



GUSTAVO RAFAEL DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE RENTABILIDADE DE SISTEMAS DE
PRODUÇÃO DE LEITE EM *COMPOST BARN* E *FREE STALL*:
UM COMPARATIVO**

**LAVRAS-MG
2018**

GUSTAVO RAFAEL DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE RENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE EM
COMPOST BARN E FREE STALL: UM COMPARATIVO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias, área de
concentração em Produção
Animal, para obtenção do título de
Mestre.

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes
Orientador

Prof. Dr. Geraldo Márcio da Costa
Coorientador

Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lima
Coorientador

**LAVRAS-MG
2018**

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

Silva, Gustavo Rafael de Oliveira.

Análise de rentabilidade de sistemas de produção de leite em
compost barn e free stall: um comparativo / Gustavo Rafael de
Oliveira Silva. - 2018.

57 p. : il.

Orientador(a): Marcos Aurélio Lopes.

Coorientador(a): Geraldo Márcio da Costa, André Luís Ribeiro
Lima.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Bovinocultura leiteira. 2. Centros de custos. 3. Custo de
produção. I. Lopes, Marcos Aurélio. II. Costa, Geraldo Márcio da. III.
Lima, André Luís Ribeiro. IV. Título.

GUSTAVO RAFAEL DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DE RENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE EM
COMPOST BARN E *FREE STALL*: UM COMPARATIVO**

**ANALYSIS OF RENTABILITY OF MILK PRODUCTION SYSTEMS IN *COMPOST
BARN* AND *FREE STALL*: A COMPARATIVE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias, área de
concentração em Produção
Animal, para obtenção do título de
Mestre.

APROVADA em 04 de maio de 2018.

Dr. Marcos Aurélio Lopes - UFLA

Dr. Matteo Barbari - Università degli Studi di Firenze

Dr. Geraldo Márcio da Costa - UFLA

Dr. Flávio Alves Damasceno - UFLA

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes

Orientador

Prof. Dr. Geraldo Márcio da Costa

Coorientador

Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lima

Coorientador

LAVRAS-MG

2018

A Deus pela oportunidade da vida, a meus pais Adriano e Neusa, minha irmã Adriana, minha namorada Sabrina e toda minha família pelo constante apoio. Ao meu orientador Marcos Aurélio Lopes pela grande contribuição no presente trabalho e à UFLA por participar de toda a minha formação acadêmica desde à graduação. Também ao Vitor Borges e toda Equipe Rehagro pelo fornecimento dos dados para a pesquisa e incrível troca de experiências.

Dedico

LISTA DE SIGLAS

bST Somatotropina Bovina

CBT Contagem Bacteriana Total

CCS Contagem de Células Somáticas

CEPEA Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

COE Custo Operacional Efetivo

COT Custo Operacional Total

EPI Equipamento de Proteção Individual

FGTS Fundo de Garantia do Tempo de Serviço

GPS Guia da Previdência Social

HG Girolando

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEP Intervalo de Partos

NRAES *Northeast Resource, Agriculture and Engineering Service*

PIB Produto Interno Bruto

REHAGRO Recursos Humanos no Agronegócio

SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

UFC Unidade Formadora de Colônias

USDA *United States Department of Agriculture*

RESUMO

A bovinocultura leiteira possui grande importância na economia do Brasil, uma vez que o país é o sexto maior produtor de leite do mundo. Entretanto, a produtividade/vaca/dia ainda está muito abaixo de outros países e, pensando em melhorar esse indicador, muitas fazendas tem investido em sistemas mais intensivos como: *compost barn* e *free stall*. Objetivou-se, com esta pesquisa, analisar, comparativamente, a rentabilidade de sistemas de produção de leite que utilizam *compost barn* e *free stall*. Especificamente, pretendeu-se, ainda: a) Analisar e comparar a representatividade dos grupos de despesas que compõem o custo operacional total; b) Analisar e comparar a representatividade das despesas relativas à mastite e reprodução; c) Estimar e comparar as margens bruta e líquida; d) Analisar e comparar a representatividade dos itens que compõem a receita bruta; e) Auxiliar produtores e técnicos a escolher o tipo de instalação mais adequada para cada fazenda. Foram analisados dados de janeiro a dezembro de 2016 de quatro fazendas, escolhidas utilizando-se amostragem não probabilística por julgamento, sendo duas que utilizam o *compost barn* e duas, o *free stall*. O custo de produção do leite foi estimado segundo a metodologia do custo operacional, considerando o centro de custos produção de leite, que envolveu as vacas em lactação e as secas. Adicionalmente, foram estimadas as margens bruta e a líquida, como indicadores de rentabilidade. Os resultados foram comparados por meios de análises descritivas, usando o aplicativo MS Excel, agrupados em tabelas, com objetivo de realizar uma melhor apresentação, comparação e discussão. Concluiu-se que as médias das margens bruta e líquida não foram influenciadas pelo tipo de instalação utilizada pela fazenda, sendo positivas em todos os sistemas de produção analisados. Dentre os componentes do custo operacional efetivo, a representatividade do item medicamentos foi menor nas propriedades com *compost barn*, enquanto o custo com cama para vacas foi menor nas fazendas de *free stall*. Tanto a depreciação, quanto o custo operacional total, foram semelhantes entre os tipos de instalação. Em relação às receitas, a venda de leite teve maior percentual nas fazendas de *free stall*, apesar do alto desvio padrão e as expectativas de receita de dejetos foram semelhantes entre os sistemas de produção. Dessa forma, visto que não houve diferenças expressivas entre os tipos de instalações, entende-se que as facilidades de manejo, produtividade, desempenho reprodutivo, saúde dos animais (lesões de casco e mastite), questões ambientais, além de disponibilidade de água e material de cama (areia, serragem, palha de café) devem ser os motivadores da escolha de uma em detrimento da outra.

Palavras-chave: Bovinocultura leiteira. Centros de custos. Custo de produção. Instalação animal.

ABSTRACT

Dairy cattle has great importance in the Brazilian economy, since Brazil is the sixth largest milk producer in the world. However, a productivity/cow/day is still far below the other countries and, in search of highest productions, many farms have been invested in more intensive systems such as: compost barn and free stall. The objective of this research was to analyze, comparatively, a profitability of systems of milk production that use compost barn and free stall. Specifically, it is also intended to: a) Analyze and compare the representativeness of the groups of expenses that compose the total operational cost; b) Analyze and compare the representativeness of mastitis and reproduction expenses; c) Estimate and compare gross and net margins; d) Analyze and compare the representativeness of the items that compose the gross revenue; e) Help producers and technicians to choose the most adequate type of installation for each farm. The data was collected from January to December 2016 from four farms, chosen using non-probabilistic sampling by judgment, two of them use the compost barn and two, the free stall. The milk cost production were estimated according to the methodology of the operating cost, considering the cost center milk production, that involved lactating and dry cows. In addition, were estimated the gross and net margins as profitability indicators. The results were compared by means of descriptive analysis, using MS Excel, grouped in tables, with the purpose of improving the presentation, comparison and discussion. It was concluded that the gross and net margins were not influenced by the type of farm installation, and were positive in all analyzed production systems. Among the components of the effective operational cost, the representativeness of the item drugs was lower in the farms that use compost barn, while the cost with bed of cows was lower in the free stalls farms. Both the depreciation and total operational cost were similar among installation types. Regarding the revenues, milk sales had a higher percentage in free stall farms, despite the high standard deviation and the revenue expectations of manure were similar among the production systems. Thus, since there were no significant differences between types of facilities, it is understood that management facilities, productivity, reproductive performance, animal health (hoof problems and mastitis), environmental issues, besides of water and bed material (sand, sawdust, coffee straw) availability should be the motivators of choosing one over the other.

Keywords: Dairy cattle. Cost centers. Production cost. Animal facility.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	GERAL	11
2.2	ESPECÍFICOS.....	12
3	JUSTIFICATIVA	12
4	REVISÃO DA LITERATURA	13
4.1	CUSTO DE PRODUÇÃO E ANÁLISE DE RENTABILIDADE.....	13
4.1.1	IMPORTÂNCIA	13
4.1.2	METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	14
4.1.3	CENTROS DE CUSTOS.....	16
4.1.4	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DO <i>COMPOST BARN</i> E <i>FREE STALL</i>	17
4.2	CARACTERÍSTICAS DAS INSTALAÇÕES	18
4.2.1	<i>COMPOST BARN</i>	18
4.2.2	<i>FREE STALL</i>	21
4.3	COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE <i>COMPOST BARN</i> E <i>FREE STALL</i>	21
4.3.1	CONFORTO	22
4.3.2	CLAUDICAÇÃO CLÍNICA.....	23
4.3.3	MASTITE	24
4.3.4	REPRODUÇÃO	25
4.3.5	SATISFAÇÃO DOS PRODUTORES.....	25
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
6.1	CUSTOS DE PRODUÇÃO	34
6.1.1	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO (COE)	34
6.1.2	DEPRECIAÇÃO	42
6.1.3	CUSTO OPERACIONAL TOTAL (COT).....	45
6.2	ANÁLISE DE RENTABILIDADE.....	47
6.2.1	RECEITAS.....	47
6.2.2	MARGEM BRUTA.....	50
6.2.3	MARGEM LÍQUIDA.....	51
7	CONCLUSÕES	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Em 2017, o produto interno bruto (PIB) total do Brasil aumentou 1,0%, enquanto o PIB do agronegócio aumentou 13%, em relação a 2016 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2018). O PIB do agronegócio representou 21,6% do PIB total brasileiro (CEPEA, 2018), mostrando a grande importância do setor na economia do país, o quanto ele deve ser valorizado e que, mesmo com uma crise no país, o setor continua crescendo. A pecuária leiteira é uma das áreas do agronegócio que merece destaque, já que, em 2015, o Brasil foi o sexto maior produtor de leite do mundo (USDA, 2016a), sendo a região sul a maior produtora do país e Minas Gerais o estado com maior produção (IBGE, 2016).

Embora o Brasil ocupe posição de destaque na produção de leite, em 2015, o país apresentou produtividade de 1.657 kg/vaca/ano, que significa 4,5 kg/vaca/dia (IBGE, 2016). Esse índice está muito abaixo dos 29,5 kg produzidos por vaca/dia nos Estados Unidos, país que, no mesmo ano, apresentou a maior produtividade do mundo (USDA, 2016b). Esses dados reforçam a necessidade de intensificação da pecuária leiteira brasileira, ou seja, de aumentar a produção de leite por área e por animal. Em algumas fazendas do país esse processo já é realidade e ele pode ser importante para que o Brasil consiga aumentar sua produção total e os produtores possam ter maior rentabilidade. Dentre os sistemas intensivos de confinamento, dois merecem destaque: *free stall*, o mais antigo deles, e *compost barn*, que foi introduzido recentemente no país.

O *free stall*, sistema de produção criado em 1960 em Washington, nos Estados Unidos (ALBRIGHT, 1964), consiste num galpão coberto, com camas individuais, normalmente de areia, de livre acesso para os animais e corredores concretados para acessar os cochos e bebedouros. Duas vezes ao dia, os dejetos são retirados das camas com o uso de enxadas e os corredores são raspados e/ou lavados utilizando-se *flushing*. Já a areia das camas precisa ser repostada à medida que vai abaixando, o que pode variar de uma fazenda para outra.

Já em relação à data de criação do *compost barn*, existem divergências. Wagner (2002 apud BRITO, 2016) relata que ela se deu em meados de 1980, no estado de Virginia, Estados Unidos e, segundo Barberg *et al.* (2007), o primeiro *compost barn* foi construído em 2001, Minnesota, também nos Estados Unidos, chegando ao Brasil apenas em 2012 (BRITO, 2016). Esse tipo de instalação consiste num galpão coberto com uma área de cama sem divisões para descanso dos animais, onde ocorre compostagem, e uma pista de alimentação (BARBERG *et al.*, 2007).

Entretanto, mesmo em sistemas intensivos de produção, sabe-se que o produtor tem pouco poder de negociação do preço do seu produto, estando sujeito às variações de mercado e interesses dos laticínios. Por isso, a redução dos custos de produção é uma boa alternativa para que o empresário rural consiga aumentar seus lucros. Para poder atuar sobre os custos é imprescindível que o produtor os conheça, direcionando, assim, seus esforços e sabendo onde, quando e como agir. Contudo, em relação ao *compost barn*, ainda não há trabalhos que descrevam os custos de produção nesse sistema, não existindo, portanto, parâmetros para que os produtores possam comparar as suas fazendas com outras, e possam nortear suas decisões. Dessa forma, ressalta-se a importância da presente pesquisa para elucidar tais custos e possibilitar comparações.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar, comparativamente, a rentabilidade de sistemas de produção de leite que utilizam *compost barn* e *free stall*.

2.2 ESPECÍFICOS

Especificamente, pretendeu-se, ainda:

- a) Analisar e comparar a representatividade dos grupos de despesas que compõem o custo operacional total;
- b) Analisar e comparar a representatividade das despesas relativas à reprodução e aos antibióticos intramamários utilizados para tratamento da mastite.
- c) Analisar e comparar a representatividade dos itens que compõem a receita bruta;
- d) Estimar e comparar as margens bruta e líquida, como indicadores de rentabilidade;
- e) Auxiliar produtores e técnicos a escolher o tipo de instalação mais adequada para cada fazenda.

