



FABIANA ALVES DEMEU

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE
TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE CORRETAS E SEUS
IMPACTOS NO CUSTO DE PRODUÇÃO DO LEITE**

**LAVRAS - MG
2020**

FABIANA ALVES DEMEU

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS
AMBIENTALMENTE CORRETAS E SEUS IMPACTOS NO CUSTO DE
PRODUÇÃO DO LEITE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes
Orientador

Prof. Dr. Júlio César Pascale Palhares
Prof. Dr. Cláudio Milton Montenegro
Coorientadores

**LAVRAS - MG
2020**

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

Demeu, Fabiana Alves.

Viabilidade econômica da implantação de tecnologias
ambientalmente corretas e seus impactos no custo de produção do
leite / Fabiana Alves Demeu. - 2018.

216 p. : il.

Orientador: Marcos Aurélio Lopes.

Coorientadores: Júlio César Pascale Palhares; Cláudio Milton
Montenegro.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Bovinocultura de leite. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade.
I. Lopes, Marcos Aurélio. II. Palhares, Júlio César Pascale. III.
Montenegro, Cláudio Milton. IV. Título.

FABIANA ALVES DEMEU

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS
AMBIENTALMENTE CORRETAS E SEUS IMPACTOS NO CUSTO DE
PRODUÇÃO DO LEITE**

**ECONOMIC VIABILITY OF THE IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTALLY
CORRECT TECHNOLOGIES AND ITS IMPACTS ON THE COST OF MILK
PRODUCTION**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 19 de setembro de 2018.

Prof. Dr. Andre Luis Ribeiro Lima	UFLA
Prof. Dr. Eduardo Mitke Brandão Reis	UFAC
Prof. Dr. Francisval de Melo Carvalho	UFLA
Dr. Marcelo Henrique Otenio	EMBRAPA Juiz de Fora

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes
Orientador

**LAVRAS - MG
2020**

Especialmente, à minha amada mãe Nilce, pela compreensão, apoio, carinho e incentivo em todos os momentos. A ela, com certeza, devo esta vitória. Foi ela quem me amparou verdadeiramente em todos os sentidos. Não mediu esforços para deixar a sua vida de lado e viver a minha vida e de minha amada filha de forma incondicional. Mãe, se venci, saibas que venceste junto!

À minha filha Ana Gabrielle, a quem, muitas vezes, não pude dar a atenção que gostaria, de quem abdiquei de brincar e curtir para que este trabalho se concretizasse.

Aos meus irmãos, Odair e Andréia, pelo apoio em todas as horas.

Ao meu pai, José, pelas palavras de incentivo.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Nos caminhos de nossas vidas, sempre encontramos pessoas enviadas por Deus, que nos auxiliam a cumprir suas diversas etapas. É com satisfação que digo: Muito obrigada!

A Deus, fonte de toda a luz, que brilha em nossos caminhos e nos dá sustentação para vencer as caminhadas que nos parecem mais difíceis.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio emocional e compreensão em todos os momentos.

Ao professor Dr. Marcos Aurélio Lopes, meu orientador, pelo apoio, coragem, confiança e amizade durante todo o trabalho. Saiba que o aprendizado e o crescimento foram grandes e que, certamente, serão fundamentais para novas oportunidades, não só como profissional, mas, especialmente, como pessoa.

Aos meus coorientadores, professor Dr. Júlio César Pascale Palhares e Dr. Cláudio Milton Montenegro, pela paciência e disposição, nos momentos de dúvidas e por todas as colaborações, que foram grandiosas para que este trabalho acontecesse.

Aos colegas do doutorado, especialmente, Eduardo Mitke Brandão Reis e Alan Andrade Mesquita pela força e amadurecimento de ideias.

À Universidade Federal de Lavras, na figura de cada um de seus funcionários, docentes, técnicos e administrativos, por terem me proporcionado todas as oportunidades para crescer, humana e profissionalmente. Aos professores do programa de pós-graduação pela confiança, amizade e apoio.

À fazenda Catete, ao proprietário Gustavo, aos funcionários que não mediram esforços em nos ajudar em tudo que foi necessário.

Ao Instituto Federal de Rondônia, pela licença para doutorado e oportunidade de me aprimorar profissionalmente.

Aos amigos do Laboratório de Informática Aplicada (LIA), pela amizade, apoio e ajuda. Saibam que sempre serão lembrados com muito carinho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de estudos.

Enfim, a citação seria enorme, pois são inúmeras as pessoas às quais devo reconhecimento e agradecimento pelo papel importante que tiveram, direta e/ou indiretamente, nos vários momentos deste trabalho. Obrigada por poder contar com vocês e perdão àqueles que não citei o nome, mas saibam que sempre serão lembrados com muito carinho.

Ao povo brasileiro, que sempre custeou os meus estudos!

RESUMO GERAL

Objetivou-se analisar a viabilidade econômica de tecnologias ambientalmente corretas na atividade leiteira e estimar seus impactos no custo de produção do leite. Especificamente, pretendeu-se, ainda analisar a rentabilidade da atividade leiteira de um sistema de produção de leite localizado ao Sul de Minas Gerais, identificar os componentes que exercem maiores representatividades sobre os custos finais da atividade, bem como o impacto de cada um deles na receita, estimar o ponto de equilíbrio (kg de leite/ano) e o preço de equilíbrio do leite (R\$/kg de leite/ano), analisar a viabilidade econômica da implantação de um biodigestor tipo canadense, para a geração de energia elétrica, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, analisar a viabilidade econômica da implantação de infraestrutura para reaproveitamento da areia da cama de *free stall* de um sistema de produção de leite, analisar a viabilidade econômica da utilização da infraestrutura para captação de água de chuva do telhado de galpões de *free stall*. A pesquisa foi realizada em uma propriedade, localizada no município de Ilicínea, MG; no período entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017, no qual foram implantadas algumas infraestruturas que minimizam os impactos ambientais, denominadas, neste trabalho, de tecnologias ambientalmente corretas. O sistema de produção é intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação e em pré-parto, em dois galpões do tipo *free stall*, com dimensões de 90 x 30m (galpão 1) e 60m x 30m (galpão 2), com 230 e 198 camas individuais, respectivamente, com capacidade para alojar, aproximadamente, 428 vacas da raça holandesa, puras por cruzamento ou puras por origem. A produção média diária foi de 11.864,95 ($\pm 1.388,79$) L e, aproximadamente, 32,28 ($\pm 2,68$) L de leite por vaca em lactação, em três ordenhas. As tecnologias ambientalmente corretas biodigestor e recuperação de areia apresentaram viabilidade econômica ao sistema de produção, enquanto a captação da água da chuva não foi viável economicamente. O custo ambiental operacional total de um quilograma de leite foi estimado em R\$0,015 e representou 1,505% do custo operacional total; o custo operacional efetivo ambiental foi de R\$0,006, e correspondeu a 0,622% do custo operacional total; enquanto que o custo ambiental total, estimado em R\$0,032, representou 3,325% do custo total. Os itens componentes do custo operacional efetivo que exerceram maiores representatividades foram, em ordem decrescente, a alimentação, mão-de-obra, sanidade, hormônio produtivo (BST), manutenção de veículos, máquinas e implementos, manutenção de benfeitorias, energia e areia para cama do *free stall*. O ponto de equilíbrio foi estimado em 1.104.038,54 kg de leite/ano, ou 3.024,76 kg de leite/dia, enquanto que a produção foi de 4.271.383,00 kg de leite/ano e 11.702,42 kg de leite/dia.

Palavras-chave: Análise de cenários. Biofertilizante. Biogás. Bovinocultura leiteira. Indicadores de rentabilidade. Tratamento de Dejetos.

