, já o número de folha foi feito por contagem visual. Foi feita também a medição do peso de mil sementes (PMS), para proceder essa avaliação foi feita a colheita no dia 84 após a semeadura, tendo em vista que as plantas já se encontravam em condição para serem colhidas. A medição do PMS foi executada por contagem visual, parâmetro importante na avaliação de sementes. Metodologia utilizada para o PMS foi a mesma descrita no manual de análises de sementes Agrodefesa (2021), que segue as normas de análises regulamentadas pelo governo do Brasil.

Delineamento experimental utilizado foi o Delineamento em DIC com 4 tratamentos (doses) e 6 repetições, sendo cada parcela constituída por uma planta por vaso. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise química do composto utilizado nos vasos para experimento podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4 – Análise química do composto utilizado na implantação do experimento.

Atributo	Massa/Massa	Porcentagem
N	41,7 g/kg	4,17
P	8,7 g/kg	0,87
K	16,7 g/kg	1,67
Ca	11,7 g/kg	1,17
Mg	2,1 g/kg	0,21
S	1,6 g/kg	0,16
Mn	109,2 mg/kg	0,011
Zn	147,4 mg/kg	0,014
B	31,5 mg/kg	0,003
Cu	21,4 mg/kg	0,002
Fe	185,0 mg/kg	0,018

Fonte: Do autor (2022)

Analisando a composição química do composto pode-se constatar que há uma maior quantidade de nitrogênio em relação aos outros nutrientes avaliados, possivelmente proveniente da urina dos animais, sendo pobre nos outros elementos. Adubos químicos comerciais apresentam maiores porcentagens de nitrogênio que o composto, como citado por Reetz (2017) o sulfato de amônio e a ureia tem respectivamente 21% e 46% de nitrogênio em suas composições químicas. Considerando que a cama é trocada em um tempo de 12 a 18 meses, pode ser recomendado a adição ao material de formação da cama, tal como, pó de rocha rico em fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, que poderá ser degradado junto ao restante do material, melhorando a composição do composto.

Foi realizada uma análise de variância para as variáveis reposta: altura de planta, número de folhas, diâmetro do colo e peso de mil sementes (Tabela 3). No entanto a variável altura de planta não apresentou significância estatística nos dados, e por isso não foi representada em tabelas e gráficos. Os tratamentos 0, 5 e 25g não apresentaram diferença estatística, já o tratamento 125g apresentou melhor resultado e diferença estatística perante as demais doses de adubação. Em experimento utilizando milho como planta teste, Reina et al. (2010) obtiveram resultados

significativos de crescimento e produtividade com uso de esterco bovino, até a dose de 20t/ha, diferente do presente trabalho que não houve significância nas doses utilizadas com valores abaixo de 25t/ha.

Tabela 3 – Valores médios para as variáveis número de folhas, diâmetro do caule e peso de mil sementes (PMS).

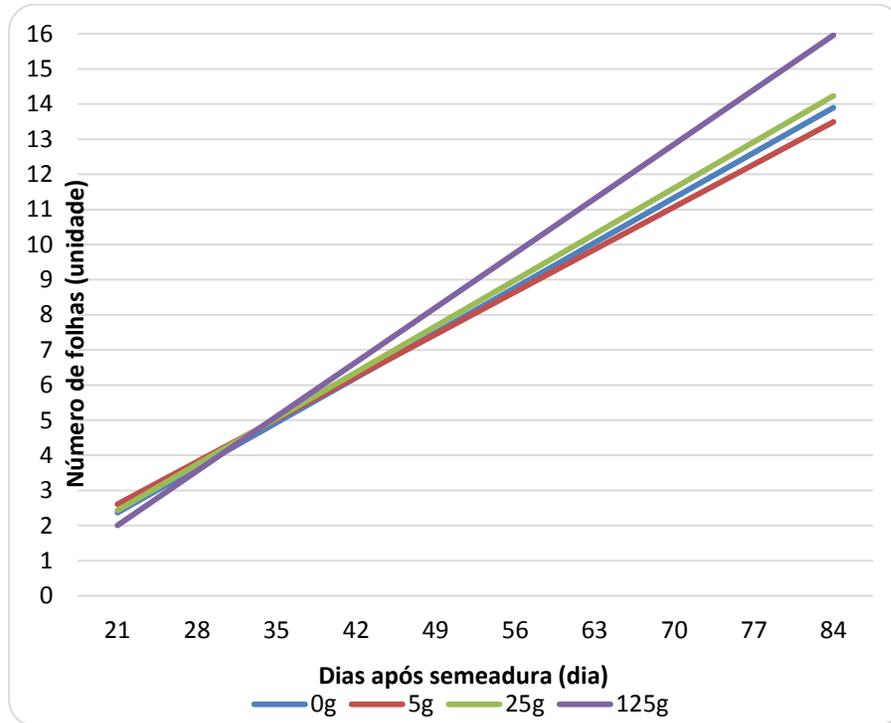
Variável	Doses			
	0g	5g	25g	125g
Nº Folhas	13,89b	13,49b	14,23b	15,96a
Diâmetro do caule	9,52b	9,59b	10,85b	12,15a
PMS	19,46b	20,16b	2307b	28,63a