3 JUSTIFICATIVA

Existem vários estudos que abordam as dimensões, custo de instalação e parâmetros a serem mensurados num *compost barn*, assim como trabalhos que citam possíveis vantagens do sistema em relação à reprodução, mastite e lesões de casco. Contudo, não existem trabalhos sobre análise de rentabilidade que compararam *compost barn* e *free stall*. Portanto, é necessário o desenvolvimento de um estudo sobre esse assunto para auxiliar técnicos e produtores na tomada de decisão sobre qual tipo de instalação adotar. Além disso, por meio do cálculo do custo operacional efetivo, alocando-se os itens em diferentes contas gerenciais, é possível fazer uma comparação dos gastos com mastite e reprodução no *compost barn* e no *free stall*, corroborando, ou não, os resultados de pesquisa que citam essas vantagens no sistema de compostagem. Por meio deste estudo, também serão gerados conhecimentos sobre a composição da receita em ambas as instalações que, com certeza, serão úteis nas avaliações dos produtores, ajudando-os a optar por uma em detrimento de outra.

Adicionalmente, sabe-se que o custo de produção varia ao longo dos anos, podendo ser comprovado a partir dos trabalhos mencionados anteriormente. Isso

ocorre, uma vez que o custo depende de inúmeras variáveis como: preço de insumos, salários, tecnologia empregada à época, além de sofrer influência da genética e nutrição dos animais. Por isso, é fundamental realizar novas pesquisas sobre custos de produção, também em propriedades que utilizam *free stall*, permitindo a comparação de fazendas de *compost barn* e *free stall*.

A metodologia do custo operacional foi escolhida por ser mais prática e ter menor subjetividade, já que não há atribuição de valores para remuneração da terra e do empresário, que podem variar segundo a localização da propriedade e objetivo do proprietário da fazenda, respectivamente.

4 REVISÃO DA LITERATURA

Visando melhor compreensão deste capítulo, optou-se por dividi-lo nos seguintes tópicos: custo de produção e análise de rentabilidade, características das instalações e comparação dos sistemas de *compost barn* e *free stall*.

4.1 CUSTO DE PRODUÇÃO E ANÁLISE DE RENTABILIDADE

4.1.1 IMPORTÂNCIA

O cálculo do custo de produção de leite envolve todas as áreas de uma propriedade e exige muita organização para o lançamento das notas fiscais dos produtos adquiridos e o valor dos serviços utilizados. Além disso, é necessário conhecimento para alocar os custos nas contas gerenciais e centros de custos corretos. Por isso, é uma tarefa complexa e, ao mesmo tempo muito importante, já que é o ponto de confluência no qual todas as decisões técnicas e investimentos podem se justificar ou não (LOPES; REIS; YAMAGUCHI, 2007).

Por meio da realização do custo de produção mensal, várias oportunidades e gargalos podem ser visualizados pelo técnico e pelo produtor, já que eles passam a

observar variações dos custos entre os meses em cada conta gerencial, levando a tomar atitudes mais acertadas e que terão grande influência no futuro do negócio. A realização do cálculo do custo de produção permite ao empresário rural comparar a sua propriedade com outras propriedades através do *benchmarking*, gerando melhorias na fazenda e otimização dos lucros (CAMP, 1998).

A análise de rentabilidade também é de fundamental importância na gestão de uma empresa. O conhecimento dos indicadores econômicos permite que haja entendimento da situação econômico-financeira da propriedade (ARAÚJO, 2009), possibilitando que seja feita uma avaliação da condição atual da empresa e se possa fazer planejamentos a curto e longo prazos. Além disso, por meio da análise de rentabilidade, os empresários se tornam aptos a comparar a atividade de produção de leite com outras atividades econômicas (SANTOS; LOPES, 2012).

4.1.2 METODOLOGIAS UTILIZADAS

É necessário definir um método a ser utilizado para calcular o custo de produção de leite para que os resultados possam ser comparados com outras propriedades. Existem diferentes metodologias utilizadas para fazer esse cálculo sendo as principais: a metodologia do custo total, utilizada por Souza *et al.* (1990), e a do custo operacional (MATSUNAGA *et al.*, 1976). O custo total consiste na soma do custo fixo e custo variável. O custo fixo é composto por aqueles custos que não variam proporcionalmente à produção, ou seja, mesmo se não houver produção é preciso arcar com esses custos, são eles: remuneração da terra e do empresário; depreciação e remuneração do capital investido em benfeitorias, máquinas e equipamentos, lavouras permanentes, animais produtivos e de trabalho, impostos e taxas fixas. O custo variável é definido pela soma dos custos que variam de acordo com a produção. São custos variáveis os gastos com: medicamentos, mão de obra, insumos, energia elétrica, juros de financiamentos, manutenção de benfeitorias e despesas gerais, além da remuneração do capital de giro (SOUZA *et al.*, 1990).

A metodologia do custo operacional contempla as quantias efetivamente desembolsadas pelo produtor, chamadas de custo operacional efetivo (COE),

acrescidas da taxa de depreciação de máquinas e benfeitorias e o custo estimado da mão de obra familiar. O COE é representado pelos dispêndios com alimentação, sanidade, ordenha, reprodução, mão de obra, mecanização e administração. A remuneração dos outros fatores de produção como: terra, capital e empresário fica a cargo dos resíduos, ou seja, da diferença entre custo operacional total e receita total. O custo operacional tem o objetivo de fornecer ao empresário subsídio para a tomada de decisões no curto prazo, avaliando o desembolso necessário à produção e o custo de reposição do capital efetivamente empregado; e deixa que o produtor avalie se os resíduos são suficientes para remunerar terra, capital e empresário segundo a sua própria concepção (MATSUNAGA *et al.*, 1976).

Em relação à análise de rentabilidade, alguns indicadores são utilizados: margem bruta (receita menos custo operacional efetivo), margem líquida (receita menos custo operacional total) (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE, 1998). São ainda estimadas a lucratividade 1, calculada como sendo o resultado dividido pela receita total, multiplicado por 100, ou seja, $(\text{Lucratividade 1 (\%)} = \text{Resultado}/\text{Receita total}) \times 100$; e a rentabilidade 1, obtida pela divisão do resultado pelo total imobilizado mais o custo operacional efetivo, multiplicado por 100, ou seja $(\text{Rentabilidade 1 (\%)} = \text{Resultado}/(\text{Total imobilizado} + \text{Custo operacional efetivo})) \times 100$ (SEBRAE, 1998), bem como a lucratividade 2 (margem líquida dividida pela receita total) e rentabilidade 2 (margem líquida dividida pelo total imobilizado acrescido do custo operacional efetivo) (LOPES *et al.*, 2011). Por meio desses indicadores é possível avaliar as condições da propriedade de produzir a curto prazo, que é quando ela possui margem bruta positiva e, portanto, consegue arcar com suas despesas operacionais efetivas; de produzir a longo prazo, possível quando a margem líquida for positiva, ou seja, a empresa consegue pagar suas despesas operacionais efetivas e também a depreciação de máquinas e benfeitorias (SANTOS; LOPES, 2012).

4.1.3 CENTROS DE CUSTOS

Para uma melhor análise dos setores do negócio da atividade leiteira, o cálculo do custo de produção pode ser realizado por centros de custos. Centros de custos são unidades dentro de uma organização ou empresa. É uma maneira eficiente de agrupar custos e receitas (YAMAGUCHI, 2000). A metodologia de centros de custos permite a separação mais criteriosa de receitas e custos, como, por exemplo, pode ser feita a separação dos medidores de consumo de energia elétrica por centros de custos, dos medicamentos, alimentos utilizados por cada setor, mostrando, assim, qual atividade está sendo vantajosa ao investidor (SANTOS; LOPES, 2012).

Lopes, Reis e Yamaguchi (2007) verificaram, em estudo comparando o custo total de produção de leite em vários estados brasileiros, que ao usar a metodologia que não considera a separação da propriedade em centros de custos houve grandes diferenças dos custos entre os estados, sendo que ao usar a metodologia de centros de custos essas diferenças desapareceram. Isso mostra que as diferenças entre os estados estavam em outros centros de custos e não na produção de leite. Esse mesmo fato pode ocorrer entre fazendas, caso seja feita a comparação do custo de produção sem separar os custos com produção de leite e recria, por exemplo, fazendo com que propriedades que, na realidade, tem custos de produção de leite diferentes tenham custos de produção iguais, devido às diferenças nos custos com recria. Por isso, a importância de se utilizar centros de custos quando o objetivo for comparar sistemas de produção de leite, sendo possível encontrar as reais diferenças e semelhanças entre as propriedades. Contudo, de acordo com Santos e Lopes (2012), devido à sua maior complexidade, essa metodologia exige mais cuidados dos técnicos e funcionários no agrupamento e rateamento das despesas e receitas relativas a cada centro de custos.

Segundo Santos e Lopes (2012), em estudo realizado de 2008 a 2009, em Minas Gerais, em três fazendas de gado holandês alojado em *free stall*, o COE por litro de leite, considerando-se o centro de custos produção de leite, foi de R\$0,71, R\$0,83 e R\$0,82, enquanto que o custo operacional total (COT) foi de R\$0,74, R\$0,86 e R\$0,88, sendo o preço pago pela indústria por litro de leite de R\$0,82, R\$0,82 e R\$0,79. Nesse trabalho, os pesquisadores mostraram que em uma das três fazendas as margens bruta e líquida eram negativas. Eles também concluíram que a alimentação

foi o item responsável pela maior porcentagem do custo operacional efetivo, representando 53,19%, em média, seguido da mão de obra, que representou 15,81% do custo operacional efetivo na média das três fazendas. Utilizando essa mesma metodologia de centros de custos, Santos e Lopes (2014) calcularam o custo de produção de fêmeas bovinas leiteiras ao primeiro parto, separando os custos relacionados com cria e recria dos custos ligados à produção de leite.

4.1.4 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DO *COMPOST BARN* E *FREE STALL*

Sabe-se que os custos de implantação do *compost barn* e do *free stall* diferem pouco. No *compost barn* o custo por vaca instalada é de R\$4.224,10 e no *free stall* é de R\$4.278,07 (NEUFELDT, 2014). Petzen *et al.* (2009), corroborando esse estudo, também citam a semelhança entre o custo dos dois tipos de instalações em Nova York. Os pesquisadores demonstraram o custo de implantação do *compost barn*, considerando dois galpões de compostagem construídos entre 2006 e 2007 nesse mesmo estado. Segundo eles, o custo de implantação do *compost barn* por vaca varia de US\$1.988,00 a US\$2.489,00, que corresponde a R\$6.920,10 a R\$8.664,05, considerando a cotação média do dólar em 2016 de R\$3,481 (CEPEA, 2018) para instalações com 7,4 e 9,3 m²/vaca, respectivamente.

Contudo, no que se refere ao custo mensal de manutenção da instalação, foi encontrado apenas um estudo, no qual Neufeldt (2014) relatou um gasto bem superior com o *compost barn*: R\$15.232,00 frente aos R\$8.050,00 gastos com o *free stall*, considerando, em ambos os casos, uma instalação para abrigar 100 vacas. Esse trabalho reafirma a importância do cálculo do custo de produção, em ambos os sistemas, para verificar qual dos dois é mais viável para o produtor.

4.2 CARACTERÍSTICAS DAS INSTALAÇÕES

4.2.1 *COMPOST BARN*

O *compost barn* apresenta uma área de cama comum separada da pista de alimentação por uma mureta de concreto de 1,2 m de altura, que circunda toda a área de descanso. Entretanto, na região Sudeste do Brasil, segundo a opinião de vários pecuaristas, muretas com altura de 0,6 m são suficientes para cercar os animais e causam menor barreira à ventilação natural, facilitando a troca de ar do galpão.

O acesso dos animais, da cama para a pista de alimentação, é feito por aberturas nessa mureta (BARBERG *et al.*, 2007). A pista de alimentação é feita de concreto e abriga também os bebedouros, evitando excesso de umidade na cama (JANNI *et al.*, 2007).

Na área de descanso do *compost barn*, segundo Brito (2016), tem-se preconizado o espaço de 10 m² por vaca. Janni *et al.* (2007) recomenda 7,4 m² por animal e os produtores do Kentucky, Estados Unidos, têm utilizado 9,0 ± 2,2 m² (BLACK *et al.*, 2014). De acordo com KLAAS *et al.* (2010), em Israel, a recomendação é oferecer no mínimo 15 m² por animal, caso a área de alimentação for de concreto; e de 20 a 30 m², se toda a área do galpão for de composto. Essas divergências podem ocorrer devido às diferentes condições climáticas de cada região, mais especificamente da umidade, que pode dificultar a secagem da cama. Outro fator que pode interferir no espaço por vaca é o tamanho dos animais, resultando em diferentes produções de urina e fezes, que, por sua vez, irão afetar a atividade microbiana e secagem do material (JANNI *et al.*, 2007). A correta densidade de animais na área de descanso é importante para que não haja excesso de dejetos e umidade, o que poderia causar problemas aos animais. O material mais utilizado na cama é a serragem, que deve formar, inicialmente, uma camada com altura de 30 a 45 cm (BARBERG *et al.*, 2007).

Duas vezes por dia, normalmente durante o período de ordenha das vacas, a cama é aerada por meio do uso de enxadas rotativas e escarificadores (ENDRES; BARBERG, 2007). Esse revolvimento é feito a uma profundidade de 18 a 24 cm

(BARBERG *et al.*, 2007), podendo ter uma variação maior dependendo do tamanho da haste do implemento utilizado. Essa aeração permitirá a entrada de oxigênio, tornando a cama um ambiente aeróbico, essencial para que a compostagem aconteça (JANNI *et al.*, 2007). Além do oxigênio, são necessários, para que o processo ocorra, carbono, nitrogênio, umidade e microrganismos, sendo todos eles supridos por meio das fezes e urina das vacas, com uma contribuição da serragem, no que se refere ao carbono e nitrogênio. Portanto, a partir da criação de todas essas condições, os microrganismos, que envolve um variado grupo de bactérias e fungos, irão fazer a compostagem, que é a decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio, e resultará na produção de dióxido de carbono, umidade e calor (BEWLEY; TARABA, 2009). Esse calor produzido pelos microrganismos benéficos irá contribuir para secagem da cama e destruição dos patogênicos causadores de mastite e lesões de casco (STENTIFORD, 1996). Na cama do *compost barn* podem ser encontrados vários tipos de microrganismos como: *Streptococcus*, *Staphylococcus*, algumas espécies de *Klebsiella* e de outros coliformes (ECKELKAMP *et al.*, 2016); mas, com a compostagem, a população desses seres é reduzida (STENTIFORD, 1996).