GENERAL ABSTRACT

We aimed at analyzing the economic feasibility of environmentally correct technologies in dairy farming and estimating their impact on the cost of dairy production. We specifically intended to analyze the profitability of the dairy activity of a dairy production system located in the south of Minas Gerais, Brazil, to identify the components that have greater representativeness over the final costs of the activity, as well as the impact of each on the revenue, estimate the balance point (kg of dairy/year) and the balance price of milk (R\$/kg of milk/year), analyze the economic feasibility of implementing a Canadian-type biodigester to generate electricity in a dairy production system in the south of Minas Gerais, analyze the economic feasibility of implementing an infrastructure to reuse the sand from free stall beds of a dairy production system and analyze the economic feasibility of using the infrastructure to collect rainwater from the roof of free-stall sheds. The research was conducted on a property located in the municipality of Ilicínea, MG, in the period between January 2016 and December 2017. We implanted a few infrastructures that minimize environmental impacts, which we denominated environmentally correct technologies. The production system is intensive, with accommodation for all lactating and pre-calving cows, in two free-stall sheds with dimensions of 90 m x 30 m (shed 1) and 60 m x 30 m (shed 2), with 230 and 198 individual beds, respectively, and capacity to house approximately 428 Holstein cows, purebred or pure by origin. The average daily production was 11,864.95 ($\pm 1,388.79$) L and, approximately, 32.28 (± 2.68) L of milk per lactating cow, in three milkings. The environmentally correct biodigester and sand recovery technologies showed economic feasibility for the production system, while the collection of rainwater was unfeasible. The total environmental operating cost of a kilogram of milk was estimated at R\$ 0.015 and represented 1.505% of the total operating cost. The effective environmental operating cost was R\$ 0.006, corresponding to 0.622% of the total operating cost. The total environmental cost, estimated at R\$ 0.032, represented 3.325% of the total cost. The component items of the effective operating cost that exercised the greatest representativeness were, in decreasing order, food, labor, health, production hormone (bST), vehicle, machine, and implement maintenance, improvement maintenance, energy, and sand for free stall beds. The balance point was estimated at 1,104,038.54 kg of milk/year, or 3,024.76 kg of milk/day, while production was 4,271,383.00 kg of milk/year and 11,702.42 kg of milk/day.

Keywords: Scenario analysis. Biofertilizer. Biogas. Dairy Cattle. Profitability Indicators. Waste Treatment.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

APENDICE A

Figura 1 - Máquina separadora de sólidos.	74
Figura 2 - Máquina separadora de sólidos.	74
Figura 3 - Painel para controle da máquina separadora de sólidos, motobomba e emergência.	74
Figura 4 - Tanques de decantação localizados antes do biodigestor.	75
Figura 5 - Cúpulas do biodigestor.....	75
Figura 6 - Lagoa de biofertilizante.	76
Figura 7 - Grupo gerador.....	76
Figura 8 - Fundos do abrigo do grupo gerador.....	77
Figura 9 - Lateral do abrigo do grupo gerador.	77
Figura 10 - Entrada do abrigo do grupo gerador.	78
Figura 11 - Canalização do gás das cúpulas para o grupo gerador.....	79
Figura 12 - Rede de distribuição de energia elétrica do grupo gerador para os galpões de <i>free stall</i>	80
Figura 13 - Identificação dos galpões de <i>free stall</i>	81
Figura 14 - Saída do <i>flushing</i>	82
Figura 15 - Identificação das canaletas do galpão de <i>free stall 1</i>	82
Figura 16 - Dimensões da canaleta 01, do galpão de <i>free stall 1</i>	83
Figura 17 - Dimensões do bueiro de ligação da canaleta 1 com a canaleta 2 do galpão de <i>free stall 1</i>	83
Figura 18 - Dimensões da canaleta 2, do galpão de <i>free stall 1</i>	84
Figura 19 - Dimensões da pista de decantação do galpão de <i>free stall 1</i>	84
Figura 20 - Dimensões da área de recuperação de areia 1.	85
Figura 21 - Dimensões da área de recuperação de areia 1, vista superior.	85
Figura 22 - Dimensões da canaleta 1, do galpão de <i>free stall 1</i>	87
Figura 23 - Profundidade da canaleta 1 do galpão de <i>free stall 2</i>	88
Figura 24 - Bueiro de ligação da canaleta 1 do galpão de <i>free stall 2</i> a pista de decantação do galpão 2.	88
Figura 25 - Dimensões da canaleta 2 do galpão de <i>free stall 2</i>	89

Figura 26 - Dimensões da canaleta 3 do galpão de <i>free stall</i> 2.	90
Figura 27 - Dimensões da pista de decantação 2.	91
Figura 28 - Dimensões da pista de recuperação de areia 2.	91
Figura 29 - Encanamento da captação de água de telhado do galpão 1.	92
Figura 30 - Comprimento da calha de um lado do galpão de <i>free stall</i> 1.	92
Figura 31 - Encanamento da captação de água de telhado do galpão 2.	93
Figura 32 - Comprimento da calha de um lado do galpão de <i>free stall</i> 2.	93
Figura 33 - Reservatório de biofertilizante para realizar o <i>flushing</i> , galpão 1.	94
Figura 34 - Reservatório de biofertilizante para realizar o <i>flushing</i> , galpão 2.	94
Figura 35 - Lona de direcionamento do jato do <i>flushing</i>	95
Figura 36 - Comprimento do galpão 1.	96
Figura 37 - Distribuição da largura do galpão 1.	96
Figura 38 - Largura do corredor central (alimentação) dos galpões.	97
Figura 39 - Corredor de manejo dos galpões.	97
Figura 40 - comprimento do galpão 2.	98
Figura 41 - Largura do galpão 2.	98
Figura 42 - Poço artesiano.	99
Figura 43 - Caixa de água mestre.	100
Figura 44 - Reservatórios de água para utilização na sala de ordenha e aspersores.	100
Figura 45 - Bebedouro de água com revestimento cerâmico na parte interna.	101
Figura 46 - Aspersor.	102
Figura 47 - Ventiladores.	102
Figura 48 - Largura da pista de acesso dos galpões a sala de ordenha.	103
Figura 49 - Corredor de acesso a ordenha.	104
Figura 50 - Comprimento do curral de espera descoberto.	104
Figura 51 - Largura do curral de espera.	105
Figura 52 - Ventiladores do curral de espera.	105
Figura 53 - Bebedouro do curral de espera.	106
Figura 54 - Dimensões da sala de ordenha.	106
Figura 55 - Medidas do fosso da sala de ordenha.	107
Figura 56 - Dimensões do colchão de borracha da sala de ordenha.	107
Figura 57 - Dimensões do depósito de sal mineral.	108

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

- Tabela 1 - Recursos utilizados para a implantação de um biodigestor tipo canadense para geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em R\$ e US\$..... 119
- Tabela 2 - Fluxo de caixa do projeto de viabilidade econômica (em milhares de R\$) da implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica em um sistema de produção de leite, em diferentes cenários. 121
- Tabela 3 - Indicadores econômicos para a implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite em free stall, no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, considerando diferentes taxas de descontos (TD)..... 123
- Tabela 4 - Resumo da análise de rentabilidade para implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, nos cenários (cenário 1), otimista (cenário 2) e pessimista (cenário 3), em R\$, considerando duas taxas de desconto. 126
- Tabela 5 - Resumo estatístico do valor presente líquido (VPL) para a implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite em *free stall* no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SM1) e 2 (SM2)..... 129
- Tabela 6 - Resumo das simulações de Monte Carlo do valor presente líquido (VPL), para as taxas mínimas de atratividade (TMA) variando de zero a 50% da implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense para geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite em *free stall* no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SM1) e 2 (SM2). 130

ARTIGO 2

Tabela 1 - Recursos utilizados para a implantação da infraestrutura para a recuperação da areia da cama de <i>free stall</i> , em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período, de 2016 e 2017, em R\$ e US\$.	145
Tabela 2 - Fluxo de caixa para a implantação da infraestrutura do projeto de viabilidade econômica (em milhares de R\$) da recuperação da areia da cama de <i>free stall</i> , em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em diferentes cenários	147
Tabela 3 - Indicadores econômicos para a implantação da infraestrutura para a recuperação da areia da cama de <i>free stall</i> , em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, considerando diferentes taxas de descontos (TD).....	149
Tabela 4 - Resumo da análise de rentabilidade para implantação da infraestrutura para a recuperação da areia da cama de <i>free stall</i> , em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$, considerando duas taxas de desconto (TD).	151
Tabela 5 - Resumo estatístico do valor presente líquido (VPL) para a implantação e utilização de um sistema de recuperação de areia, em um sistema de produção de leite em <i>free stall</i> no Sul de Minas Gerais, nos anos de 2016 e 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SMC1) e simulação de Monte Carlo 2 (SMC2).	154
Tabela 6 - Resumo das simulações de Monte Carlo do valor presente líquido (VPL), para as taxas de atratividade (TMA) variando de 10 a 90% da implantação e utilização de infraestrutura para a recuperação de areia, em um sistema de produção de leite em <i>free stall</i> no Sul de Minas Gerais, nos anos de 2016 e 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SM1) e simulação de Monte Carlo 2 (SM2).....	155
Tabela 7 - Contagem bacteriana total (CBT) e unidades formadoras de colônias/g da areia da cama de <i>free stall</i> , em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017.....	156

ARTIGO 3

- Tabela 1 - Recursos disponíveis para implantação da infraestrutura para captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em R\$ e US\$..... 170
- Tabela 2 - Fluxo de caixa para a implantação de infraestrutura do projeto de viabilidade econômica (R\$) da implantação da infraestrutura para a captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em diferentes cenários. 172
- Tabela 3 - Resumo da análise de rentabilidade para a implantação da infraestrutura para a captação de água de chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em R\$, considerando duas taxas de desconto (TD), em diferentes cenários. 176