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

Fonte: Do autor (2022)

Na Figura 10 é possível observar a avaliação do número de folhas em função das diferentes doses de adubo orgânico em relação aos dias após a semeadura. Nota-se pelo resumo da análise de regressão linear (Figura 10), que para a variável número de folhas os vasos que usaram a maior concentração do adubo orgânico (125g) obtiveram um maior número de folhas. O comportamento do número de folhas apresentou um modelo crescente e linear com o passar dos dias após a semeadura.

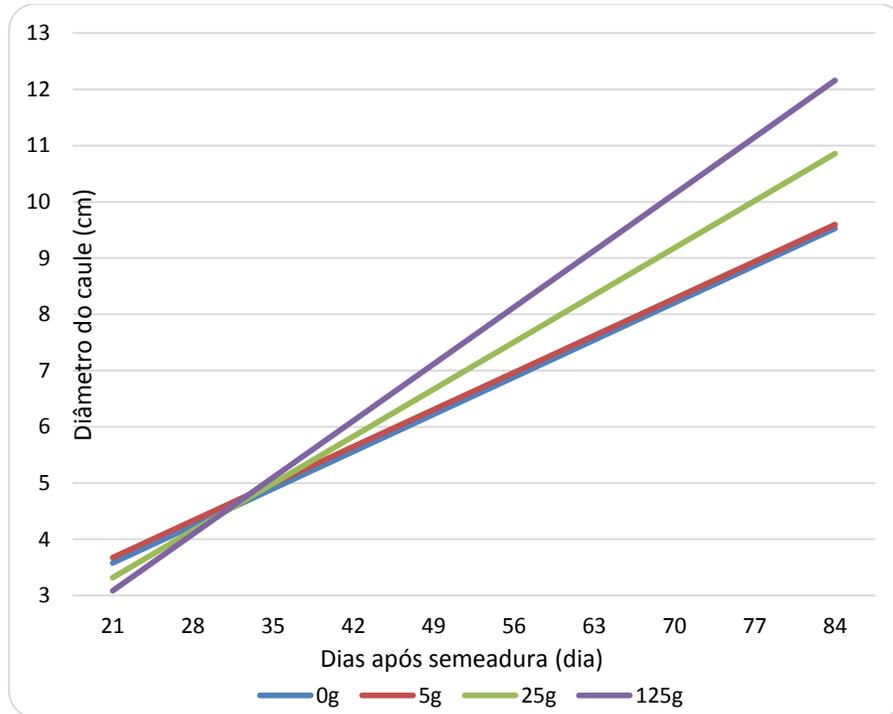
Figura 10 – Avaliação do número de folhas em função de diferentes doses de adubo orgânico.



Fonte: Do autor (2022)

Nota-se pelo resumo da análise de regressão linear (Figura 11), que para a variável diâmetro do caule ocorreu crescimento linear apesar da diferença significativa ser apenas na dose de 125g de adubo orgânico, obtendo também um maior diâmetro de caule. O crescimento do diâmetro do caule teve um modelo crescente e contínuo até o último dia de análise. Com relação ao valor médio de diâmetro do caule obtido na última coleta de dados aos 84 dias, foi maior para a dose de 125g de adubação apresentando um valor de 12,16mm, não apresentou grande diferença numérica quando comparado ao valor encontrado por Bezerra et al. (2014) que foi de 12,33mm.