Para certificação de que condições ideais estão sendo fornecidas aos microrganismos responsáveis pela compostagem e que o sistema está funcionando corretamente, é imprescindível verificar a umidade e temperatura da cama. Esse monitoramento, usualmente, tem sido feito em profundidades próximas a 20 cm (BLACK *et al.*, 2013). A umidade deve estar entre 40 e 65%, porque os microrganismos benéficos precisam de oxigênio e água, sendo que, se a umidade ficar muito alta, a cama irá se compactar e faltará oxigênio e, caso fique muito seca, faltará água para eles. Já a temperatura da cama deve estar entre 43 e 65°C, indicando que existe alta atividade das bactérias benéficas e que, conseqüentemente, elas estão produzindo calor (NRAES, 1992).

Para manter a temperatura e umidade do material dentro dos parâmetros ideais, além de fazer a correta aeração do composto, é necessária velocidade de vento mínima sobre a cama de 2 m/s (BLACK *et al.*, 2013). Essa ventilação também será importante para dissipar os gases produzidos pelos animais e para ajudar no conforto térmico das vacas. Outro aspecto importante é o ângulo de fixação dos ventiladores. Eles devem ser instalados formando um ângulo de 15 a 30°, de forma que um ventilador esteja

direcionado para a projeção da base do próximo ventilador (FIGURA 1). A base do ventilador deve ser colocada mais próxima do solo possível, deixando apenas a altura necessária para a passagem dos tratores que irão revirar a cama (BRITO, 2016). Contudo, a quantidade e localização exata dos ventiladores vai depender de alguns fatores como: densidade de animais, características da construção, forma de utilização dos ventiladores e condições climáticas da região (WELLS, 2004).

Figura 1 – Disposição dos ventiladores no *compost barn*



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A cada duas a cinco semanas, dependendo do clima e da densidade de animais, mais serragem é colocada na área de descanso e uma vez ao ano toda a cama é trocada (BARBERG *et al.*, 2007), podendo ser vendida ou utilizada nas lavouras como fertilizante (BLACK *et al.*, 2013). A maioria das fazendas adiciona mais serragem no *compost barn*, quando percebem que o material da cama começa a aderir nas vacas (BARBERG *et al.*, 2007), mas, de acordo com Gray, Sherman e Biddlestone (1971), num processo de compostagem, para que os microrganismos não sejam prejudicados, o material não deve atingir mais de 60% de umidade; devendo, portanto, ser adicionada mais serragem à cama quando a umidade atingir esse valor.

As principais razões para adoção desse sistema pelos produtores são maior conforto e longevidade dos animais e facilitação das atividades diárias, como o manejo de dejetos (ENDRES; BARBERG, 2007). Além disso, vários benefícios como redução

de lesões de casco, melhora de índices reprodutivos, redução da contagem de células somáticas (CCS) e da incidência de mastite são citados como motivo para utilizar o *compost barn* (BARBERG *et al.*, 2007).

4.2.2 FREE STALL

As recomendações sobre as dimensões da cama do *free stall* variam bastante. Em relação ao comprimento da cama, por exemplo, são encontradas recomendações entre 200 e 274 cm; quanto à área de lançamento, necessária para o animal se levantar, as recomendações variam de 40 a 60 cm; e quanto à largura da cama, a recomendação é para se usar o dobro da distância entre os túberes coxais do animal que a instalação vai abrigar (FAULL *et al.*, 1996). Os materiais utilizados na cama são: areia, colchões de borracha ou colchões de borracha cobertos por algum material orgânico, como a serragem (COOK, 2003). A retirada de fezes e urina da cama, normalmente, é feita duas vezes ao dia por meio de enxadas, sendo, depois, utilizado o *flushing*, que é um sistema no qual se libera água de grandes reservatórios e se utiliza da inclinação do *free stall* para escoar os dejetos dos corredores. A reposição da cama, por sua vez, é feita à medida que ela vai abaixando, não havendo um tempo pré-determinado para essa restituição. Já a área de alimentação, normalmente, tem 3,0 e 3,5 m de largura e os corredores, entre duas linhas de camas, tem entre 2,5 e 3,0 m de largura. Ambas as áreas são de concreto, apresentam declividade de 1% e são frisadas em sentido paralelo aos cochos para dar mais estabilidade aos animais e facilitar o escoamento dos dejetos. Já os corredores que fazem a comunicação da área de alimentação com os corredores entre duas linhas de cama, ou com os corredores que dão acesso aos bebedouros, são frisados em sentido perpendicular aos cochos (BICKERT *et al.*, 2000).

4.3 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE COMPOST BARN E FREE STALL

Ao se realizar uma ampla revisão de literatura, pode-se constatar que algumas vantagens do *compost barn* em relação ao *free stall* estão mais elucidadas, mas que

ainda existem muitos resultados conflitantes em relação a outros aspectos que serão relatados a seguir.

4.3.1 CONFORTO

O conforto dos animais, um dos principais motivos que levam os produtores a construir um *compost barn* (BLACK *et al.*, 2013), foi realmente um benefício observado nesse tipo de instalação. Diversos trabalhos mostram maior conforto dos animais no *compost barn*, em relação aos animais no *free stall*.

Lobeck *et al.* (2011), em estudo realizado em Minnesota e no leste da Dakota do Sul, observaram menor prevalência de lesões de jarrete nos animais alojados no *compost barn* (3,8%) do que nas vacas em *free stall* com ventilação cruzada (31,2%) e em *free stall* com ventilação natural (23,9%). Segundo Barberg *et al.* (2007), 25,1% das vacas instaladas no *compost barn* apresentaram lesões no jarrete. Esses autores consideraram que essa alta porcentagem ocorreu porque os animais ainda estavam se recuperando das lesões sofridas nas instalações que eles estavam antes de ir para o *compost barn*. De acordo com Weary e Taszkun (2000), 73% dos animais abrigados no *free stall* apresentaram lesões de jarrete.

A taxa de respiração também foi medida por Lobeck *et al.* (2011), como forma de mensurar e comparar o conforto térmico dos animais no *compost barn*, *free stall* com ventilação cruzada e *free stall* com ventilação natural. Por meio desse trabalho, os pesquisadores observaram que não houve diferença estatística entre as instalações, sendo a quantidade de respirações por minuto de 58,4, 57,5 e 59,3, respectivamente.

Endres e Barberg (2007) relataram, em sistema de *compost barn*, que 5,4% ($\pm 12,0$) das vacas deitadas apresentavam-se com a cabeça encostada à cama, demonstrando situação de total conforto. No *free stall*, apenas 0,7% ($\pm 0,27$) e no *tie stall* 1,9% ($\pm 0,92$) se deitaram nessa posição (HALEY; RUSHEN; PASSILLÉ, 2000).

De acordo com estudo realizado numa fazenda em Kentucky, Estados Unidos, vacas alojadas no *compost barn* permaneceram 13,1 ($\pm 0,5$) horas/dia deitadas e os animais no *free stall* deitaram-se apenas 9,6 ($\pm 0,5$) horas/dia (ECKELKAMP *et al.*,

2014). Esses pesquisadores correlacionaram produção de leite e tempo que os animais ficaram deitados, separando os animais com lesão de casco daqueles sem lesão. Eles observaram que houve aumento da produção de leite com o aumento da quantidade de horas que os animais permaneceram deitados, sendo esse acréscimo de produção ainda mais expressivo para os animais com lesões de casco, mostrando que o maior tempo em pé é ainda mais prejudicial para animais com problemas locomotores.

4.3.2 CLAUDICAÇÃO CLÍNICA

O fato das vacas permanecerem mais tempo deitadas no *compost barn*, associado a menor contato dos cascos com concreto (SOMERS *et al.*, 2003) e menor quantidade de bactérias patogênicas devido à compostagem (JANNI *et al.*, 2007) podem contribuir para a melhora da saúde dos cascos. Barberg *et al.* (2007) e Black *et al.* (2013) corroboraram essa afirmação, mostrando prevalência de claudicação clínica no sistema de *compost barn* de apenas 7,8% e 11,9%, respectivamente, contrastando com os 24,6% (ESPEJO; ENDRES; SALFER, 2006) e 27,8% (COOK, 2003) em vacas alojadas no *free stall*. Dados similares foram encontrados por Lobeck *et al.* (2011), que encontraram 4,4% de claudicação clínica no *compost barn*, 13,1% em *free stall* com ventilação cruzada e 15,9% em *free stall* com ventilação natural. As lesões de casco, por sua vez, causam prejuízos importantes como: redução da produção de leite, aumento do intervalo de partos e maior descarte de animais.

Petzen *et al.* (2009) observaram, numa fazenda no estado de Nova York, que após a transferência das vacas para o *compost barn*, houve redução do percentual de vacas claudicando no rebanho de 23,7% para 3,4%, representando um retorno financeiro de US\$33.000,00 ou R\$114.870,90; considerando a média da cotação do dólar em 2016 de R\$3,48 (CEPEA, 2018), incluindo gastos com tratamentos e perda de produção. Shane, Endres e Janni (2010), por sua vez, em pesquisa realizada apenas com *compost barns* envolvendo seis fazendas, relataram ocorrência de 11,6% de claudicação nesse tipo de instalação.

No entanto, Burgstaller *et al.* (2016) não encontraram diferença significativa de claudicação entre rebanhos alojados no *compost barn* (18,7%) e *free stall* (14,9%).

Mas, segundo eles, a prevalência de algumas importantes lesões de casco foi menor no *compost barn* em relação ao *free stall*: doença da linha branca (20,4 e 46,6%, respectivamente), erosão de sola (26,9 e 59,9%, respectivamente), laminite crônica (6,5 e 15,9%, respectivamente) e hiperplasia interdigital (0,2 e 3,1%, respectivamente). Eckelkamp *et al.* (2016), em estudo realizado de 2013 a 2014 em Kentucky, Estados Unidos, em oito *compost barns* e sete *free stalls*, observaram que não houve diferença no percentual de animais com claudicação clínica (39,24 e 40,80%, respectivamente).

4.3.3 MASTITE

O percentual de vacas com CCS (contagem de células somáticas) maior que 200.000 células/mL reduziu de 35,4% para 27,7% após os animais serem transferidos para o *compost barn* (BARBERG *et al.*, 2007). A CCS reduziu de 323.700 (\pm 7.300) para 252.900 (\pm 7.100) células/mL após o alojamento das vacas no *compost barn* (BLACK *et al.*, 2013). Em pesquisa realizada na Itália, de setembro de 2011 a setembro de 2012, Leso *et al.* (2013) fizeram um levantamento da CCS de vacas alojadas em *compost barn* em 10 fazendas e observaram que a média foi de 354.000 cél./mL, sendo que a maioria dos produtores relataram que esse parâmetro era mais alto antes da mudança de um sistema com cama de palha para esse tipo de instalação.

Contudo, Lobeck *et al.* (2011) não encontraram diferenças significativas na prevalência de mastite subclínica (vacas com mais de 200.000 células/mL) entre *compost barn*, *free stall* com ventilação cruzada e *free stall* com ventilação natural, obtendo prevalências de 33,4; 26,8 e 26,8%, respectivamente. Petzen *et al.* (2009) também não encontraram diferenças no percentual de vacas sadias no rebanho após a transferência para o *compost barn*. Eckelkamp *et al.* (2016), corroborando os experimentos mencionados, não encontraram diferenças significativas entre *compost barn* e *free stall* em relação à CCS do rebanho (242.000 e 229.000 cél./mL, respectivamente), prevalência de animais com CCS maior do que 200.000 cél./mL (22 e 19%, respectivamente) e incidência de mastite clínica (1,2 e 1,2%, respectivamente).

4.3.4 REPRODUÇÃO

A melhora na reprodução é outro aspecto que tem sido citado quando se utiliza o *compost barn*. Black *et al.* (2013) relataram melhora de alguns índices reprodutivos após a introdução dos animais no *compost barn*. Houve redução do intervalo de partos (IEP) de 14,3 ($\pm 0,1$) para 13,7 ($\pm 0,1$) meses, redução dos dias ao primeiro serviço de 104,1 ($\pm 3,0$) para 85,3 ($\pm 3,0$), redução dos dias em aberto de 173,0 ($\pm 3,5$) para 153,4 ($\pm 3,4$) dias, aumento da taxa de serviço (quantidade de vacas inseminadas/quantidade de vacas aptas a serem inseminadas) de 42,0 ($\pm 2,6$) para 48,7 ($\pm 2,5$) %. Além disso, Barberg *et al.* (2007) relataram, após mudança dos animais para *compost barn*, aumento da taxa de serviço de 36,9 ($\pm 6,5$) para 41,4 ($\pm 7,2$) % e aumento da taxa de concepção (quantidade de vacas prenhes/quantidade de vacas inseminadas) de 13,2 ($\pm 1,7$) para 16,5 ($\pm 2,7$) %. No entanto, todos esses estudos compararam indicadores reprodutivos de fazendas que utilizavam sistemas variados e depois transferiram seus animais para o *compost barn*. Nenhum deles realizou pesquisas comparando *free stall* com *compost barn*. Por isso, são necessários trabalhos que comparem os resultados nesses sistemas para ser possível tirar melhores conclusões. Visto que, segundo Black *et al.* (2013), somente as mudanças de manejo, ao trocar os animais do sistema de pastejo para confinamento, mantendo os animais confinados e mais próximos do observador de cio, já são suficientes para melhorar os indicadores reprodutivos, aumentando a taxa de serviço, por exemplo.