ARTIGO 4

- Tabela 1 - Recursos disponíveis no centro de custo produção de leite em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$ e %. 192
- Tabela 2 - Resumo da análise de rentabilidade no centro de custo produção de leite em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$ e %. 195
- Tabela 3 - Representatividade média mensal no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, do centro de custo produção de leite em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais de cada item do custo operacional efetivo (COE), em %, em uma propriedade no Sul de Minas Gerais. 198
- Tabela 4 - Custos médios unitários no centro de custo produção de leite, em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$ e %. 204
- Tabela 5 - Índices técnicos/gerenciais e econômicos do centro de custo produção de uma propriedade com sistema de produção de *free stall*, de uma propriedade no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017. 207

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a	Quantidade de dias no ano
bpb	Benefício com a produção de biofertilizante
cag/ano	Consumo de água por ano
CH ₄	Gás metano
dmK	Disponibilidade média de potássio presente no esterco bovino
dmN	Disponibilidade média de nitrogênio presente no esterco bovino
dmP	Disponibilidade média de fósforo presente no esterco bovino
ds	Densidade de CH ₄
etCO ₂	Emissão total de CO ₂ , em kg
fegeeK	Fator de emissão de GEE na produção de potássio
fegeeN	Fator de emissão de GEE na produção de nitrogênio
fegeeP	Fator de emissão de GEE na produção de fósforo
gee	Gases do efeito estufa
K	Potássio
kW	quilowatts
mgeefq	Mitigação de GEE pela substituição do fertilizante químico pelo biofertilizante
N	Nitrogênio
n	Quantidade de animais no rebanho
P	Fósforo
pab	Produção anual de biogás
pb	Produção de biofertilizante
pdb	Produção diária de biogás
pest	Estimativa da produção diária de esterco
pnm	Preço dos nutrientes praticados no mercado
pr	Produção de biogás em m ³
pv	Peso vivo
qa	Quantidade de areia, em m ³
qacat	Quantidade de animais por categoria
qagdes	Quantidade de água para dessedentação dos animais
qaglimp	Quantidade de água para a limpeza das instalações
qn	Quantidade de nutrientes presentes no biofertilizante aplicado

R\$	Real
Eq	Equivalência entre CH ₄ e CO ₂
US\$	Dólar
vm	Valor médio da produção de esterco
t	Disponibilidade anual da planta

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	17
1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivos gerais	19
2.2	Objetivos específicos.....	19
3	JUSTIFICATIVA	20
4	REFERENCIAL TEÓRICO	24
4.1	Importância da pecuária leiteira para o Brasil e o consumo de leite	24
4.2	Impactos ambientais gerados pela atividade leiteira	26
4.3	Alternativas para minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade leiteira	27
4.3.1	Utilização de biodigestor como alternativa para tratamento de dejetos	27
4.3.2	Reaproveitamento da areia de camas em <i>free stall</i> e benefícios ao meio ambiente.....	29
4.3.3	Captação da água da chuva e os benefícios ao meio ambiente	31
4.4	Viabilidade econômica de investimentos na bovinocultura leiteira.....	33
4.4.1	Viabilidade econômica da implantação de biodigestor para a geração de energia elétrica em propriedade leiteira.....	33
4.4.2	Reaproveitamento da areia da cama de <i>free stall</i>	34
4.5	Custo de produção da atividade leiteira	35
4.5.1	Importância de se conhecer o custo de produção do leite.....	36
4.5.2	Composição do custo operacional total	37
4.5.2.1	Energia elétrica na atividade leiteira como componente do custo operacional efetivo.....	38
4.5.2.2	Aquisição de areia para cama de <i>free stall</i>	39
4.5.2.3	Aquisição de água na atividade leiteira	40
4.5.2.4	Custo ambiental na atividade agropecuária.....	41
4.6	Receitas provenientes do biodigestor	42
4.6.1	Receitas com biogás com a finalidade de geração de energia elétrica	43
4.6.2	Receitas com biofertilizante	44
5	METODOLOGIA	46
5.1	Tipos de pesquisa.....	46
5.2	Local e data da pesquisa.....	46
5.3	Metodologia da pesquisa 1: Viabilidade econômica da implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense para a geração de energia elétrica destinada à atividade leiteira	47
5.4	Metodologia da pesquisa 2: Viabilidade econômica da implantação da infraestrutura para reaproveitamento da areia da cama de <i>free stall</i> de um sistema de produção de leite.....	50
5.5	Metodologia da pesquisa 3: Viabilidade econômica da captação da água de chuva do telhado de galpões de <i>free stall</i>	52
5.6	Metodologia da pesquisa 4: Impacto econômico da adoção de tecnologias ambientalmente corretas no custo de produção do leite e na rentabilidade de um sistema de produção em confinamento total	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
	REFERÊNCIAS	57

	APÊNDICE A - MEMORIAL DESCRITIVO	73
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	110
	ARTIGO 1 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR TIPO CANADENSE PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DESTINADA À ATIVIDADE LEITEIRA.....	110
1	INTRODUÇÃO	113
2	MATERIAL E MÉTODOS	115
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
4	CONCLUSÕES	131
	REFERÊNCIAS	132
	ARTIGO 2 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA PARA RECUPERAÇÃO DA AREIA DA CAMA DE <i>free stall</i> DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE	137
1	INTRODUÇÃO	140
2	MATERIAL E MÉTODOS	142
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	145
4	CONCLUSÕES	157
	REFERÊNCIAS	158
	ARTIGO 3 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA DO TELHADO DE GALPÕES DE <i>free stall</i>.....	161
1	INTRODUÇÃO	164
2	MATERIAL E MÉTODOS	166
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	169
4	CONCLUSÕES	180
	REFERÊNCIAS	181
	ARTIGO 4 - IMPACTO DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE CORRETAS NO CUSTO DE PRODUÇÃO DO LEITE E NA RENTABILIDADE DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO EM CONFINAMENTO TOTAL.....	185
1	INTRODUÇÃO	188
2	MATERIAL E MÉTODOS	190
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	192
4	CONCLUSÕES	209
	REFERÊNCIAS	210
	APÊNDICE A - ANÁLISES DE LABORATÓRIO	214

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é um importante componente do agronegócio do país, com estimativa de produção de 23,17 bilhões de litros de leite, no ano de 2016. Minas Gerais é o maior produtor nacional com 26,4% da produção (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2017). Paralelamente aos aspectos financeiros da atividade, com importante participação no PIB brasileiro, o agronegócio do leite desempenha, ainda, função social de extrema relevância para o país, pois muitos produtores têm o leite como a principal fonte de renda da propriedade, porque está presente em 80% das propriedades de pequeno porte do país (BERGAMASCHI; MACHADO; BARBOSA, 2010), o que contribui para a fixação de milhares de famílias no campo e a geração de milhões de empregos diretos e indiretos.

As questões ambientais como o desmatamento e a queima da vegetação natural, uso e ocupação do solo, poluição por dejetos e agrotóxicos, emissão de gases de efeito estufa (GEE), contaminação de águas e degradação do solo necessitam ser observadas e avaliadas por técnicos e produtores devido às exigências da legislação, especialmente as questões de tratamento de efluentes. O país possui 17 leis ambientais, das quais se podem destacar: Lei dos agrotóxicos (BRASIL, 1989); Lei da Área de Proteção Ambiental (BRASIL, 1981); Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998); Lei da Política Agrícola (BRASIL, 1991) e Lei de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). As leis brasileiras preveem até reclusão ao produtor, caso não sejam cumpridas.

A atividade leiteira nem sempre tem apresentado resultados positivos (ASSIS et al., 2017; LOPES et al., 2004), tornando inviável qualquer exigência que eleve os custos de produção, os quais podem piorar ainda mais a situação do produtor.

O custo de produção já é estudado há alguns anos. No entanto não houve a preocupação de averiguar o impacto e a representatividade das medidas de mitigação ambiental, na atividade leiteira, bem como sua viabilidade econômica. Nos estudos realizados, não foram considerados os custos ambientais e seus impactos no custo operacional efetivo, em razão da economia com a reutilização de areia em sistemas de *free stall*, captação da água de chuva e seu reaproveitamento, bem como o uso dos resíduos/efluentes como fertilizantes.

Também vale a pena destacar que não há, na literatura, estudos a respeito da estimativa do custo ambiental para a atividade leiteira.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Analisar a viabilidade econômica de tecnologias ambientalmente corretas na atividade leiteira e estimar seus impactos no custo de produção do leite.