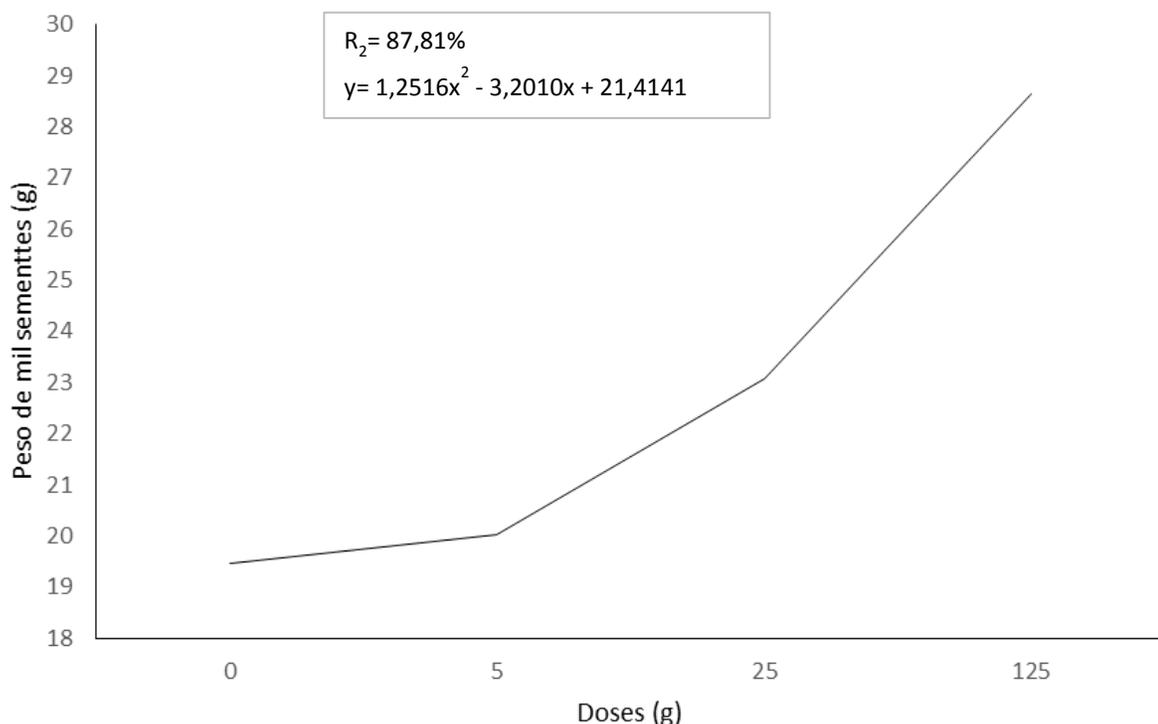
Figura 11 – Avaliação do diâmetro do caule em função de diferentes doses de adubo orgânico.



Fonte: Do autor (2022)

Pode ser observado que pelo resumo da análise de regressão linear (Figura 12) para a variável peso de mil sementes, que os vasos que receberam a maior concentração de adubo (125g) obtiveram um maior PMS. O enchimento dos grãos se comportou de forma exponencial crescente, com maior valor apresentado na dose de 125g. Em questão de números observa-se que o peso médio de mil sementes no dia 84 que foi de 28,64g é menor que a média encontrada por Souza et al. (2014) em seu trabalho que foi de 53g, no entanto o presente trabalho visa analisar a comportamento da planta com o acréscimo das doses e não os valores absolutos em si.

Figura 12 – Peso de mil sementes em diferentes dosagens de adubação orgânica.



Fonte: Do autor (2022)

Dentre os quatro tratamentos as doses de 0, 1 e 5 t/ha não apresentaram diferença significativa entre eles. Já a dosagem de 25 t/ha apresentou diferença dos demais e obteve melhores resultados, indicando que a utilização deste composto orgânico é benéfica para a lavoura. No entanto, ainda é sempre necessário seguir as recomendações de nutrição de solo, como as feitas em Alves et al. (1999) e possivelmente necessitando, assim, da utilização de adubação química em conjunto da orgânica.

Em sua pesquisa Ricardo (2016) cita que uma vaca em lactação com peso médio de 400 kg pode produzir de 38 a 50 kg de excrementos por dia, sendo que deste valor, entre 28 e 32 kg são equivalentes as fezes e o restante é constituído de urina. A pesquisa de Campos (1997) traz que 87,3 % do dejetos bovino é correspondente a água, visto que Perissinotto (2005) cita que encontrou em sua pesquisa um consumo de água de 37,3 L/dia em dias frescos e 63,8 L/dia em dias mais quentes. Considerando os dados acima e também os resultados deste trabalho, a propriedade de onde foi coletado o material para este trabalho tendo um rebanho com média de 65

vacas, teve capacidade de produzir ao longo dos 18 meses aproximadamente 1223,2 toneladas de composto orgânico em matéria seca. Seguindo o melhor resultado da pesquisa a propriedade teria capacidade de adubar uma área aproximada de 48,9 ha com uma dose de 25 t/ha.

Com a aplicação da melhor dose avaliada no presente trabalho (25t/ha), o produtor estaria adicionando ao solo aproximadamente 1040kg de nitrogênio, 218 kg de fósforo e 418 kg de potássio por hectare. Se fosse feita adubação com fertilizantes comerciais, esses valores seriam equivalentes a 5,2 t de sulfato de amônio, 3,8 t de cloreto de potássio e 20,9 t de super fosfato simples por hectare, doses essas economicamente inviáveis e agronomicamente excessivas. Com isso, observa-se a necessidade da realização de testes em campo com dosagens menores que a de melhor desempenho nesse trabalho, para a definição da dose ou faixa mais adequada para aplicação na lavoura.