Apesar de não ter mensurado parâmetros em relação à reprodução dos animais, Leso *et al.* (2013) entrevistaram 10 proprietários de fazendas com *compost barn*, que atribuíram nota 3,13, em escala de 1 (muito insatisfeito) a 4 (muito satisfeito) em relação à satisfação com a fertilidade das vacas.

4.3.5 SATISFAÇÃO DOS PRODUTORES

A satisfação com o funcionamento do *compost barn* é outro fator que chama atenção. Segundo Barberg *et al.* (2007), todos os 12 produtores que utilizam *compost barn* e participaram de sua pesquisa, em Minnesota, Estados Unidos, estavam

satisfeitos com o sistema. Resultados semelhantes foram relatados por Black *et al.* (2013), também nos Estados Unidos no estado de Kentucky, ao constatarem que de 42 produtores entrevistados, 41 disseram estar satisfeitos. Leso *et al.* (2013), corroborando esses resultados, relatou que a maioria dos 10 produtores entrevistados, em sua pesquisa realizada na Itália, disseram estar satisfeitos com o *compost barn* e mencionaram o aumento do conforto dos animais como o principal benefício desse sistema.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados dados de janeiro a dezembro de 2016 de quatro fazendas, sendo duas que utilizavam o *compost barn* (fazendas 1 e 2) e duas, o *free stall* (fazendas 3 e 4). Todas usaram, como principal forragem, a silagem de milho (*Zea mays*), possuíam rebanhos pertencentes, predominantemente, ao grupo genético 15/16HG, realizavam três ordenhas diárias e inseminavam com sêmen de touros holandeses.

A fazenda 1 se localiza em Itaúna-MG (FIGURA 2) e possuía como único setor de atuação a atividade leiteira. Desde setembro de 2015, ela utiliza a instalação *compost barn*, sendo que a cama era composta por serragem, com 9 m²/vaca (FIGURA 3). A produção diária de leite, em 2016, foi de 8.459 kg, com média/vaca/dia de 27,3 kg e quantidade de média de 310 vacas em lactação. A fazenda 2, situada em Tiros-MG (FIGURA 2), também começou a utilizar o *compost barn* em 2015 e atuava, além da pecuária leiteira, na produção de café. Como forma de integração das atividades, a palha de café produzida pelas lavouras era aproveitada como cama para as vacas e complementada com serragem, disponibilizando um espaço de 10 m²/vaca (FIGURA 4). Em 2016, a propriedade produziu 5.970 kg de leite por dia, teve média de 33,1 kg/vaca/dia, ordenhando-se 180 vacas em média.

Quanto a fazenda 3, localizada em Ilicínea-MG (FIGURA 2), estava envolvida na produção de feijão, café, soja e leite. Desde 2006, o sistema utilizado pela propriedade é o *free stall*, a cama era de areia e a taxa de lotação (quantidade de animais/cama) foi de 100%. Diferentemente das outras três propriedades, a instalação

não possuía ventiladores e aspersores (FIGURA 5), havendo o resfriamento dos animais apenas na sala de espera. A fazenda teve produção diária de 9.693 kg, média de 21,1 kg/vaca/dia, no ano de 2016, e ordenhou, em média, 459 vacas por dia.

Figura 2 – Localização das fazendas estudadas



Fonte: Google Earth Pro (2018)

A fazenda 4, por sua vez, está sediada em Formiga-MG (FIGURA 2), sendo produtora de milho, soja e leite. O *free stall* é a instalação na qual as vacas são alojadas desde 2013, a areia também era o material utilizado na cama e a taxa de lotação foi de 100% (FIGURA 6). Em 2016, a produção diária foi de 8.317 kg de leite, a média/vaca/dia foi de 23,1 kg e a média de vacas em lactação foi de 360 animais.

As fazendas foram escolhidas utilizando-se amostragem não probabilística por julgamento, levando-se em consideração os seguintes critérios: disponibilidade e qualidade dos dados zootécnicos e econômicos; consentimento e interesse dos pecuaristas na realização da pesquisa e facilidade de acesso por parte dos pesquisadores às fontes de evidências (LOPES *et al.*, 2015).

Figura 3 – Vista parcial do *compost barn* da fazenda 1



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4 – Vista parcial do *compost barn* da fazenda 2



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 5 – Vista parcial do *free stall* da fazenda 3



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 6 – Vista parcial do *free stall* da fazenda 4



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Na presente pesquisa, estimou-se o custo operacional total (COT) de produção de leite adotando-se a metodologia proposta por Matsunaga *et al.* (1976). Adicionalmente, foi calculada a margem bruta e a margem líquida, como indicadores de rentabilidade e foram realizadas análises e comparações da representatividade dos itens que compõem a receita bruta, bem como os componentes do COT, conforme Lopes *et al.* (2004a). Todos esses indicadores foram apresentados considerando-se o leite produzido (leite vendido, descartado e consumido por funcionários) e não apenas o leite vendido ao laticínio, ou seja, os valores em reais por litro foram calculados dividindo-se as receitas, custos, margem bruta e líquida pelo leite produzido. É importante salientar que o leite descartado foi computado com valor R\$0,00; portanto, não foi considerado como receita, sendo utilizado apenas para compor o leite produzido, pelo qual os valores foram divididos.

Foram consideradas as despesas e receitas relativas ao centro de custos produção de leite, que envolve as vacas em lactação e as secas, as quais foram alocadas em grupos específicos do centro de custos e receitas em questão. Dentro de cada grupo mais abrangente existem contas gerenciais específicas que permitiram comparar os custos do *compost barn* com o *free stall* de forma detalhada, em R\$/litro de leite produzido e em % do custo operacional efetivo (COE) e do COT. O COT envolveu os custos com alimentação, insumos de reprodução, sanidade, hormônios reprodutivos, somatotropina bovina (bST), ordenha, mão de obra, aluguel de máquinas, energia, despesas diversas e depreciação, enquanto que as receitas foram compostas pela venda do leite, animais, cama do *compost barn* e esterco do *free stall*, conforme Lopes *et al.* (2004a).

Foi realizado o inventário completo das instalações específicas do *compost barn* e do *free stall*, apurando o valor e a vida útil em relação ao tempo de aquisição de cada bem. Nas situações nas quais o pecuarista não dispunha de informações referentes ao valor e à data de aquisição, para a estimativa dos valores atualizados, assim como da vida útil restante, foi adotado o critério proposto por Lopes *et al.* (2004b). Essa metodologia propõe que, em função do estado de conservação, os bens sejam enquadrados em um dos seguintes escores: ótimo, bom, regular e ruim. A avaliação do estado de conservação dos bens foi realizada por um técnico treinado, sendo o mesmo indivíduo responsável por fazer esse trabalho nas quatro fazendas.

Para os bens em ótimo, bom, regular e ruim estado de conservação os valores atuais foram estimados em 100, 75, 50 e 25%, respectivamente, dos valores de mercado dos bens novos. Para a estimativa de vida útil restante, foram considerados percentuais de 100, 75, 50 e 25%, para os bens em ótimo, bom, regular e ruim estado de conservação, respectivamente. Quanto às benfeitorias, cada uma foi medida, obtendo-se a área em m²; foi atribuído um estado de conservação e foi registrado um resumo do memorial descritivo, objetivando auxiliar na estimativa do valor atual. Em função da área, do estado de conservação e do padrão de acabamento foi estimado um valor por m² de construção. O valor atual utilizado foi produto do valor do m² pela área da benfeitoria, conforme Lopes *et al.* (2004a). O valor da terra, por sua vez, foi estimado pelo proprietário de cada fazenda, que era quem melhor conhecia o preço das terras na região onde se localiza a propriedade. Já o ponto de equilíbrio operacional foi calculado por meio da fórmula: depreciação dividida pela receita do leite subtraída do custo operacional efetivo, utilizada por Lopes *et al.* (2015).

Em relação a expectativa de receita com dejetos, foi realizada uma estimativa da quantidade gerada desse subproduto em cada um dos sistemas e, por meio da comparação com o preço do kg de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), provenientes de adubos químicos, precificou-se os dejetos produzidos nas instalações. Nas propriedades que utilizam *free stall*, não foi possível medir o volume de esterco produzido no sistema. Por isso, foi realizada uma estimativa da quantidade desse material produzido por vaca, por meio de equações propostas por ASAE (2005), que levam em consideração a produção de leite do animal para realizar o cálculo. Com base nos dados de análises químicas de esterco apresentadas por Kiehl (1985), foi feita a estimativa da quantidade de N, P e K produzidos, sendo que, em relação ao N, foi considerado o aproveitamento de apenas 50% desse nutriente, devido às perdas na atmosfera na forma de amônia descritas pelo pesquisador. Assim, foi possível estimar o preço desse subproduto e considerá-lo como expectativa de receita do *free stall*.

Quanto às fazendas que utilizam *compost barn*, foi estimado o volume de cama presente no galpão após um ano de sua utilização. Por meio da densidade (g/cm³) da cama chegou-se à quantidade de kg desse material contido na instalação e, a partir da análise química, realizada no laboratório Labras Análises Agrícolas e Ambientais, foi possível conhecer as porcentagens de N, P e K. Em relação ao N, considerou-se um

aproveitamento de 70% do nutriente, já que, segundo Kiehl (1985), dependendo dos teores de umidade e da temperatura do composto, as perdas podem ser alteradas. Assim, determinou-se o preço da cama de *compost barn* que foi computada como expectativa de receita desse sistema de produção.

Portanto, no presente trabalho, as receitas provenientes de dejetos do *compost barn* e *free stall* foram apresentadas separadamente como expectativas de receitas, uma vez que não geraram, de fato, receitas aos produtores, mas possuíam potencial para tal.

O cadastramento dos dados, bem como a análise de rentabilidade, foram realizados utilizando o software Ideagri e planilhas eletrônicas do *Microsoft Office Excel*. A tarefa de lançamento de dados no sistema era realizada diariamente pelos funcionários das fazendas e, mensalmente, era feita uma auditoria dos dados pelo médico veterinário do Recursos Humanos no Agronegócio (Rehagro), que prestava consultoria financeira às fazendas.

Os dados foram comparados por meios de análises descritivas, usando o aplicativo MS Excel, agrupados em tabelas, com objetivo de realizar uma melhor comparação, discussão e apresentação de resultados (LOPES *et al.*, 2004a).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O patrimônio em terra foi o item mais representativo dentre os recursos disponíveis, em ambos os sistemas de produção avaliados (TABELA 1), corroborando o que descreveram Santos e Lopes (2012). Esses pesquisadores relataram, em fazendas que utilizavam sistema de confinamento em *free stall*, que o valor da terra representou 58,55% do que foi investido na propriedade sem considerar os animais. Contudo, no presente estudo, o valor do patrimônio em terra foi mais expressivo nas fazendas de *compost barn* (TABELA 1), por elas se localizarem em regiões onde o hectare é mais valorizado.

Tabela 1 – Comparativo das médias dos recursos disponíveis nos sistemas de produção em *compost barn* e *free stall*, localizados no estado de Minas Gerais, durante o período de janeiro a dezembro de 2016.

Especificação	<i>Compost barn</i> *		<i>Free stall</i> *	
	Média	%	Média	%
Valor do patrimônio em terra (R\$)	4.920.000,00	62,64	2.545.000,00	53,26
Valor do patrimônio sem considerar animais e terra (R\$)	2.933.850,88	37,36	2.233.670,54	46,74
Valor em benfeitorias (R\$)	1.622.764,00	55,31	1.313.236,25	58,79
Valor em equipamentos (R\$)	411.468,13	14,02	463.410,04	20,75
Valor em implementos (R\$)	321.368,75	10,95	265.709,36	11,90
Valor em máquinas (R\$)	400.625,00	13,66	128.179,89	5,74
Valor em veículos (R\$)	177.625,00	6,05	63.135,00	2,83
Total imobilizado (R\$)	7.853.850,88	100,00	4.778.670,54	100,00
Área (ha)	100	-	111	-
Quantidade média de matrizes em lactação (cab.)	245	-	410	-
Média diária de leite produzido (kg/dia)	7.215	-	9.005	-
Total imobilizado por ha (R\$)	79.769,45	-	44.236,29	-
Total imobilizado por matriz em lactação (R\$)	35.761,64	-	11.809,54	-
Total imobilizado por kg de leite produzido por dia (R\$)	1.148,26	-	533,19	-

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

*: informações de duas propriedades; cotação média do dólar em 2016: R\$3,48.

Ao analisar o capital investido sem considerar animais e terra, observa-se, tanto nas fazendas que utilizam *compost barn* quanto nas de *free stall*, maior percentual investido no grupo das benfeitorias (TABELA 1), confirmando, mais uma vez, os

estudos de Santos e Lopes (2012). Entretanto, esses pesquisadores relataram, em sistemas de confinamento utilizando *free stall*, representatividade ainda maior (75%).

O total imobilizado, sem considerar animais, por hectare, por matriz em lactação e por kg de leite produzido por dia foram maiores nas propriedades que utilizam *compost barn* devido ao alto valor investido em terras nessas propriedades (TABELA 1).