2.2 Objetivos específicos

Especificamente, pretendeu-se, ainda:

- a) analisar a rentabilidade da atividade leiteira de um sistema de produção de leite localizado ao Sul de Minas Gerais;
- b) identificar os componentes que exercem maiores representatividades sobre os custos finais da atividade, bem como o impacto de cada um deles na receita;
- c) estimar o ponto de equilíbrio (kg de leite/ano) e o preço de equilíbrio do leite (R\$ /kg de leite/ano);
- d) analisar a viabilidade econômica da implantação de um biodigestor tipo canadense, para a geração de energia elétrica, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais;
- e) analisar a viabilidade econômica da implantação de infraestrutura para reaproveitamento da areia da cama de *free stall* de um sistema de produção de leite;
- f) analisar a viabilidade econômica da utilização da infraestrutura para captação de água de chuva do telhado de galpões de *free stall*.

3 JUSTIFICATIVA

Pode-se afirmar que a consciência sobre os problemas ambientais é muito recente, passando o mundo a se preocupar com os impactos gerados pelo mau uso dos recursos naturais, principalmente, nas últimas décadas do século XX, estes são, atualmente, temas importantes e recorrentes, nos mais diversos segmentos de opinião (PEREIRA; CURI, 2012). No setor agropecuário, a preservação ambiental, muitas vezes, é encarada como um empecilho para a produção, especialmente, quando o sistema de produção adotado é o extensivo. Isso porque, além da necessidade de áreas de reservas, que não poderão ser exploradas pela pecuária, o atendimento à legislação ambiental, muitas vezes, gera custos adicionais.

Assim, o estudo de implantação de tecnologias ambientalmente corretas e seus impactos no custo de produção justifica-se por auxiliar técnicos e pecuaristas, nas decisões de adotá-las, com o intuito de melhorar a rentabilidade da propriedade, ao mesmo tempo em que propicia a preservação do meio ambiente e atende a legislação vigente.

Tecnologias que minimizem os impactos ambientais serão capazes de contribuir, para minimizar problemas ambientais, assim como poderão contribuir com a redução do custo operacional efetivo do sistema de produção de leite, o que é um incentivo para a adoção dessas tecnologias no meio rural.

Em decorrência de pequena margem de contribuição que pode ocorrer com algumas tecnologias implantadas, obtida no custo de produção do leite, faz-se necessária a adequação de técnicos e produtores, no sentido de otimizar os recursos, para que possa tornar a atividade lucrativa e com sobrevivência em longo prazo. Na literatura científica, poucos são os pesquisadores que se preocupam em realizar estudos de viabilidade econômica, em sistemas de produção agropecuários. Por isso, com relação à viabilidade econômica de tecnologias ambientalmente corretas e seus impactos no custo de produção, não foi encontrado nenhum estudo relacionado ao tema. Contudo é de domínio público que a preservação ambiental se faz necessária, em todos os sistemas de produção, no cotidiano das pessoas e para a perpetuação das gerações futuras.

Diante disso, acredita-se que algumas tecnologias sejam viáveis não só para minimizar impactos ambientais na produção leiteira, mas que podem ser viáveis economicamente, o que contribuirá para diminuir os custos de produção e melhorar a rentabilidade do sistema de produção de leite nos locais onde elas forem empregadas.

Artigos científicos relacionados a custo ambiental são escassos na literatura. Somente um foi encontrado, durante as pesquisas bibliográficas realizadas, o qual teve o objetivo de verificar os custos ambientais do plantio direto e convencional de soja e milho (RODRIGUES, 2005).

Estudos de viabilidade econômica no meio rural não são comuns no Brasil. Raros resultados de pesquisa são encontrados, como os de viabilidade econômica de um modelo de produção de leite em *free stal* (ARRUDA; PACHECO; SOUTO, 2011; SILVEIRA et al., 2016); de confinamento de bovino de corte (BARBIERI; CARVALHO; SABBAG, 2016); de sistema de produção de bezerros desmamados (CANGUSSU et al., 2010); de identificação de bovinos, com diferentes métodos de identificação permitidos pelo SISBOV (LOPES; SANTOS, 2007); de implantação da rastreabilidade em sistema de produção de bovinos em Minas Gerais (LOPES; SANTOS; AMADO, 2008); de bovinos precoces submetidos a diferentes níveis de suplementos; de viabilidade econômico-financeira da implantação de uma indústria de ração bovina (RIBEIRO; BERTOLIN; ULIANA, 2011). No entanto nenhum deles se propôs a estudar a viabilidade econômica de tecnologias que minimizem o impacto ambiental.

Os biodigestores podem ser utilizados, para minimizar o impacto ambiental e, ainda, gerar energia elétrica pelo uso do biogás. Muitos estudos relacionados ao assunto podem ser encontrados na literatura como o de Calza et al. (2015), que avaliaram o custo de implantação de biodigestores e da energia elétrica produzida pelo biogás; Cervi, Esperancini e Bueno (2010) estudaram a viabilidade da produção de energia elétrica, a partir do biogás em granja de suínos; Souza, Silva e Bastos (2010) verificaram a viabilidade da produção de energia elétrica, a partir de biogás de dejetos da bovinocultura de leite; Dotto e Wolff (2012) verificaram a produção de biogás e a qualidade do biofertilizante utilizando esterco bovino de abatedouro; Salomon e Lora (2005) contabilizaram o potencial de geração de energia elétrica, a partir do biogás de diferentes fontes; Santos, Lucas Júnior e Silva (2007) verificaram o desempenho de um aquecedor para aves, adaptado para utilizar biogás como combustível. Estudos de viabilidade econômica foram realizados por Montoro, Santos e Lucas Júnior (2013) em sistema de confinamento de bovinos de corte; Zanin, Bagatini e Pessatto (2010), em granjas de suínos; Silva e Cirani (2016), com resíduos de empresas processadoras de mandioca no estado do Paraná. Todavia não foi encontrado nenhum trabalho que se propôs a avaliar a viabilidade econômica da implantação de biodigestor em sistema de produção de leite em confinamento.

Pesquisas relacionadas ao reaproveitamento de areia foram realizadas por Rowbotham e Ruegg (2016) que verificaram a taxa de incidência de mastite, em diferentes tipos de cama, entre elas, a areia reaproveitada; Allen et al. (2010) estudaram a presença de microorganismos; Rowbotham e Ruegg (2016) realizaram a contagem média de populações bacterianas. Nenhum deles, porém se propôs a estudar a viabilidade econômica do reaproveitamento de areia para sistemas de produção de leite em sistema de *free stall*.

Vários estudos relacionados à captação de água de chuva têm sido realizados, dentre eles, é possível citar a viabilidade econômica para captação e aproveitamento da água de chuva em indústria de embalagens plásticas (CARBONI; COAN; BACK, 2016); qualidade da água da chuva para o uso em caldeiras industriais (SANTOS; BARBOSA; RIBEIRO, 2016); utilização de técnicas voltadas para a captação e armazenamento de água de chuva (CAVALCANTI; BRITO; OLIVEIRA, 1996); a potencialidade do uso de uma fonte alternativa de água, para ajudar a suprir a demanda de consumo, em um dos bairros da cidade de Vitória da Conquista, BA (CINTRA et al., 2016); potencial de captação, filtragem, armazenamento e aproveitamento da água da chuva, para fins não potáveis e potáveis (GUIMARÃES et al., 2015; NASCIMENTO; FERNANDES; YOSHINO, 2016); uso de reaproveitamento de água em jardinagem (MATTOS et al., 2015); interferência da adoção de diferentes áreas de captação e tamanhos de reservatórios no atendimento das demandas para usos não potáveis da água, na cidade de Irati, PR (MINIKOWSKI; GONÇALVES, 2009); o aproveitamento da água de chuva em escola municipal em Santa Maria, RS (OURIQUES et al., 2005).

Estudos de captação de água de chuva para o uso animal são escassos. Raros resultados de pesquisa são encontrados, a exemplo de Palhares (2016) que propôs o estudo de captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal; Proença e Schmidt (2014) estudaram o dimensionamento de uma cisterna, para coleta de água da chuva para aviários; Silva et al. (2015) abordaram os principais aspectos da captação de água superficial das chuvas em propriedades rurais. Todavia não foi encontrado nenhum estudo, na literatura científica, que tenha avaliado a viabilidade econômica para a captação de água de chuva para a atividade leiteira.