4 CONCLUSÃO

A adubação orgânica com utilização do composto proveniente de confinamento *compost barn* se mostrou eficiente, com melhores resultados na dose equivalente a 25 t/ha.

Foi constatado, perante análise dos dados, que houve maior crescimento da planta e maior enchimento de grãos com o aumento da dose de adubação, comprovando os efeitos positivos na planta do uso do composto orgânico advindo de um *compost barn*.

A adubação orgânica foi efetiva, porém, no composto estudado, foi observado a necessidade de complementação nutricional via adubo químico.

5 REFERÊNCIAS

- AGRODEFESA. **Análise de Sementes**, 2021. Disponível em: <<https://www.agrodefesa.go.gov.br/laboratorios/an%C3%A1lise-de-sementes.html>> . Acessado em 28 de maio de 2022.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. 513 Meteorol. Zeitschrift 2013, 22, 711–728
- ALVES, V. M.C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (ed.). **5ª Aproximação: Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo em Minas Gerais. 1999. p. 314-316.
- BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA FILHO, A. F. de; BARROS, G. de L. **Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas**. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 2, p. 335-343, 2014.
- BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em compost barn: uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.
- CAMPOS, A. T. **Análise da Viabilidade da Reciclagem de Dejetos de Bovinos com Tratamento biológico, em Sistema Intensivo de Produção de leite**. 1997 Tese (Energia na Agricultura). Botucatu, SP) - UNESP, Botucatu, 1997.
- CAVASIN Júnior, C. P. **A cultura do girassol**. Guaíba, Agropecuária, 2001. 69 p.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB do agronegócio brasileiro**. 2021. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 22 mar. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EMBRAPA GADO DE LEITE. **Indicadores: Leite e Derivados**. – Ano 11, n. 99 (Fevereiro/2020) – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2020.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, Dez. 2011.

GALVÃO, J, C, C; MIRANDA, G, V; SANTOS, I, C. **Adubação orgânica em milho**. *Revista Cultivar Grandes Culturas*. Nº 76. Pelotas, 1999.

HIOLANDA, R.; DALCHIAVON, F. C.; BIEZUS, E.; IOCCA, A. F. S.; CARVALHO, C. G. P. **Contributo para o estudo do desempenho agronômico de híbridos na principal região produtora de girassol no Brasil (Chapadão do Parecis)**. Rev. de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 41, n. 1, p. 11-20, mar. 2018

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil 1991-2020**. Organizadores: Marcia dos Santos Seabra, Edmundo Wallace Monteiro Lucas. INMET, Brasília/DF, Brasil, 2020. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 03/03/2022.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba – SP; 3ª edição do autor, 2002. 171 p.

OMETTO, José Carlos. **Bioclimatologia vegetal**. Agronômica Ceres, 1981.

PEREIRA, A. M. O. **Análise dos custos do adubo químico e orgânico na produção de alface (lactuca sativa L.) no distrito federal**. Monografia (Bacharel em Gestão de Agronegócios) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), Brasília/DF, 2017.

PERISSINOTTO, M.; de MOURA, D. J.; da SILVA, I. J. O.; MATARAZZO, S. V. **Influência do ambiente no consumo de água de bebida de vacas leiteiras**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online]. 2005, v. 9, n. 2 [Acessado 10 Março 2022], pp. 289-294.

REETZ, H. F. Fertilizantes e o seu uso eficiente/Harold F. Reetz, Jr; tradução Alfredo Scheid Lopes. – São Paulo: ANDA, 178 p. : il. 2017

REINA, E.; AFFÉRI, F. S.; DE CARVALHO, E. V.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M. **Efeito de doses de esterco bovino na linha de semeadura na produtividade de milho.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 5, n. 5, p. 158 - 164, 5 Nov. 2010.

RICARDO, T. N. A. **Plano de manejo de resíduos de bovinocultura leiteira de uma propriedade rural do município de Santa Bárbara do Monte Verde, MG.** 2016. Trabalho final de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

SANTOS, Ailton F. dos; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN A. M. **Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 14, n. 12, p. 1267-1272, Dez. 2010 .

SILVA, G. R. de O. **Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite em *compost barn* e *free stall*: um comparativo.** 2018. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

SOUZA, L. H. B. de; PEIXOTO, C. P.; SILVEIRA, P. S. da; LEDO, C. A. da S.; LIMA, V. P.; SANTOS, A. P. S. G. dos. **Características agronômicas e rendimento de girassol em diferentes épocas de semeadura e populações de plantas no recôncavo da Bahia.** Bioscience Journal, v. 30, n. 1, p. 90-100, 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Milk cows and production by State and region (Annual).** 2021. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/data-products/dairy-data/dairy-data/#Data files>>. Acesso em: 16 mar. 2022.