6.1 CUSTOS DE PRODUÇÃO

6.1.1 CUSTO OPERACIONAL EFETIVO (COE)

A Tabela 2 apresenta as médias dos componentes dos custos de produção em sistemas de produção em *compost barn* e *free stall* em valores totais, em reais por litro de leite e suas respectivas representatividades em relação ao COE e ao custo operacional total (COT). O custo com alimentação, que é o principal custo de fazendas leiteiras (CORRÊA *et al.*, 2017; FERRAZZA *et al.*, 2017; LOPES *et al.*, 2015; SANTOS; LOPES, 2012; TEIXEIRA JÚNIOR *et al.*, 2016; VILLELA *et al.*, 2017) foi semelhante nos sistemas de produção (TABELA 2). Isso ocorreu, porque em ambas as instalações existe a possibilidade de utilizar-se os mesmos alimentos e esses são fornecidos da mesma forma aos animais, por meio de dieta total, utilizando-se vagão forrageiro. Além disso, nos dois sistemas, por meio do uso de ventiladores e aspersores, podem ser oferecidas boas condições de conforto térmico, que, segundo Hill e Wall (2017); é um fator que interfere no consumo de matéria seca, produção de leite e conversão alimentar. Adicionalmente, os animais das quatro fazendas estudadas são do grupo genético 15/16 HG, ou seja, possuem composição genética majoritariamente da raça holandesa que, segundo Hooven; Miller; Plowman (1968), tem alto potencial para produção de leite e alta eficiência alimentar. No entanto, nas fazendas nas quais os animais são abrigados no *free stall*, os dejetos do galpão foram utilizados como fertilizante nas lavouras de milho e, por isso, era esperada redução do custo com forragens devido ao menor uso de adubos químicos. Por outro lado, possivelmente, a menor produção de leite por animal nessas propriedades impediu que a redução no custo de produção de silagem fosse notada na representatividade do custo

com forragens das fazendas de *free stall*. A representatividade da alimentação nas fazendas estudadas foi semelhante ao encontrado por Lopes *et al.* (2004b) e acima do obtido por Santos e Lopes (2012), que relataram, em sistemas de confinamento utilizando o *free stall*, valores de 60,38% e 53,19%, respectivamente.

Tabela 2 – Custo operacional total (COT) e efetivo (COE) de produção de leite em quatro sistemas de produção em *compost barn* e *free stall*, localizados no estado de Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2016 (continua).

Especificação	<i>Compost barn</i> *					<i>Free stall</i> *				
	Média (R\$/L)	⁷ dp (R\$/L)	% COE	⁷ dp (%)	% COT	Média (R\$/L)	⁷ dp (R\$/L)	% COE	⁷ dp (%)	% COT
Alimentação	0,604	0,030	59,06	2,06	54,60	0,599	0,012	59,37	3,26	56,46
Concentrado protéico	0,278	0,137	27,82	15,71	25,49	0,320	0,135	31,92	14,42	30,44
Concentrado energético	0,155	0,082	14,81	6,77	13,81	0,123	0,065	12,05	6,01	11,42
Minerais / aditivos	0,034	0,009	3,26	0,56	3,03	0,026	0,027	2,48	2,55	2,34
Forragens	0,138	0,076	13,17	6,32	12,28	0,131	0,031	12,92	2,60	12,27
Mão de obra	0,157	0,042	15,24	2,83	14,14	0,143	0,016	14,10	1,09	13,40
Salários	0,087	0,040	8,70	4,64	7,97	0,081	0,001	7,98	0,16	7,59
Hora extra	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,11	0,16	0,10
Salário família	0,005	0,007	0,43	0,60	0,40	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
Férias	0,004	0,004	0,35	0,36	0,33	0,004	0,000	0,38	0,05	0,36
13º salário	0,005	0,001	0,47	0,08	0,43	0,004	0,001	0,36	0,04	0,34
¹ GPS	0,004	0,005	0,33	0,46	0,31	0,010	0,002	0,99	0,21	0,94
² FGTS	0,002	0,003	0,20	0,29	0,19	0,008	0,001	0,84	0,09	0,80
Rescisões	0,004	0,001	0,35	0,02	0,33	0,004	0,003	0,41	0,30	0,39
Bonificações	0,004	0,003	0,37	0,30	0,35	0,003	0,000	0,26	0,03	0,25
Cesta básica	0,002	0,003	0,17	0,23	0,16	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
Vale transporte	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
³ EPI	0,000	0,000	0,05	0,01	0,04	0,001	0,001	0,07	0,09	0,07
Insumos cantina	0,000	0,001	0,04	0,05	0,04	0,005	0,008	0,53	0,74	0,50
Outras despesas com pessoal	0,002	0,002	0,14	0,18	0,13	0,001	0,000	0,12	0,04	0,11

Tabela 2 – Custo operacional total (COT) e efetivo (COE) de produção de leite em quatro sistemas de produção em *compost barn* e *free stall*, localizados no estado de Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2016 (continua).

Especificação	<i>Compost barn*</i>					<i>Free stall*</i>				
	Média (R\$/L)	⁷ dp (R\$/L)	% COE	⁷ dp (%)	% COT	Média (R\$/L)	⁷ dp (R\$/L)	% COE	⁷ dp (%)	% COT
Serviços de terceiros	0,028	0,036	2,55	3,33	2,41	0,003	0,002	0,29	0,21	0,280
Assistência técnica	0,022	0,002	2,17	0,03	2,01	0,018	0,007	1,77	0,65	1,674
Energia	0,071	0,010	7,05	1,58	6,50	0,048	0,031	4,74	2,86	4,48
Energia elétrica	0,053	0,003	5,18	0,70	4,79	0,031	0,030	3,06	2,91	2,89
Combustíveis e lubrificantes	0,019	0,007	1,86	0,88	1,71	0,017	0,000	1,68	0,05	1,59
Sanidade	0,029	0,007	2,80	0,49	2,60	0,061	0,001	6,08	0,33	5,78
Medicamentos	0,026	0,007	2,52	0,44	2,34	0,056	0,000	5,56	0,22	5,29
Vacinas	0,002	0,000	0,22	0,01	0,21	0,002	0,001	0,20	0,09	0,19
Exames	0,001	0,000	0,06	0,04	0,05	0,003	0,000	0,31	0,02	0,30
Ordenha	0,033	0,001	3,22	0,15	2,97	0,034	0,021	3,33	2,01	3,16
Higiene de ordenha	0,021	0,003	2,02	0,13	1,87	0,019	0,012	1,88	1,14	1,78
Manutenção de ordenha	0,012	0,002	1,19	0,28	1,10	0,015	0,009	1,45	0,87	1,37
⁴bST	0,027	0,004	2,67	0,18	2,48	0,030	0,006	2,99	0,66	2,85
Insumos reprodução	0,011	0,003	1,11	0,36	1,02	0,027	0,017	2,75	1,81	2,62
Hormônios reprodutivos	0,006	0,001	0,56	0,18	0,52	0,007	0,001	0,66	0,13	0,63
Aluguel máquinas terceiros	0,002	0,001	0,18	0,12	0,17	0,000	0,000	0,02	0,02	0,02
Despesas diversas	0,083	0,014	8,10	0,69	7,51	0,060	0,004	5,96	0,21	5,66
Identificação de animais	0,003	0,005	0,35	0,49	0,31	0,000	0,000	0,01	0,01	0,01
Manejo de animais	0,001	0,000	0,09	0,01	0,08	0,000	0,000	0,03	0,04	0,03
Fretes	0,007	0,008	0,65	0,77	0,61	0,002	0,001	0,21	0,14	0,20
Manut. veíc. maq. e implementos	0,018	0,010	1,80	1,13	1,65	0,024	0,016	2,37	1,49	2,24

Tabela 2 – Custo operacional total (COT) e efetivo (COE) de produção de leite em quatro sistemas de produção em *compost barn* e *free stall*, localizados no estado de Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2016 (conclusão).

Especificação	<i>Compost barn</i> *					<i>Free stall</i> *				
	Média (R\$/L)	⁷ dp (R\$/L)	% COE	⁷ dp (%)	% COT	Média (R\$/L)	⁷ dp (R\$/L)	% COE	⁷ dp (%)	% COT
Manutenção imóveis e equip.	0,024	0,005	2,32	0,28	2,15	0,009	0,005	0,88	0,49	0,84
Administrativas	0,007	0,008	0,69	0,71	0,65	0,004	0,003	0,39	0,32	0,37
Despesas com vendas	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,002	0,003	0,19	0,26	0,18
Tarifas bancárias	0,001	0,001	0,10	0,13	0,09	0,005	0,006	0,47	0,61	0,46
Impostos, taxas e contribuições	0,006	0,001	0,58	0,11	0,54	0,003	0,001	0,33	0,07	0,31
Diversos	0,000	0,000	0,05	0,01	0,04	0,007	0,005	0,66	0,56	0,63
Cama para vacas	0,016	0,009	1,49	0,79	1,39	0,004	0,005	0,42	0,46	0,40
⁵ COE	1,024	0,087	100,00	-	92,50	1,010	0,035	100,00	-	95,06
Depreciação	0,082	0,030	-	-	7,50	0,053	0,016	-	-	4,94
⁶ COT	1,106	0,057	-	-	100,00	1,063	0,051	-	-	100,00
Leite produzido (litros/ano)	2.558.748					3.193.480				

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

*: informações de duas propriedades; ¹ GPS = guia da previdência social; ² FGTS = fundo de garantia do tempo de serviço; ³ EPI = equipamento de proteção individual; ⁴bST = somatotropina bovina; ⁵COE = custo operacional efetivo; ⁶ COT = custo operacional total; ⁷dp = desvio padrão; cotação média do dólar em 2016: R\$3,48.

O grupo mão de obra, segundo mais expressivo dentro da produção de leite (SANTOS; LOPES, 2012), foi mais representativo nas fazendas que adotam o *compost barn* (TABELA 2). Entretanto, além da diferença entre elas ser pequena, o maior gasto com mão de obra não parece ser uma característica do *compost barn*, já que o desvio padrão dessas propriedades foi alto ($\pm 2,83\%$) devido ao alto custo da fazenda 1. O item serviços de terceiros dessa fazenda (4,91%) foi o principal responsável por aumentar a representatividade da sua mão de obra e, conseqüentemente, a média daquelas que adotam o *compost barn*. Contudo, na 2, a

representatividade foi de 13,24% do COE com mão de obra, gastando menos do que as duas fazendas com *free stall*, nas quais os valores representaram 13,33 e 14,88%. Dessa forma, a representatividade da mão de obra não teve diferenças expressivas entre os sistemas analisados. Segundo Lopes *et al.* (2004b) e Santos e Lopes (2012), as representatividades da mão de obra foram 16,72% e 15,81% do COE, em sistemas de confinamento em *free stall*, respectivamente, se aproximando muito dos valores encontrados no presente estudo. Lopes *et al.* (2015) relataram que a representatividade da mão de obra em fazendas com baixo e médio nível tecnológico foi de apenas 3,90% ($\pm 5,08$) e 5,63% ($\pm 6,43$), respectivamente, devido à participação de mão de obra familiar nessas fazendas. Já no sistema de produção com alto nível tecnológico, esses pesquisadores relataram gasto com mão de obra de 21,25% ($\pm 2,55$) do COE, diferente do previsível, uma vez que, com a utilização de mais tecnologia, esperava-se automatização de vários processos na propriedade.

Adicionalmente, os valores com assistência técnica, em ambos os sistemas, foram parecidos e pouco representativos (TABELA 2), frente aos grandes benefícios que pode trazer à propriedade rural como: melhoria da qualidade do leite, aumento da produção leiteira e lucratividade da atividade (GONÇALVES *et al.*, 2014). Santos e Lopes (2012) relataram maior representatividade da assistência técnica (5,8%), em propriedades que utilizavam *free stall*, apesar de haver alto desvio padrão entre as fazendas.

Em relação aos valores com energia elétrica, observou-se menor percentual nas propriedades que utilizam *free stall* (TABELA 2). Nessas, o desvio padrão foi alto ($\pm 2,86\%$), sendo a fazenda 3 a responsável por essa variação, já que possui ventiladores apenas na sala de espera, ao passo que, nas outras três, eles estão presentes também no galpão onde ficam alojadas as vacas. Assim, pelo fato dos ventiladores serem alguns dos itens que mais consomem energia nas fazendas, devido à quantidade necessária, ao lado do equipamento de ordenha e tanques de resfriamento de leite, na fazenda 3 a representatividade foi de apenas 2,71% do COE. Nas fazendas 1, 2 e 4 os valores foram de 5,93%, 8,16% e 6,76% do COE com energia elétrica, respectivamente, evidenciando que as representatividades nas de *compost barn* foram próximas da outra de *free stall* (fazenda 4). Portanto, o custo com energia elétrica não teve divergências expressivas. Era esperado que houvesse diferenças nesse item,

porque no *compost barn* os ventiladores ficam ligados o dia todo para secar a cama e resfriar os animais; já no *free stall*, a função dos ventiladores é apenas de contribuir para o conforto térmico das vacas. Mas, como as fazendas de *free stall* ficam em regiões, nas quais grande parte dos dias durante quase todo o ano as vacas estão em estresse térmico, é necessário deixá-los ligados durante quase todo o dia, aumentando o custo com energia elétrica dessas fazendas. Santos e Lopes (2012), por sua vez, relataram representatividade de 3,18% do COE com esse grupo de despesa.

Outro item no qual poderia se esperar diferença de custos entre as instalações seria o gasto com combustíveis e lubrificantes, já que o manejo da cama das vacas é bastante diferente no *compost barn* em relação ao *free stall*. Entretanto, ao ser feita a comparação entre os sistemas de produção, observou-se que os gastos foram semelhantes (TABELA 2). Mas, as fazendas com *compost barn* tiveram maior desvio padrão devido ao alto custo da fazenda 2 (2,48% do COE), sendo que, na 1, o valor de 1,24% foi próximo daqueles das fazendas 3 e 4 (1,71% e 1,64%, respectivamente). Corroborando os valores encontrados na presente pesquisa, Santos e Lopes (2012) obtiveram média de 1,54% do COE utilizados com combustíveis e lubrificantes.