Dessa forma, estudos de viabilidade econômica de tecnologias ambientalmente corretas ajudarão aos técnicos e pecuaristas a tomarem decisões para maximizarem a lucratividade e rentabilidade da produção e auxiliarão na tomada de decisão de quais as tecnologias devem ser implantadas e quais serão prioritárias no sistema de produção, o que justifica a presente pesquisa, pois há escassez de estudos sobre o assunto e a pesquisa irá

contribuir para indicar quais dessas tecnologias apresentam maior viabilidade econômica e maximizem a preservação ambiental.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Visando a uma melhor compreensão deste capítulo, optou-se por dividi-lo em tópicos: importância da pecuária leiteira e o consumo de leite; impactos ambientais gerados pela atividade leiteira; alternativas para minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade leiteira; viabilidade econômica de investimentos na bovinocultura leiteira; custo de produção da atividade leiteira; custo ambiental na agropecuária; receitas provenientes do biodigestor; receitas com biofertilizante; composição do custo de produção e sua importância na tomada de decisões.

4.1 Importância da pecuária leiteira para o Brasil e o consumo de leite

No ano de 2016, a produção de leite, no Brasil, foi de 23,17 bilhões de litros (IBGE, 2015a, 2015b). Esse produto está entre os seis mais importantes da agropecuária brasileira, ficando à frente de produtos tradicionais como o café beneficiado e o arroz (CARVALHO et al., 2002). O agronegócio do leite e seus derivados desempenham um papel relevante no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

O Brasil é o sexto produtor mundial de leite, com 1,3 milhão de produtores, e movimenta R\$ 64 bilhões/ano e emprega 4 milhões de pessoas (ZOOCAL, 2017). O comércio de leite fluido e derivados frescos tem pouca participação no mercado mundial, em razão da receptibilidade e dos custos de transporte mas tem aumentado, em virtude do leite longa vida e da ampliação do mercado de queijos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016). O leite fluido representa 35% do que é produzido no Brasil, visto que o mercado de leite UHT (*Ultra High Temperature* /leite longa vida) representa mais de 80% (SCOT CONSULTORIA, 2017). O restante da produção de leite, no Brasil, é destinado à produção de queijo (33%), leite em pó (26%) e outros (6%), como as bebidas lácteas e iogurtes (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

A região Sudeste responde por 36,7% da produção de leite do Brasil, a região Sul por 30% e a região Centro-Oeste por 14,7%. Já o Norte e Nordeste detêm apenas 6% e 12,5% da produção nacional, respectivamente (SIQUEIRA et al., 2010). Minas Gerais continua como o líder da produção de leite do país (IBGE, 2017).

Entretanto o sistema de produção de leite no país é bastante heterogêneo. Há produtores com alto grau de tecnificação e aqueles que ainda são bastante rudimentares. Apesar de o Brasil ser considerado um dos grandes produtores mundiais de leite, sua pecuária não pode ser considerada, de modo geral, como especializada, em decorrência da grande heterogeneidade de sistemas de produção cuja pecuária leiteira altamente tecnificada convive com a extrativista, com baixo nível tecnológico e baixa produtividade (BORGES; GUEDES; CASTRO, 2016). Estima-se que 2,3% das propriedades leiteiras são especializadas e atuam como empresa rural eficiente. Entretanto 90% dos produtores são considerados pequenos, com baixo volume de produção diária, baixa produtividade por animal e pouco uso de tecnologias (BOVINOCULTURA DE LEITE, 2010). De acordo com o IBGE (2014), a produtividade média do rebanho leiteiro, no Brasil (1.525 kg/vaca/ano), ainda está abaixo da produtividade média mundial (2.133 kg/vaca/ano). Se houver comparação com a União Europeia (5.579 litros/vaca/ano) e Estados Unidos (7.559 litros/vaca/ano), a situação se mostra ainda pior (NARDI JÚNIOR; SANTOS, 2013).

Se considerado o volume de lácteos transacionados entre os países, em 2008, o Brasil alcançou a sétima posição nesse *ranking*, com cerca de 2% das exportações, atrás de União Europeia (31%), Nova Zelândia (28%), Estados Unidos (10%), Austrália (9%), Argentina (4%) e Ucrânia (2%). Contudo as exportações brasileiras ainda são pequenas, se comparadas à sua produção, visto que o País exporta menos de 0,5% da sua produção (SIQUEIRA et al., 2010). Em 2017, o Brasil exportou 207.665.921kg de lácteos, a Argentina, Uruguai, Estados Unidos, China e Arábia Saudita foram os principais importadores (SCOT CONSULTORIA, 2017).

De acordo com o United States Department of Agriculture (USDA, 2010), em 2008, foram consumidos 165 milhões de toneladas de leite e derivados no mundo, o que representa uma média de consumo de 24,5 kg *per capita*. O consumo *per capita* brasileiro de laticínios, incluindo o leite, no ano de 2008, foi de 33,707kg (IBGE, 2010). Segundo as recomendações do Ministério da Saúde, o consumo de leite, na forma fluida ou de derivados lácteos, varia de acordo com a idade das pessoas. A recomendação para crianças de até dez anos é de 400 mL/dia de leite fluido ou equivalente, na forma de derivados. Para os jovens de 11 a 19 anos, o consumo é maior, de 700 mL/dia, e, para os adultos acima de 20 anos, a recomendação é de 600 mL/dia, inclusive, para os idosos (ZOCCAL, 2009).

4.2 Impactos ambientais gerados pela atividade leiteira

As atividades agropecuárias são potenciais geradoras de impacto ambiental, e a bovinocultura leiteira não é diferente. São vários os impactos ambientais que ela pode ocasionar, dentre os quais se podem destacar: desmatamento e queima da vegetação natural (ALMEIDA et al., 2010; LEITE; RIBEIRO; HENRIQUES, 2011; SANTANA et al., 2012), uso e ocupação do solo, poluição por dejetos e agrotóxicos (LEITE; RIBEIRO; HENRIQUES, 2011; SANTANA et al., 2012), emissão de gases de efeito estufa (gee) (FASIABEN et al., 2011), contaminação de águas e degradação do solo (LEITE; RIBEIRO; HENRIQUES, 2011; SANTANA et al., 2012); excesso de fertilização por nitrogênio e fósforo e emissão de amônia proveniente dos excrementos animais (CLARO; MAFRA; CLARO, 2001).

McGrath (1987) definiu o desmatamento e a queima da vegetação como uma estratégia de manejo de recursos, em que os campos são tratados de forma a explorar o capital energético e nutritivo do complexo natural solo-vegetação da floresta, muitas vezes, constituindo a única fonte de nutrientes para as lavouras.

Dentre as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos, encontram-se os resíduos das atividades industriais e agrícolas. Em áreas onde a pecuária está presente, existe uma maior ou menor contaminação que está na dependência de uma série de fatores, envolvendo discernimento do criador, aplicação de recursos, tamanho da propriedade, assistência de órgãos responsáveis, além de condições ambientais propícias, especialmente quando se trata da criação de animais confinados (ASSIS; MURTORI, 2007).

Silva, Moreira e Peres (2012) chamaram a atenção para o uso de carrapaticidas e outros produtos de controle de ectoparasitas, que são formulados à base de princípios ativos considerados agrotóxicos (ou pesticidas, tal qual registrado no conceito de produtos de uso veterinário descrito pela legislação), agentes químicos reconhecidamente prejudiciais para a saúde humana e para o ambiente.

Claro, Mafra e Claro (2001) afirmaram que, na Holanda, 50% da amônia emitida pelo setor agrícola são de responsabilidade da bovinocultura. Preocupados com a situação ambiental, foram criadas leis que regulamentam e limitam o uso de fósforos e nitrogênio. Além disso, a fiscalização ocorre desde 1984, para os fósforos e, desde 1995, para os nitrogenados.

4.3 Alternativas para minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade leiteira

Muitas discussões e pesquisas a respeito da necessidade de minimizar os impactos ambientais na atividade leiteira têm surgido nos últimos anos. Apesar de o intuito de mitigar os efeitos e apontarem medidas de sucesso, na prática, ainda há muita resistência à adoção de tecnologias, pois a principal alegação existente são os investimentos necessários em ações que não geram nenhum retorno financeiro ao sistema de produção.

4.3.1 Utilização de biodigestor como alternativa para tratamento de dejetos

Os biodigestores são câmaras fechadas, nas quais são adicionados substratos orgânicos a serem decompostos em biogás e fertilizante (REIS, 2012). De acordo com Dhanalakshmi e Ramanujam (2012), a biodigestão anaeróbia se traduz em uma tecnologia eficiente, uma vez que permite a obtenção do biogás e do biofertilizante cuja disponibilidade, além de contribuir para amortizar o custo de instalação da tecnologia, soluciona o problema de saneamento da disposição desses resíduos no meio ambiente.

Os biodigestores são apontados como alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos, por meio da sua estabilização pela ação de microrganismos anaeróbios, que constituem um sistema ecológico delicadamente balanceado, em que cada microrganismo tem uma função essencial. Além do biogás e do biofertilizante produzido, redução potencial da poluição, ausência de mau cheiro, moscas e parasitas são benefícios proporcionados pelos biodigestores (FRIGO et al., 2015). Algumas vantagens são o baixo custo operacional e de implantação; a sua simplicidade de operação, manutenção e controle; a eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes; baixos requisitos de área podem-se aplicar, em pequena escala, com pouca dependência da existência de grandes interceptores; apresenta uma elevada vida útil e a possibilidade de recuperação de subprodutos úteis como o biofertilizante e o biogás (SAMILAK et al., 2010).

A classificação dos biodigestores ocorre, em virtude do tipo de abastecimento que pode ser intermitente, constante ou semiconstante (GASPAR, 2003) e, também, pela finalidade como biodigestor sanitário ou biodigestor agrícola (BALMANT, 2009). Os modelos de biodigestores mais conhecidos são o indiano, o chinês, canadense e por batelada.

O biodigestor indiano é caracterizado por possuir pressão de operação constante, ou seja, o gás produzido não é consumido de imediato e faz com que o gasômetro tenda a se deslocar verticalmente, aumentando o seu volume, mas mantendo a pressão no interior

(DEGANUTTI et al., 2002). Apesar de apresentar facilidade na construção, alguns fatores podem encarecer o custo final, como transporte, quando a propriedade é distante e há necessidade de um gasômetro de metal.

O biodigestor modelo chinês é rústico e completamente construído em alvenaria, ficando quase que totalmente enterrado no solo. Seu funcionamento, normalmente, é com alta pressão, mas conta com uma câmara de regulagem, que permite trabalhar com baixa pressão também (PERMINIO, 2013). Por esse modelo ser constituído quase todo em alvenaria, é dispensado o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo, assim, os custos. Porém requer um trabalho de pedreiro capacitado, pois os tijolos usados na construção da câmara, em que a biomassa é digerida, precisam ser assentados sem o escoramento (GASPAR, 2003). Utiliza-se uma técnica que emprega o próprio peso do tijolo, para mantê-lo na posição necessária até que a argamassa cure. As paredes externas e internas precisam receber uma boa camada de impermeabilizante, como forma de impedir infiltrações de água (proveniente da água absorvida pelo solo, durante as chuvas ou de algum lençol freático próximo) e trincas ou rachaduras (PERMINIO, 2013). Para o bom funcionamento do biodigestor indiano e chinês, é necessário que o resíduo apresente concentração de sólidos totais máxima de 8%, por necessidade de circulação do resíduo, no interior da câmara de fermentação, evitando, assim, entupimentos (TARRENTO; MARTINES, 2006).

O biodigestor canadense, também conhecido como tubular, é do tipo horizontal, com caixa de carga de alvenaria e largura maior que a profundidade, o que resulta em grande exposição solar e evita entupimentos (CASTANHO; ARRUDA, 2008). Esse tipo de biodigestor possui uma câmara de fermentação subterrânea revestida com lona plástica e uma manta superior, para reter o biogás e uma caixa de saída, para a liberação do efluente. Existe também um registro para a saída do biogás e um queimador (PEREIRA; DEMARCHI; BUDIÑO, 2009). Esse tipo de biodigestor é o mais difundido no Brasil, por apresentar a vantagem de poder ser usado tanto em pequenas quanto em grandes propriedades e, também, em projetos agroindustriais (OLIVER et al., 2008).

Os biodigestores tipo batelada são considerados de construção mais simples que os outros modelos, são alimentados com efluentes de uma única vez e podem ser recomendados para resíduos que contenham palha e areia (XAVIER; SANTOS; LUCAS JÚNIOR, 2016).

4.3.2 Reaproveitamento da areia de camas em *free stall* e benefícios ao meio ambiente

A areia é um dos materiais muito utilizados em cama de *free stall*. Vários autores consideram que o seu uso se deve ao fato de ela ser um material inorgânico. Apresenta condições razoáveis de higiene e saúde aos animais (COOK et al., 2003; ESPEJO; ENDRES; SALFER, 2006; NORRING et al., 2008).

No entanto ela apresenta custos ao sistema de produção e, quando se analisam as questões ambientais, a atividade denominada extração de areia, em cursos d'água, apresenta forte perfil impactante, foram identificados 35 impactos ambientais negativos (LELLES et al., 2005). De acordo com Tobias et al. (2010), são 10 os impactos ambientais negativos.

Ako et al. (2014), ainda, mencionaram a destruição da paisagem, o colapso das margens dos rios, o desmatamento e a poluição da água como os efeitos ambientais que resultam da extração da areia. Além da extração, há necessidade de considerar os impactos ambientais gerados pelo transporte, armazenamento e até descarte desse material. Para Brondino, Silva e Brondino (2014), grandes descartes de areia auxiliam no processo de desertificação, o que atinge diretamente populações que dependem do plantio e áreas de preservação.

Todos esses impactos são indesejáveis, e medidas que possam minimizá-los são valiosas. Assim, a separação e o reaproveitamento da areia podem ser alternativa viável, para os sistemas de produção leiteira, que desejam produzir leite com qualidade. Ako et al. (2014) coletaram amostras de solo, e o resultado da análise química mostra que as concentrações médias de chumbo, arsênio, cobre, níquel, cádmio, mercúrio, prata e zircônio foram 47,8; 4,17; 50,9; 32,7; 2,48; 0,1; 0,8; e 496,1ppm, respectivamente, demonstrando concentrações mais elevadas do que as concentrações médias-padrão desses elementos. Esse fato, segundo os autores, pode resultar em efeitos muito negativos sobre as plantas e animais e causar doenças e danos aos rins, irritação pulmonar, anomalia cardíaca e morte em plantas e animais.

Possibilidades para o reaproveitamento de areia são propostas por vários autores no setor de fundição (ADEGAS, 2007; AKO et al., 2014; BRONDINO; SILVA; BRONDINO, 2014). Contudo estudos científicos com proposta para reaproveitamento de areia em cama de *free stall* são escassos.

O reaproveitamento da areia da cama de *free stall* é um processo que pode ajudar a minimizar os impactos ambientais da atividade leiteira. Com a diminuição do volume de areia adquirido, para reposição das camas, todos os impactos ligados à extração e ao processo até que ela chegue à propriedade deixam de existir e, como não haverá descarte, essa também

deixará de gerar impacto ambiental; por ser uma atividade mineradora, é potencialmente degradadora do meio ambiente (COSTA; REZENDE, 2012).

Mas, para que esse processo ocorra com eficiência, é necessário que a separação da areia seja eficiente. Harner e Murphy (2001) afirmam que a areia pode ser separada com sucesso do esterco e efluentes, utilizando sistemas de raspagem, gravidade ou sistema de *flushing*. Quando a opção é por processo de raspagem, é necessária a utilização de um separador mecânico.

Buli et al. (2010) afirmaram que sistemas de separação de areia podem ser amplamente classificados em mecânico e não mecânico. Os separadores não mecânicos usam o processo de sedimentação, e a areia é separada do esterco. É uma captura de areia. Consiste em uma separação que é usada, exclusivamente, com sistemas de *flushing*. A separação de areia é realizada pelo retardamento da velocidade da água do *flushing*, em torno de 1,1km/h, durante um tempo de retenção de um minuto, permitindo, desse modo, que os grãos de areia possam decantar. Foi sugerido que a eficácia desse sistema esteja limitada pela forma como é administrada, pois, como a areia acumula, a eficiência da separação é reduzida. Gooch e Wedel (2010) e Holmes (2010) afirmaram que, para o bom funcionamento desse sistema, os tanques de separação de sólidos, onde a areia é decantada, deve ser esvaziado em intervalos regulares. No entanto a quantidade de areia capturada depende do tipo utilizada. Areia com grandes quantidades de partículas finas não é recomendada, uma vez que as partículas finas tendem a permanecer em suspensão com o esterco, não se obtendo o resultado esperado. A areia recuperada, a partir desse método, contém material orgânico e, geralmente, não é adequado para reutilização.

Separadores mecânicos, com a função de separar a areia do esterco, podem realizar o processo, a partir de esterco raspado ou lavado. Esse tipo de equipamento é diferente dos separadores de adubos mecânicos, em que se separa a areia que será reciclada, a partir de esterco e água, enquanto separadores de adubo separam sólidos e um pouco de areia, que não é reciclável a partir de água (BULI et al., 2010).