Quanto aos valores com medicamentos, houve menor porcentagem nas propriedades com *compost barn* (TABELA 2). Essa diferença pode ser explicada, principalmente, pelo menor dispêndio com antibióticos intramamários, para tratamento de mastite, que são expressivos em fazendas de leite, podendo representar gastos de R\$0,0072 a R\$0,1565 por kg de leite produzido com prevalência de mastite clínica variando de 1 a 15%, respectivamente (LOPES *et al.*, 2012). Nas fazendas 1 e 2, a representatividade dos custos com bisnagas para tratamento de mastite foram de 0,96% e 0,14% do COE, respectivamente e, nas 3 e 4, de 2,30% e 3,07%, respectivamente. O menor gasto com esse tipo de medicamento, que indica menor prevalência de mastite clínica, e a menor média de CCS (TABELA 4) naqueles que adotaram o *compost barn*, contraria os resultados obtidos por Eckelkamp *et al.* (2016), Lobeck *et al.* (2011) e Petzen *et al.* (2009), que não encontraram diferenças na prevalência de mastite e na CCS entre fazendas de *compost barn* e *free stall*. Possivelmente, essas diferenças encontradas, na presente pesquisa, podem ter ocorrido devido à falhas de manejo nas propriedades com *free stall*, e não por ser uma característica desse tipo de instalação. Segundo Barberg *et al.* (2007) e Black *et al.*

(2013), a CCS reduziu após os animais terem sido transferidos para o *compost barn*. Contudo, essas vacas estavam em diversos tipos de sistemas de produção como pastejo e semiconfinamento, não sendo possível afirmar que a melhora desse indicador ocorreria caso os animais estivessem no *free stall*.

Em relação à higiene de ordenha, as fazendas com *compost barn* tiveram maior percentual do COE (TABELA 2). No entanto, o desvio padrão das fazendas de *free stall* foi alto, já que na 3 o valor foi de 1,07% e, na 4, 2,69%, semelhante ao das fazendas 1 e 2 (2,12% e 1,93%, respectivamente). Tal fato evidencia que essa diferença entre os sistemas não deve ser devido ao tipo de instalação utilizada pela propriedade. Santos e Lopes (2012) relataram que 1,1% do COE foi gasto com higiene de ordenha em fazendas que utilizam *free stall*.

A representatividade dos custos com somatotropina bovina recombinante (bST) foi semelhante entre os tipos de instalações estudados (TABELA 2). Essa constatação também era esperada, uma vez que nas quatro fazendas foi utilizado um bom nível de tecnologia no que se refere às benfeitorias para alojamento dos animais e equipamentos que, segundo Gillespie *et al.* (2010), estão correlacionados com a produção de leite; permitindo que os animais respondam bem à aplicação de bST, diluindo os custos do produto. Além disso, o valor médio da dose de bST foi semelhante entre as propriedades (R\$17,28; R\$17,25; R\$16,83; R\$16,95, para as fazendas 1; 2; 3 e 4, respectivamente). No entanto, Santos e Lopes (2012) encontraram representatividade de 4,88% do COE com bST, apesar do alto desvio padrão.

A média dos valores gastos com insumos de reprodução foi menor nas fazendas com *compost barn* (TABELA 2), entretanto, o desvio padrão daquelas com *free stall* foi alto ($\pm 1,81\%$). Essa elevada variabilidade se deveu ao alto custo da fazenda 3, já que ela foi a única, dentre as quatro, a utilizar a tecnologia de transferência de embriões, onerando esse custo. A 4, por sua vez, teve representatividade de 1,46%, que foi próxima da média das fazendas com *compost barn* (1,11%). Portanto, os custos de insumos de reprodução não parecem ser afetados pelo tipo de instalação utilizado.

Os dispêndios com hormônios reprodutivos, que estão relacionados aos insumos de reprodução, também foram semelhantes entre os sistemas, sendo pouco

representativos em ambas as instalações (TABELA 2), corroborando Santos e Lopes (2012), que relataram valores de 0,86% com esse componente do COE. Barberg *et al.* (2007) e Black *et al.* (2013) relataram que houve melhora de índices reprodutivos após a mudança das vacas de outros sistemas para a instalação de *compost barn*. No entanto, em muitas das fazendas analisadas por eles, os animais saíram do sistema de pastejo ou de semiconfinamento, que são sistemas onde pode existir alto estresse térmico e pouco conforto, para irem para o *compost barn*; portanto, independente do sistema para o qual as vacas fossem transferidas, *free stall* ou *compost barn*, já era esperada uma melhora significativa na reprodução. Assim, é necessário que mais pesquisas sejam feitas comparando-se índices reprodutivos de fazendas que utilizam *free stall* ou *compost barn* para que sejam avaliadas as vantagens de um sistema em relação ao outro. No presente estudo, as propriedades com *compost barn* tiveram maior média de taxa de serviço (quantidade de vacas inseminadas/quantidade de vacas aptas a serem inseminadas) e concepção quantidade de vacas prenhes/quantidade de vacas inseminadas) (TABELA 4).

Os valores relacionados às camas das vacas foram pouco expressivos em ambos os sistemas. Contudo, nas propriedades que utilizam *free stall*, a representatividade foi menor do que nas fazendas de *compost barn* (TABELA 2). A fazenda 1 foi a que teve maior percentual do COE (2,04%). Na 2, foi de 0,93%, com representatividade mais próxima das fazendas de *free stall* (0,10% e 0,75%), ainda que tenha gasto mais do que essas propriedades. Esse resultado já era esperado, uma vez que no *free stall* a área de cama é menor do que no *compost barn* e porque nas fazendas com *free stall* foi realizado o reaproveitamento da areia por meio de um separador de areia. Segundo Kull *et al.* (2017), a areia reciclada apenas uma vez não causou aumento do escore de higiene das vacas acima de 1, mas aumentou a contagem bacteriana no úbere das vacas, o que pode representar risco de mastite para os animais. Contudo, ainda são necessários estudos que analisem as consequências do uso de areia reaproveitada várias vezes e também as implicações quanto à mastite. Dessa forma, será possível avaliar se esse material causará aumento da CCS e incidência de mastite que, segundo Smith; Todhunter; Schoenberger (1985), levariam ao maior gasto com medicamentos e redução da produção de leite, que poderiam inviabilizar economicamente a reciclagem de areia.

O custo operacional efetivo por litro de leite foi semelhante entre os dois tipos de instalações. As fazendas 1, 2, 3 e 4 tiveram COE por litro de leite de R\$1,085; R\$0,963; R\$0,986 e R\$1,035, respectivamente (TABELA 2). Portanto, é possível perceber uma semelhança entre os custos das fazendas 1 e 4 e o das propriedades 2 e 3, que utilizam instalações diferentes. Esses dados evidenciam que não há divergências expressivas no COE entre *compost barn* e *free stall* e que as diferenças observadas em alguns grupos de despesas (medicamentos e cama de vacas) se anularam, uma vez que aquelas que adotam o *compost barn* tiveram menor representatividade do custo com medicamentos e as com *free stall*, menor percentual do COE dispendido com cama para vacas. Já em relação ao COE como percentual do COT, verificou-se menores valores nas fazendas de *compost barn*, devido à maior depreciação nessas fazendas (TABELA 2). Segundo Lopes *et al.* (2004b), em fazendas de confinamento com acesso ao pasto, e Santos e Lopes (2012), em propriedades utilizando *free stall*, a relação COE/COT foi de 92,77% ($\pm 6,48$) e 95,04% ($\pm 1,84$), respectivamente.

No que se refere aos custos com tratamentos de lesões de casco e manejo de dejetos, seria importante estimar as representatividades desses itens, isoladamente, dos outros componentes do COE, mas isso não foi possível porque esses gastos não foram lançados de forma separada nas fazendas. Diante disso, sugere-se a realização de mais pesquisas, objetivando analisar esses importantes componentes do custo operacional efetivo.

6.1.2 DEPRECIÇÃO

A representatividade da depreciação no COT foi maior nas propriedades que utilizam *compost barn*; entretanto, o desvio padrão foi alto (3,06%). Essa variação ocorreu devido ao elevado percentual da fazenda 2 (9,66%) que possuía benfeitorias e equipamentos ociosos, sendo que a 1 teve depreciação de 5,33%, próxima da fazenda 3 (4,01%) e 4 (5,86%). Dessa forma, percebe-se que não houve diferença expressiva entre os sistemas de produção. Essa constatação era esperada, uma vez que o valor do patrimônio sem considerar terra das fazendas com *compost barn* e *free stall* foram semelhantes (TABELA 1), assim como o COT (TABELA 2).

Segundo Lopes *et al.* (2004b), a depreciação representou 15,21%, 15,52% e 7,23% do COT em fazendas com produção de 111,18 ($\pm 57,11$), 268,85 ($\pm 85,02$) e 1.421,65 ($\pm 992,23$) kg de leite por dia, respectivamente. Santos e Lopes (2012) relataram, em propriedades que utilizam *free stall*, com média de produção diária de 6.227 kg, depreciação de 4,97% do COT. Assim, a presente pesquisa corrobora os dados desses dois estudos, demonstrando que em fazendas com maior escala de produção a depreciação tem menor representatividade no COT (TABELA 2), devido à melhor utilização da infraestrutura.

Em relação às benfeitorias, a depreciação foi semelhante entre as fazendas com *compost barn* e *free stall* (TABELA 3); quanto aos equipamentos, o percentual foi maior naquelas que utilizaram *free stall*. Isso ocorreu porque os valores do equipamento de ordenha foram mais elevados, já que possuíam mais conjuntos de ordenha. Contudo, o desvio padrão nas fazendas com *free stall* foi alto (TABELA 3) devido ao valor da fazenda 3, que teve maior depreciação com tanques de resfriamento de leite e sistema de irrigação.

Tabela 3 – Representatividade dos diferentes grupos de bens na depreciação em quatro sistemas de produção com *compost barn* e *free stall*, localizados no estado de Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2016.

Especificação	<i>Compost barn</i> *		<i>Free stall</i> *	
	%	¹ dp (%)	%	¹ dp (%)
Benfeitorias	36,66	1,20	37,79	2,96
Equipamentos	25,55	0,80	41,27	12,63
Implementos	11,02	3,04	11,18	5,78
Máquinas	18,74	4,68	7,57	0,79
Veículos	8,03	5,72	2,19	3,09
Total	100,00	-	100,00	-

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

*: informações de duas propriedades; ¹ dp = desvio padrão; cotação média do dólar em 2016: R\$3,48.

Quanto aos valores de implementos, observou-se semelhança entre os sistemas estudados, apesar de um maior desvio padrão no *free stall* (TABELA 3). A representatividade das máquinas foi bastante divergente entre as instalações, sendo maior no *compost barn* (TABELA 3) devido à maior quantidade de tratores existentes nessas propriedades. Contudo, essa expressiva diferença não deve ocorrer motivada

pelo tipo de instalação utilizado pela fazenda, já que em ambos sistemas é necessário um trator para manejar a cama. No *compost barn* ele é utilizado para revirar a cama e, no *free stall*, para retirar areia do separador de areia, revirar a areia para que ela seque e repor a cama no galpão. Assim, as diferentes porcentagens entre os sistemas podem ter ocorrido por ociosidade das máquinas nas fazendas de *compost barn*. Além disso, o desvio padrão foi alto nas fazendas que usam esse tipo de instalação, uma vez que a fazenda 2 possuía três tratores a mais que a 1.

A representatividade da depreciação de veículos foi maior nas fazendas com *compost barn*, mas houve alto desvio padrão nessas propriedades (TABELA 3), que pode ter ocorrido devido à ociosidade de veículos na fazenda 1. Além disso, o baixo percentual nas propriedades com *free stall* se deveu ao fato da 3 não ter veículos próprios, pagando pelos serviços prestados e pelo combustível mais uma taxa de manutenção para que os funcionários utilizassem seus próprios veículos em algumas atividades. Assim, o custo com serviços de terceiros dessa propriedade foi maior do que a fazenda 4, que, por sua vez, possuía poucos veículos e alguns deles eram utilizados em vários setores da fazendas, tendo sua depreciação rateada entre as atividades.

Além disso, ao analisar a depreciação apenas dos galpões de *compost barn* e *free stall*, onde ficam abrigadas as vacas, com seus respectivos ventiladores e estruturas de manejo de dejetos, percebe-se que, no *compost barn*, a representatividade foi de 2,04% ($\pm 0,92$), sendo 32,46% maior do que no *free stall*, que foi de 1,54% ($\pm 0,62$). Mas, o desvio padrão no *compost barn* foi elevado, já que a fazenda 2 apresentou alta depreciação (2,69%) por ter um biodigestor que estava sendo subutilizado. A 3 possuiu baixo percentual (1,11%) por não ter ventiladores no *free stall*; já as fazendas 1 e 4 apresentaram valores mais próximos: 1,39% e 1,98%, respectivamente. Assim, não foram observadas grandes diferenças entre os tipos de instalações.

6.1.3 CUSTO OPERACIONAL TOTAL (COT)

O COT das fazendas com *compost barn* foi maior do que das propriedades com *free stall*; contudo, houve alto desvio padrão em ambos os sistemas. As fazendas 1, 2, 3 e 4 tiveram COT de R\$1,146; R\$1,066; R\$1,027 e R\$1,099 por litro de leite, respectivamente. Dessa forma, pode-se verificar que os COT das propriedades 2, 3 e 4 foram semelhantes, sendo que apenas a fazenda 1 teve custo destoante das demais. Assim, não foram notadas diferenças expressivas do COT entre os sistemas de produção. No entanto, é importante salientar que as menores médias de produtividade por vaca das fazendas com *free stall* estudadas (TABELA 4) podem ter contribuído para aumentar o custo de produção unitário dessas propriedades. Além disso, é importante ressaltar que essas menores médias podem ter ocorrido devido a falhas de manejo ou outras questões que não dizem respeito ao tipo de instalação, visto que, segundo Bewley; Palmer e Jackson-Smith (2001), existem fazendas que utilizam *free stall* que tem médias de produção/vaca/dia maiores. Portanto, caso sejam feitos estudos com fazendas que utilizam *free stall*, e possuam médias semelhantes às das propriedades com *compost barn*, é possível que o COT das fazendas de *free stall* sejam menores.