No processo de separação, a areia é retirada com 10 a 12% de umidade e com matéria orgânica inferior a 2% e pode ser reutilizada. Tal como acontece com separadores não mecânicos, é preferível a areia com uma quantidade mínima de partículas finas. A eficiência de recuperação de 90%, ou superior, é atingível, quando um separador mecânico é usado em conjunto com a gradação de areia adequada, que também é ótima para as vacas pelo conforto que oferece (GOOCH; WEDEL, 2010; HOLMES, 2010).

A limpeza das instalações com o sistema de *flushing* é uma opção a considerar, para novas instalações, ou locais que aderirem ao sistema de reaproveitamento da areia (BULI et al., 2010). Volumes de água de *flushing* precisam ser adequados para garantir a remoção adequada de esterco do corredor. Os volumes de água necessários são determinados por três variáveis: comprimento, largura e inclinação da pista, bem como o tamanho dos grãos de areia que devem ser limpos. Gooch e Wedel (2010) e Holmes (2010) afirmaram que a remoção completa do esterco é essencial, para limpar o local, mas a areia residual deixada no corredor é aceitável, uma vez que aumenta a aderência. A limpeza deve ser feita, durante a ordenha, quando as instalações estiverem vazias.

Os pisos das instalações devem ser inclinados, e a água deve ter um ritmo rápido para remover a areia e o esterco dos corredores. Quanto mais íngreme o corredor menos água é necessário; pisos com declive de 2,5-4% é indicado, 3% é ótimo. A água pode ser bombeada de um segundo ou terceiro estágio de armazenamento em alta taxa (superior a 5,45 km/h) diretamente para o corredor. O tanque de descarga é esvaziado por gravidade à alta taxa (superior a 5,45 km/h) para o corredor. O *flushing* requer uma grande quantidade de água e é propenso a congelamento nos corredores em locais cuja temperatura atinge níveis muito baixos. A água reciclada e a armazenagem de esterco podem causar problemas de odor no *free stall* e na comunidade (HOLMES, 2010).

4.3.3 Captação da água da chuva e os benefícios ao meio ambiente

Com as mudanças climáticas e a possibilidade de escassez de água, a preocupação com esse recurso natural essencial à vida ganhou muita inquietação dos governantes e da população. Nesse contexto, foi criada a política nacional de recursos hídricos, a qual prevê que a água é um bem de domínio público, é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, instituiu a política nacional de recursos hídricos, diretrizes gerais de utilização, compartilhamento e a cobrança pelo uso da água. Esta última, cobrança de uso da água, inclusive no meio rural, cria uma demanda de técnicos e pecuaristas em busca de alternativas, para reduzir o seu consumo, utilizá-la racionalmente e priorizar formas sustentáveis (DORIGON; TESSARO, 2010).

Diante da necessidade de preservação de um bem essencial e com risco de escassez, alternativas para preservá-la e para uso eficiente têm sido propostas nas últimas décadas. Dentre elas, a possibilidade de reuso da água, ou uso de águas residuárias e a captação de

água de chuva. Essas técnicas reduzem a demanda de captação de água dos mananciais (BRASIL, 2005). Alguns municípios do estado de São Paulo, também, possuem leis específicas que obrigam a captação de água de chuva (ARARAQUARA, 2015; BAURU, 2011; SÃO CARLOS, 2016; SÃO PAULO, 2007). Vale salientar que antigas civilizações do mundo realizavam a captação da água de chuva.

Com a implantação da política nacional de recursos hídricos, as expectativas de reforçar essas técnicas, em propriedades rurais, ganham maior visibilidade e possibilidades de aplicação, porque a cobrança sujeita à outorga pelo uso de recursos hídricos se faz pela captação da água, consumo e lançamento de efluentes (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS, 2009). Assim, propriedades que aderirem à captação de água de chuva farão economia, nas duas primeiras etapas do processo, o que pode viabilizar a implantação desses projetos no meio rural. Para Martins (2011), a substituição de fontes de abastecimento é a melhor indicação, em virtude da restrição de água potável, que deve ser reservada para fins nobres, enquanto águas de chuva e reúso para fins não nobres. Esse autor chama atenção, ainda, para o fato de contribuir para a conservação da água potável e evitar enchentes, em cidades de grande porte, por área de pouca permeabilidade.

Silva, Moreira e Peres (2012) afirmaram que a agricultura é uma das grandes consumidoras de água. Fernandes, Medeiros Neto e Mattos (2007) destacaram a água como componente essencial para a produção animal; e que sistemas de produção de leite intensivos demandam elevada quantidade de água por dia, podendo chegar a 620 litros/vaca/dia.

Com isso, estudos sobre captação de água de chuva e seu emprego, no meio agropecuário, pode ser uma alternativa de grande importância, para a preservação dos recursos hídricos, impedindo que, no futuro, esse bem tão valioso seja extinto, que as atividades no meio rural fiquem comprometidas e, conseqüentemente, o consumo de alimentos por seres humanos (SILVA; MOREIRA; PERES, 2012).

A captação de água de chuva é uma alternativa que pode ser adotada com o objetivo de minimizar os custos com água e, também, os impactos ao meio ambiente (FERNANDES; MEDEIROS NETO; MATTOS, 2007). Ela não exige somente estrutura, para coletar e armazenar a água, mas há necessidade de cuidados no processo para que não ocorra a sua contaminação. Palhares e Guidoni (2012) alertaram que diversos fatores interferem na qualidade da água de chuva captada, entre os quais, citam as impurezas depositadas na superfície do telhado, as calhas que conduzem água para a cisterna, o contato humano e o tipo de tratamento antes do uso. Em estudo de caso, em uma propriedade no município de Concórdia, SC, esses pesquisadores concluíram que a água armazenada em cisterna

apresentou qualidade satisfatória para uso na dessedentação dos animais e produção. Em algumas amostras, ocorreu a presença de *E. coli*, atribuída a falhas no manejo da cisterna.

Silveira et al. (2016) verificaram que a turvação e a condutividade elétrica das águas de chuva sofrem um decaimento a partir do início da precipitação. Também se observou um aumento da condutividade e da turvação da água de chuva após a passagem pelas coberturas estudadas.

4.4 Viabilidade econômica de investimentos na bovinocultura leiteira

A necessidade de buscar respostas, para se implantar projetos com maior segurança financeira, apontou para o estudo de indicadores de investimentos e projetos de viabilidade econômica. Esses indicadores auxiliarão o investidor na tomada de decisão sobre em qual atividade investir, o quanto investir e quanto tempo levará para a recuperação do capital investido. Os estudos podem não ser totalmente precisos, nem se espera isso, mas possuem uma boa capacidade de indicar o caminho mais lucrativo para o investidor. Assim, uma breve revisão sobre viabilidade econômica de investimentos na bovinocultura leiteira foi realizada.

Na definição de um empreendimento agrícola, é importante que se faça um planejamento para se obter sucesso. Para isso, deve-se considerar uma gama de fatores, ao escolher o quê, como, onde e para quem produzir e, ainda, de forma específica para cada talhão de sua propriedade (NACHILUK; OLIVEIRA, 2012). O planejamento deve ser iniciado, antes da implantação do investimento, pois assim se terá estimativa dos valores a serem empregados na atividade ou mesmo na nova tecnologia.

A atividade leiteira, assim como toda atividade empresarial, demanda estudos e análise dos investimentos a serem realizados. Esse estudo ajuda na tomada de decisões, optando por investimentos que sejam mais rentáveis, ou que permitam escolher qual a alternativa para a produção irá potencializar a economia no sistema de produção.

Neste tópico, pretende-se relatar os achados bibliográficos referentes à Viabilidade econômica de projetos na bovinocultura leiteira que minimizam os impactos ambientais.

4.4.1 Viabilidade econômica da implantação de biodigestor para a geração de energia elétrica em propriedade leiteira

Dotto e Wolff (2012) recomendaram que, para a implantação de projetos e programas de aproveitamento do biogás, até mesmo em pequena escala, é preciso levar em conta as

condições socioculturais, políticas, econômicas, ecológicas e, também, a tecnologia apropriada, principalmente, para áreas rurais. Antes de construir uma instalação de biogás, deve-se analisar o custo-benefício do ponto de vista do beneficiário, da região e do Estado. Julgando a rentabilidade de instalações de biogás, os objetivos de cada escolha são de importância decisiva (IWAND et al., 2006). Para Oliveira, Silva e Pereira (2012), além dos aspectos ambientais, os processos adotados para o tratamento dos dejetos devem proporcionar agregação de valor ao resíduo final, para torná-lo autossustentável economicamente pela valorização agronômica do resíduo como fertilizante orgânico ou pela geração de energia. Fonseca (2012) reforçou que há necessidade da elaboração adequada e avaliação de um projeto antes de se realizar um novo investimento econômico. Se há estes cuidados, antes da implantação do sistema, haverá uma grande possibilidade de se conseguir atingir êxito na maioria dos indicadores de viabilidade econômica da propriedade.