A produção de leite por área foi diferente entre as fazendas estudadas, mas não foi observada diferença expressiva entre os sistemas de produção, já que a fazenda 1 (*compost barn*), por exemplo, teve produção maior do que a 3 e um pouco menor do que a 4, que são propriedades que utilizam *free stall* (TABELA 4). Além disso, ao se comparar as fazendas do presente estudo com aquelas descritas por Santos e Lopes (2012), percebe-se grande diferença na produção por área. Esses pesquisadores relataram média de produção de leite de 11.108 kg/ha em fazendas que utilizam *free stall*, valor muito abaixo do encontrado nos sistemas analisados neste estudo. Dessa forma, é possível que esse expressivo aumento na produção por hectare tenha ocorrido devido ao aumento da tecnologia empregada nas propriedades, melhoria de aspectos relacionados à nutrição, além da evolução genética do rebanho.

Tabela 4 – Comparativo de alguns índices técnicos/gerenciais e econômicos de sistemas de produção em *compost barn* e *free stall*, localizados no estado de Minas Gerais, durante o período de janeiro a dezembro de 2016.

Especificação	<i>Compost barn</i>			<i>Free stall</i>		
	Fazenda 1	Fazenda 2	Média	Fazenda 3	Fazenda 4	Média
¹ CCS(mil células por mL)	295	212	254	372	397	385
² CBT(mil ³ UFC/mL)	20	28	24	98	272	185
Taxa de concepção (%)	35	43	39	26	33	30
Taxa de serviço (%)	72	63	68	59	70	65
Produtividade (kg/vaca/dia)	27,3	33,1	30,2	21,1	23,1	22,1
Produção de leite/área (kg/ha/ano)	29.487	23.245	26.366	27.288	33.087	30.187
Ponto de equilíbrio operacional diário (kg de leite)	1.253	1.050	1.151	764	1.334	1.049
Ponto de equilíbrio operacional anual (kg de leite)	458.493	384.219	421.356	279.618	488.143	383.880
Remuneração do capital s/animais e terra (% a.a.)	155.235,00	196.827,11	176.031	96.035	172.005	134.020
Remuneração do capital c/ terra (% a.a.)	407.235,00	535.227,11	471.231	291.035	282.405	286.720
⁴ COE/preço do leite (%)	73,07	62,93	68,00	66,05	72,66	69,35
⁵ COT/preço do leite (%)	77,18	69,65	73,42	68,81	77,18	73,00
Gasto com concentrado/preço do leite (%)	26,53	30,80	28,67	32,97	27,62	30,30

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

¹CCS = contagem de células somáticas; ²CBT = contagem bacteriana total; ³UFC = unidade formadora de colônias; ⁴COE = custo operacional efetivo; ⁵COT = custo operacional total; cotação média do dólar em 2016: R\$3,48.

No que se refere ao ponto de equilíbrio operacional (LOPES *et al.*, 2015), verifica-se que ele não sofreu efeito do tipo de instalação utilizada, uma vez que as fazendas 1 e 2 possuem valores maiores do que a 3, e menores do que a 4 (TABELA 4). Essa constatação já era esperada, pois a depreciação também teve ampla variação entre as propriedades. Todas não apenas atingiram o ponto de equilíbrio, como

também o ultrapassaram em 85,19%; 82,42%; 92,12% e 83,96% (propriedades 1; 2; 3 e 4, respectivamente); evidenciando que todas foram lucrativas. Entretanto, aquelas estudadas por Lopes *et al.* (2016), em nenhum dos níveis de produção (baixo, médio e alto) conseguiram atingir o ponto de equilíbrio operacional.

Quanto às relações COE/preço do leite (%) e COT/preço do leite (%), observa-se valores menores (TABELA 4) do que os encontrados por Santos e Lopes (2012), que relataram média de 96,99 e 102,12%, respectivamente, demonstrando que os sistemas analisados na presente pesquisa são mais lucrativos. No que se refere ao gasto com concentrado/preço do leite (TABELA 4), nota-se relação mais vantajosa ao produtor nas fazendas do presente estudo do que naquelas estudadas por aqueles pesquisadores. Isso pode ocorrer devido a preços mais baixos do concentrado, maiores preços de leite e melhor conversão alimentar dos animais (HILL; WALL, 2017).

6.2 ANÁLISE DE RENTABILIDADE

Um resumo da análise de rentabilidade dos sistemas de produção em *compost barn* e *free stall*, no estado de Minas Gerais, durante o período de janeiro a dezembro de 2016 pode ser observado na Tabela 5.

6.2.1 RECEITAS

A receita proveniente da venda do leite, como percentual da receita real, foi maior nas propriedades que utilizam *free stall*: 93,3% *versus* 90,85% nas de *compost barn*. Tal fato deveu-se a maior participação da venda de animais na composição das receitas das fazendas de *compost barn* (9,15%), apesar do desvio padrão ter sido muito elevado (10,28%). Essa variação pode ocorrer, uma vez que a quantidade de animais a serem vendidos depende dos objetivos de cada fazenda, se o rebanho está estabilizado ou em expansão, e depende também da taxa de descarte. Lopes *et al.* (2004b), em sistemas de confinamento com acesso ao pasto, relataram representatividade de 90,31% ($\pm 8,99$) relativa à venda de leite e 9,70% ($\pm 8,99$) da venda de animais. Santos e Lopes (2012), por sua vez, ao estudarem fazendas que utilizavam *free stall*,

estimaram percentuais de 97,81% ($\pm 1,40$) e 2,19% ($\pm 1,40$) resultantes da venda de leite e animais, respectivamente.

Quanto à receita vinda do leite, em reais por litro produzido, observou-se maior valor nas fazendas que utilizam o *compost barn* (R\$1,507; $\pm 0,032$) do que naquelas de *free stall* (R\$1,458; $\pm 0,048$). Contudo, esse parâmetro sofre interferência de muitos outros fatores não determinados pelo tipo de instalação, tais como bonificações oferecidas pelos laticínios por qualidade de leite (LOPES *et al.*, 2017; PAIXÃO *et al.*, 2014; PAIXÃO *et al.*, 2017; TEIXEIRA JÚNIOR *et al.*, 2015), escala de produção (DEMEU *et al.*, 2015; DEMEU *et al.*, 2016), preço de leite na região onde se localiza a fazenda, definido por concorrência entre laticínios e mercado em geral e, como a receita em reais por litro de leite é calculada pelo leite produzido, e não pelo vendido, a quantidade de leite descartado pela fazenda também interfere nesse valor, já que esse leite é considerado com valor zero.

Quanto à receita com dejetos, é importante ressaltar que, nas fazendas de *compost barn*, a cama ainda não havia sido trocada nenhuma vez até a época deste estudo; por isso ela não havia sido vendida e nem mesmo utilizada no próprio sistema de produção de leite. De acordo com Lopes *et al.* (2004a), esse fato poderia reduzir o custo de produção das forrageiras, já que seria necessário menor quantidade de adubos químicos para sua produção; embora, em um primeiro momento, signifique redução da receita.

Nas propriedades de *free stall*, por sua vez, o chorume produzido não pode ser comercializado, devido ser inviável o seu transporte (baixa matéria seca). Por isso, ele pode ser aproveitado, na maioria das vezes, pelo centro de custos produção de forragens, sendo utilizado na própria fazenda. E o esterco, produzido nessas propriedades, já havia sido utilizado como fertilizante nas lavouras de milho, reduzindo o custo alimentar com volumoso, que foi de 15,24% ($\pm 2,83$) e 14,10% ($\pm 1,09$) do COE nas fazendas de *compost barn* e *free stall*, respectivamente. Portanto, no presente trabalho, foram apresentadas, separadamente, expectativas de receitas da cama do *compost barn* e do esterco de *free stall*, caso fossem vendidos. Contudo, nas fazendas que adotam o *free stall*, não houve margens bruta e líquida estimadas (TABELA 5), uma vez que o chorume não pode ser vendido e o esterco já tinha sido utilizado para produção de forragem.

Tabela 5– Resumo da análise de rentabilidade do centro de custo produção de leite, em sistemas de produção utilizando *compost barn* e *free stall*, localizados no estado de Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2016, em R\$

Especificação	<i>Compost barn</i> *		<i>Free stall</i> *	
	Média (R\$)	dp (R\$)	Média (R\$)	dp (R\$)
¹ Receita	4.292.657,21	1.424.612,77	5.007.803,69	802.098,05
Leite	3.847.082,21	859.740,52	4.665.006,15	657.089,48
Animais	445.575,00	564.872,25	342.797,55	145.008,57
² COT	2.847.338,96	835.981,80	3.385.865,78	203.508,24
³ COE	2.646.699,20	860.385,75	3.219.997,00	237.737,79
Depreciação	200.639,76	24.403,95	165.868,78	34.229,55
⁴ Margem bruta	1.645.958,01	564.227,02	1.787.806,69	564.360,26
Margem bruta/hectare	16.370,67	4.390,89	15.958,56	1.221,20
⁵ Margem líquida	1.445.318,26	588.630,97	1.621.937,91	598.589,81
Margem líquida/hectare	14.338,39	4.795,02	14.380,69	1.911,53
Expectativa de receita com dejetos	51.744,02	12.075,87	64.326,42	9.908,87
⁶ Margem bruta estimada **	1.697.702,04	576.302,89	-	-
⁷ Margem líquida estimada **	1.497.062,28	600.706,85	-	-

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

*: informações de duas propriedades; **: não houve margens bruta e líquida estimadas no *free stall*, porque o esterco já havia sido utilizado nas lavouras de milho nessas propriedades, reduzindo o custo com volumoso, não podendo ser computado novamente; ¹Receita = receita realmente recebida pelo produtor, proveniente apenas da venda de leite e animais; ²COT = custo operacional total; ³COE = custo operacional efetivo; ⁴Margem bruta = considerando apenas receita real; ⁵Margem líquida= considerando apenas receita real; ⁶Margem bruta estimada = considerando receita real e expectativa de receita com dejetos; ⁷Margem líquida estimada = considerando receita real e expectativa de receita com dejetos; ⁸dp = desvio padrão; cotação média do dólar em 2016: R\$3,48.

Ao ser inserida a expectativa de receita com dejetos, verificou-se que tal item representou 1,23% ($\pm 0,13$) e 1,29% ($\pm 0,01$) das receitas nas propriedades que utilizam *compost barn* e *free stall*, respectivamente. Dessa forma, percebe-se representatividade bastante semelhante das receitas provenientes de dejetos em ambos os tipos de

instalações. O mesmo ocorre em relação à receita com dejetos por litro de leite, observando-se (TABELA 6) valores muito próximos entre os dois tipos de instalações. No entanto, Lopes *et al.* (2005) relataram 0,8% ($\pm 1,6$) e 0,7% ($\pm 1,2$) de participação dos dejetos nas receitas de fazendas com níveis tecnológicos baixo e médio, respectivamente. Lopes *et al.* (2006), por sua vez, descreveram que houve representatividade de 0,63% e 0,74% desse item para pequenos e médios produtores, respectivamente. De acordo com Lopes *et al.* (2007), o percentual de receitas oriundas da venda de dejetos foi de 0,65%; 1,96% e 3,64% para sistemas de criação em pastejo, semiconfinamento e confinamento, respectivamente. Todos esses pesquisadores relataram ter observados desperdícios desse subproduto, por condições inadequadas de armazenamento.

Tabela 6– Receita proveniente da cama de *compost barn* e do esterco do *free stall*, em sistemas de produção, localizados no estado de Minas Gerais, no período de janeiro a dezembro de 2016, em R\$ e R\$/L

Nutriente	<i>Compost barn</i>				<i>Free stall</i>			
	Fazenda 1		Fazenda 2		Fazenda 3		Fazenda 4	
	kg	R\$	kg	R\$	kg	R\$	kg	R\$
Nitrogênio	6.542	22.302,67	3.702	12.619,21	6.574	22.412,93	5.283	18.009,95
Fósforo	4.371	17.590,16	2.448	9.852,40	4.781	19.242,32	3.842	15.462,20
Potássio	7.391	20.390,12	7.516	20.733,48	10.758	29.677,80	8.645	23.847,65
Total (R\$)	-	60.282,95	-	43.205,09	-	71.333,05	-	57.319,79
R\$/L	-	0,020	-	0,020	-	0,021	-	0,019

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Cotação média do dólar em 2016: R\$3,48.

6.2.2 MARGEM BRUTA

A margem bruta, considerando-se apenas a receita real, foi maior nas fazendas que utilizam *free stall*; porém, o desvio padrão foi muito alto em ambos os tipos de instalação (TABELA 5). Esse fato já era esperado, uma vez que a margem bruta depende de vários fatores como: qualidade do leite da propriedade, preço do leite na região e quantidade e qualidade dos animais vendidos. Contudo, não é possível concluir que as propriedades que utilizam *compost barn* apresentam menor margem bruta, já que a fazenda 1, por exemplo, apresentou margem bruta maior do que a 4 e

muito próxima da 3. A 2, por sua vez, teve a menor margem bruta entre as quatro, devido à sua menor escala de produção e menor venda de animais.

Além disso, tanto as fazendas que utilizam *compost barn* quanto as que utilizam *free stall* tiveram margem bruta positiva. Isso demonstra que elas tem condições de produzir a curto prazo, já que são capazes de pagar pelo COE e ainda ter excedentes (LOPES *et al.*, 2004a). Quanto à margem bruta/hectare, observou-se médias semelhantes entre os tipos de instalação, apesar do alto desvio padrão nas fazendas de *compost barn* (TABELA 5).

6.2.3 MARGEM LÍQUIDA

A margem líquida, considerando-se apenas a receita real, assim como a margem bruta, foi maior nas fazendas que utilizam *free stall*; também com desvio padrão muito alto em ambos os tipos de instalação (TABELA 5). Essa variação ocorreu pelos mesmos motivos citados em relação à margem bruta, também devido ao alto desvio padrão da depreciação nas fazendas estudadas e às diferenças de escala de produção, já que, ao aumentar a produção de leite na fazenda, pode ocorrer redução do custo unitário do produto (BRESSAN; BRAGA; BRESSAN, 2010) por otimização da estrutura física da propriedade (LOPES *et al.*, 2006) e manutenção dos custos fixos (BANNOCK; BAXTER; DAVIS, 2003). Adicionalmente, verificou-se que a fazenda 1 apresentou margem líquida próxima à da 3 e maior do que a da 4. Portanto, no presente trabalho, não foi observada influência do tipo de instalação na margem líquida das propriedades.

Também é importante ressaltar que nas propriedades de *compost barn*, assim como nas de *free stall*, a margem líquida foi positiva. Esses resultados mostram que as fazendas são capazes de produzir à médio prazo, uma vez que as receitas são suficientes para pagar o COE e também repor os bens após esses se tornarem inúteis (depreciação) (LOPES *et al.*, 2004a). Em relação à margem líquida/hectare, também observou-se médias próximas entre as propriedades com *compost barn* e *free stall*, sendo que houve alto desvio padrão nas primeiras (TABELA 5).

7 CONCLUSÕES

As margens brutas e líquidas foram positivas em todos os sistemas de produção estudados, demonstrando que eles tem condições de produzir a curto e médio prazo.

Por meio da comparação dos componentes do custo operacional total das fazendas que utilizam *compost barn* e *free stall*, concluiu-se que existem diferenças apenas no item medicamentos, no qual as propriedades de *compost barn* tiveram menor representatividade no custo operacional efetivo (COE), devido ao menor percentual com antibióticos intramamários para mastite; e, no grupo cama para vacas, a menor representatividade foi no *free stall*. Em relação aos custos com insumos de reprodução e hormônios reprodutivos não foram notadas diferenças expressivas entre os tipos de instalação, apesar das fazendas de *compost barn* analisadas terem melhores índices reprodutivos. Adicionalmente, no que tange à depreciação, não houve diferença expressiva entre os sistemas de produção.

Quanto à composição da receita, verificou-se maior percentual proveniente da venda de leite nas propriedades de *free stall*, já que as de *compost barn* venderam mais animais. Em relação aos dejetos, as expectativas de receitas foram semelhantes entre os tipos de instalação.

Esses resultados evidenciam que as receitas, COE, depreciação, assim como o custo de implantação dos sistemas podem não ser os grandes determinantes na decisão de qual tipo de instalação construir numa propriedade. Dessa forma, as facilidades de manejo, produtividade, desempenho reprodutivo, saúde do animais (lesões de casco e mastite), além de disponibilidade de água, questões ambientais e material de cama (areia, serragem, palha de café) devem ser os motivadores da escolha de uma instalação em detrimento da outra.

REFERÊNCIAS

- ALBRIGHT, J. L. Dairy cattle housing with emphasis on economics, sanitation, health, and production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 47, n. 11, p. 1273–1281, 1964.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Manure production and characteristics**. Michigan, 2005. (ASAE D384.2). Disponível em: <<http://www.agronext.iastate.edu/immag/pubs/manure-prod-char-d384-2.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2018.
- ARAÚJO, A. T. F. **Indicadores de rentabilidade**: uma análise econômico financeira sobre as demonstrações contábeis da indústria ROMIA S/A. 2009. Disponível em: <<http://perito contador.com.br/wp-content/uploads/2015/03/Ant%C3%B4nia-T%C3%A1ssila-Farias-de-Ara%C3%BAjo-Indicadores-de-Rentabilidade.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2017.
- BANNOCK, G. R. E.; BAXTER, R. E; DAVIS, E. 4. ed. The Penguin Dictionary of Economics. 7^o ed. London, **Penguin Books**. 2003, 416 p.
- BARBERG, A. E. *et al.* Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 9, p. 1575–1583, 2007.
- BEWLEY, J. M.; TARABA, J. L. **Compost bedded pack barns in Kentucky**. Kentucky: University of Kentucky, 2009.
- BEWLEY, J.; PALMER, R. W.; JACKSON-SMITH, D. B. A comparison of free-stall barns used by modernized Wisconsin dairies. **Journal of dairy science**, v. 84, n. 2, p. 528–541, 2001.
- BICKERT, W. G. Freestall design. In: _____. **Procedures dairy housing and equipment systems**: managing and planning for profitability. Ames: National Research Agricultural Engineering Service, p. 205-213, 2000.
- BLACK, R. A. *et al.* Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, 2013.
- BLACK, R. A. *et al.* The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 5, p. 2669–2679, 2014.
- BRESSAN, V. G. F.; BRAGA, M. J.; BRESSAN, A. A. Eficiência e economia de escala em cooperativas de crédito: uma abordagem de fronteira estocástica de custo com dados em painel. **Advances in Scientific and Applied Accounting**, v. 3, p. 335-352, 2010.
- 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.

BURGSTALLER, J. *et al.* Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **The Veterinary Journal**, London, v. 216, p. 81–86, 2016.

CAMP, R. C. Benchmarking: identificando, analisando e adaptando as melhores práticas que levam à maximização da performance empresarial: o caminho da qualidade total. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998. 107 p.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB do agronegócio brasileiro**. 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 07 mai. 2018.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Série do dólar comercial**. 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/serie-de-preco/dolar.aspx>>. Acesso em: 09 mai. 2018.

COOK, N. B. Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 223, n. 9, p. 1324–1328, 2003.

CORRÊA, U. *et al.* Análise operacional da atividade leiteira do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí. **Custos e @gronegócio on line**. v. 13, edição especial, p. 262-283, abril. 2017.

DEMEU, F. A. *et al.* Efeito da produtividade diária de leite no impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos. **Boletim de Indústria Animal**. v.73, n.1. p.53-61. 2016.

DEMEU, F. A. *et al.* Influência da escala de produção no impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Revista Ceres**. v.62, n.2. p.167-174. 2015.

ECKELKAMP, E. A. *et al.* Case study: characterization of lying behavior in dairy cows transitioning from a freestall barn with pasture access to a compost bedded pack barn without pasture access. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 30, n. 1, p. 109–113, 2014.

ECKELKAMP, E. A. *et al.* Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, New York, v. 190, p. 35–42, 2016.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 9, p. 4192–4200, 2007.

ESPEJO, L. A.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A. Prevalence of lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 8, p. 3052–3058, 2006.

FAULL, W. B. *et al.* Epidemiology of lameness in dairy cattle: the influence of cubicles and indoor and outdoor walking surfaces. **The Veterinary Record**, Berlin, v. 139, n. 6, p. 130–136, 1996.

FERRAZZA, R. de A. *et al.* Effect of husbandry system on the technical and economic performance of dairy cattle. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1561-1574, maio/jun. 2017. 10.5433/1679-0359.2017v38n3p1561

GILLESPIE, J. *et al.* Adoption of recombinant bovine somatotropin and farm profitability: Does farm size matter? **AgBioForum**, v. 13, n. 3, p. 251–262, 2010.

GONÇALVES, A. C. S. *et al.* Assistência técnica e extensão rural: sua importância para a melhoria da produção leiteira. Relato de caso. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 8, n. 3, p. 47-61, 2014.

GOOGLE EARTH PRO, 2018.

GRAY, K. R.; SHERMAN, K.; BIDDLESTONE, A. J. Review of composting, part 2. The practical process. **Process Biochemistry**, London, v. 6, n. 10, p. 22–28, 1971.

HALEY, D. B.; RUSHEN, J.; PASSILLÉ, A. M. Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 80, n. 2, p. 257–263, 2000.

HILL, D. L.; WALL, E. Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 1–18, 2017.

HOOVEN, N. W.; MILLER, R. H.; PLOWMAN, R.D. Genetic and Environmental Relationships Among Efficiency, Yield, Consumption and Weight of Holstein Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 51, n. 9, p. 1409–1419, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Principais resultados - 4º trimestre 2017**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?t=destaques>>. Acesso em: 07 mai. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da pecuária municipal 2015**. 2016. v. 43. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2017.

JANNI, K. A. *et al.* Compost dairy barn layout and management recommendations. **ASAE Annual Meeting**, Washington, v. 23, p. 97-102, 2007.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda, Piracicaba, 1985. 492p.

KLAAS, I. C. *et al.* Cultivated barns for dairy cows. **Dansk Veterinaertidsskrift**, n. 9, p. 20–29, 2010.

KULL, J. A. *et al.* Effects of bedding with recycled sand on lying behaviors, udder hygiene, and preference of lactating Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7379–7389, 2017.

SMITH, L. K.; TODHUNTER, D.A.; SCHOENBERGER, P.S. Environmental Mastitis: Cause, Prevalence, Prevention. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 6, p. 1531-1553, 1985.

LESO, L. *et al.* A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, Pisa, v. 44, n. 3, p. 4–8, 2013.

LOBECK, K. M. *et al.* Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 11, p. 5469–5479, 2011.

LOPES, M. A. *et al.* Avaliação do impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 4, p. 477–483, 2012.

LOPES, M. A. *et al.* Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 883-892, 2004a.

LOPES, M. A. *et al.* Efeito da escala de produção nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicase. **Boletim de Indústria Animal**, v. 63, p. 177-188, 2006.

LOPES, M. A. *et al.* Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1177-1189, 2004b.

LOPES, M. A. *et al.* Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG) nos anos 2004 e 2005. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 3, p. 359-371, jul./set. 2007.

LOPES, M. A. *et al.* Effect of technical indexes on cost-effectiveness in dairy farms participating in the “Balde Cheio” program at different stages of production. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p. 4235–4242, 2016.

LOPES, M. A. *et al.* Estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Nazareno (MG). **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 58-69, 2011.

LOPES, M. A. *et al.* Representatividade de diferentes fatores no impacto econômico da mastite em rebanhos leiteiros. **Boletim de Indústria Animal**. v.74, n.2, p.135-147, 2017. doi.org/ 10.17523/bia.v74n2p135

LOPES, M. A. *et al.* Resultados econômicos de sistemas de produção de leite com diferentes níveis tecnológicos na região de Lavras, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 4, p. 485-493, 2005.

LOPES, M. A. *et al.* The effect of technological levels on profits of milk production systems participating in the “full bucket” program: a multicase study. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2909-2922, 2015.

LOPES, P. F.; REIS, R. P.; YAMAGUCHI, L. C. T. Custos e escala de produção na pecuária leiteira: estudo nos principais estados produtores do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 567–590, 2007.

MATSUNAGA, M. *et al.* Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

- NEUFELDT, C. *et al.* **Comparativo para implantação de um confinamento em sistema free stall versus compost barn**. 2014. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p_comparativo_para_implantacao_de_um_confinamento_em_sistema_free_stall_versus_compost_barn_sistemas_de_criacao_confinamento_free_stall_compost_barn_leite_vacas_5678.aspx>. Acesso em: 2 mar. 2017.
- NORTHEAST RESOURCE, AGRICULTURE AND ENGINEERING SERVICE. **On-farm composting handbook**. Ithaca, 1992. 187 p.
- PAIXÃO, M. G. *et al.* Impacto econômico da implantação das boas práticas agropecuárias relacionadas à qualidade do leite. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 61, n. 5, p. 612-621, set/out, 2014.
- PAIXÃO, M. G. *et al.* Milk quality and financial management at different scales of production on dairy farms located in the south of Minas Gerais state, Brazil. **Revista Ceres**. v. 64, n.3, p. 213-221, mai/jun, 2017. 10.1590/0034-737X201764030001
- PETZEN, J. *et al.* **Case study**: eagleview compost dairy barn. [S. l.: s. n.], 2009. p. 1-11.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Custos de produção de fêmeas bovinas leiteiras do nascimento ao primeiro parto. **Ciencia Animal Brasileira**, Goiânia, v. 15, n. 1, p. 11–19, 2014.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Indicadores de rentabilidade do centro de custo produção de leite em sistemas intensivos de produção. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 69, p. 1–11, 2012.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Curso de capacitação rural**. Goiânia, 1998. 34 p.
- SHANE, E. M.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 26, p. 465-473, 2010.
- SOMERS, J. G. C. J. *et al.* Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 6, p. 2082–2093, 2003.
- SOUZA, R. *et al.* **A administração da fazenda**. 3. ed. São Paulo: Globo, 1990. 211p.
- STENTIFORD, E. I. Composting control: principles and practice. In: DE BERTOLDI, M. *et al.* (Org.). **The science of composting**. Dordrecht: Springer, 1996. p. 49–59.
- TEIXEIRA JÚNIOR, F. E. P. *et al.* Efeito do pagamento por qualidade do leite na rentabilidade da atividade leiteira. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. v.70, n.1. p.24-34. 2015.
- TEIXEIRA JÚNIOR, F. E. P. *et al.* Effect of different alternative roughages on the profitability of milk production systems with F1 Holstein x Zebu cows. **Revista Ceres**. v.63, n.6, p. 807-815, nov./dez. 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Cows milk production and consumption**: summary for selected countries. 2016a. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Milk cows and production by State and region (Annual)**. 2016b. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/data-products/dairy-data/dairy-data/#Data files>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

VILLELA, S. D. J. *et al.* Economic and productive assessment of an ordinary small-sized dairy enterprise in southeast Brazil: A multi-year study. **Journal of Agricultural Science**. v. 9, n. 8, p. 143-154. 2017.

WEARY, D. M.; TASZKUN, I. Hock Lesions and free-stall design. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 4, p. 697–702, 2000.

WELLS, G. D. 2004. Dairy Barn Ventilation - Exhaust Fan Systems. University of Vermont Extension. Disponível em: <<http://anyflip.com/fsoh/ruqy/basic>>. Acesso em 14 mai. 2018.

YAMAGUCHI, L. C. T. Custo de produção do leite: um novo enfoque. **Boletim do Leite**, Piracicaba, v. 7, n. 76, p. 1-2, jul. 2000.