4.4.2 Reaproveitamento da areia da cama de *free stall*

A cama de *free stall* deve ser confortável o suficiente para garantir um descanso e bem-estar adequado aos animais (BOONE; KOX, 2012; MITEV et al., 2012). Dentre os materiais mais utilizados, podem-se citar a areia, aparas de madeira, palha, betão (BOONE; KOX, 2012). O fator temperatura é de extrema importância, especialmente, em climas quentes e úmidos. Monitorar o uso da cama é uma tarefa difícil por causa do tempo e equipamentos necessários (BOONE, 2009).

Não há muitas informações a respeito do reaproveitamento da areia da cama de *free stall*, mas na Austrália e Estados Unidos já se realiza o reaproveitamento da areia. No entanto, de acordo com Eerdenburg (2010), não é economicamente viável reciclar e reutilizar areia nos Países Baixos, porque, nesse momento, é mais caro reciclar do que adquirir. Além disso, a reutilização da areia é complicada, e os principais riscos são infecções de *E. coli*, que causam casos graves de mastite clínica, pois, no processo de separação da areia, leva-se a areia mais grossa, assim, as partículas maiores são recuperadas com facilidade, enquanto as partículas pequenas e parte do esterco ficam na areia (BULI et al., 2010).

Embora seja possível separar a areia de esterco, a reutilização da areia pode depender do contexto do país, por exemplo, na Holanda, não é economicamente viável a reutilização da areia, pois o seu preço é mais barato do que os custos de separação. Além disso, a areia reciclada pode suportar bactérias patogênicas, especialmente, *E. coli*, que é um dos principais ajustes da mastite clínica (EERDENBURG, 2010).

Pesquisas relacionadas ao reaproveitamento de areia foram realizadas por Rowbotham e Ruegg (2016) que verificaram ser a taxa de incidência de mastite, em diferentes tipos de cama, entre elas, a areia reaproveitada; Allen et al. (2010) estudaram a presença de micro-organismos; Rowbotham e Ruegg (2016) realizaram a contagem média de populações bacterianas. Nenhum deles, porém, propôs-se a estudar a viabilidade econômica do reaproveitamento de areia para sistema de produção de leite em sistema de *free stall*.

4.5 Custo de produção da atividade leiteira

Reis (2007) define custo de produção como a soma dos valores de todos os recursos (insumos e serviços) utilizados, no processo produtivo de uma atividade agrícola, em determinado período de tempo e que podem ser classificados em curto e longo prazo. Também os custos de produção podem ser divididos em dois tipos, os custos fixos e os custos variáveis.

Ribeiro (1998) define que os custos ambientais são representados pelo somatório de todos os custos dos recursos utilizados pelas atividades desenvolvidas com o propósito de controle, preservação e recuperação nesse setor.

O estudo do custo de produção é um dos assuntos mais importantes da microeconomia, pois fornece ao empresário um indicativo, para a escolha das linhas de produção a serem adotadas e seguidas, permitindo à empresa dispor e combinar os recursos utilizados na produção, visando apurar melhores resultados econômicos (REIS, 1999). Para Berg e Katsman (1998), a preocupação com os custos de produção e a avaliação financeira da atividade leiteira devem ser constantes no sistema de produção de leite.

A determinação correta do custo de produção da atividade leiteira é complexa, em razão de algumas características da atividade, tais como produção conjunta de leite e carne, elevada participação da mão de obra familiar e produção contínua, dentre outras (GOMES; ALVES, 1999). Apesar dos muitos problemas, no processo de apuração de dados e da subjetividade dos rateios das despesas gerais da atividade leiteira, a determinação do custo de produção é uma prática necessária e indispensável e já tem sido realizada, em algumas propriedades, inclusive, com softwares adaptáveis aos diferentes sistemas de produção (LOPES; CARVALHO, 2000).

4.5.1 Importância de se conhecer o custo de produção do leite

Os produtores da atividade leiteira não conseguem propor o valor de mercado que será pago pelo seu produto, o qual tem sido determinado pela indústria. O produtor, muitas vezes, por diferentes fatores como transporte, localidade, competitividade, não possui nem a opção de escolher para qual indústria venderá o seu produto. Assim, é importante conhecer o custo de produção e seus componentes, cuja determinação é prática necessária e indispensável ao bom administrador, constitui em valioso instrumento para as decisões administrativas (LOPES; CARVALHO, 2002).

A necessidade de analisar economicamente a atividade leiteira é importante, pois, por meio dela, o produtor passa a conhecer e a utilizar de maneira inteligente e econômica os fatores de produção (terra, trabalho e capital). A partir daí, localiza os pontos de estrangulamento, para depois concentrar esforços gerenciais e ou tecnológicos, a fim de obter sucesso na sua atividade e atingir os seus objetivos de maximização de lucros ou minimização de custos (LOPES; CARVALHO, 2000).

Ponto muito importante no custo de produção do leite é a ineficiência. Dados de custo têm sido utilizados para quantificar ineficiências econômicas (BRAVO-URETA; RIEGER, 1991; GOMES; ALVES, 1999; KUMBHAKAR; BISWASAND; BAILEY, 1989; TUPY et al., 2003; TUPY; YAMAGUCHI, 2002). Gomes e Alves (1999) salientam que é de fundamental importância que o produtor de leite consiga reduzir ao máximo suas ineficiências. Uma boa forma de identificar, se a atividade exercida é eficiente ou não, é compará-la com a de outros produtores semelhantes. Com isso, tendo como referência os produtores mais eficientes, pode-se tentar eliminar as ineficiências. De acordo com os resultados alcançados por esses pesquisadores, comparando-se a eficiência de produtores de leite, poderia ser obtida redução de 43%, no custo operacional total de produtores ineficientes, produzindo-se a mesma quantidade de leite.

Para Tupy et al. (2003), uma vez quantificada a ineficiência, seus fatores determinantes poderão ser identificados e muitos prejuízos evitados. Por outro lado, a identificação dos fatores determinantes de níveis elevados de eficiência poderá, também, ser extremamente valiosa para os trabalhos de extensão, pesquisa e assistência técnica, podendo os produtores de leite de elevada eficiência econômica tornarem-se referência ou *benchmarks* para os demais. Esses mesmos pesquisadores salientam que, para instituições que desenvolvem pesquisas aplicadas à produção de leite, a avaliação da eficiência econômica poderá ser útil, para a realização de trabalhos científicos que efetivamente contribuam para o

desenvolvimento de novas tecnologias, que propiciem o aumento da produtividade e o reconhecimento do *gap* entre o potencial de produção de uma tecnologia e o nível de produção obtido.

Várias pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de avaliar a influência de diferentes fatores sobre o custo de produção. Dentre elas, destacam-se as conduzidas por Lopes et al. (2006), que avaliaram o efeito da escala de produção, nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite; Lopes et al. (2007b), que estudaram o efeito da escala de produção na rentabilidade da terminação de bovinos de corte em confinamento; Lopes et al. (2007a) verificaram o efeito do tipo de mão de obra nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite; Lopes et al. (2005b) analisaram o efeito do sistema de criação nos resultados econômicos de sistema de produção de leite; Lopes et al. (2005a) estudaram a viabilidade econômica da castração; Lopes, Santos e Amado (2008) verificaram a viabilidade econômica da adoção e implantação da rastreabilidade, em sistemas de produção de bovinos no estado de Minas Gerais e Lopes e Santos (2007) estimaram os custos da implantação da rastreabilidade em bovinos, utilizando diferentes métodos de identificação permitidos pelo SISBOV; Arruda, Pacheco e Souto (2011) verificaram a viabilidade econômica de uma fazenda comercial de bovinos; Blanco et al. (2017) realizaram avaliação econômica e eficácia do tratamento estratégico-seletivo de parasitas gastrintestinais em bezerros leiteiros; Assis et al. (2017) estimaram os custos de produção da atividade leiteira. No entanto estudos relacionados ao custo ambiental da atividade leiteira e sua representatividade não foram encontrados na literatura.

4.5.2 Composição do custo operacional total

Estudos do custo de produção leiteira são fundamentais para a tomada de decisões. A metodologia do custo operacional foi proposta por Matsunaga et al. (1976). Ela considera o custo operacional efetivo, a depreciação e mão de obra familiar. São considerados como custo operacional efetivo aqueles que têm efetivo desembolso. Dentre eles, podem-se destacar a alimentação, mão de obra, despesas diversas, energia elétrica, sanidade, inseminação artificial, ordenha e alguns impostos como ITR e IPVA (LOPES et al., 2007a, 2007b). A depreciação é uma reserva de capital que deve ser guardada pelo proprietário para que, ao final da vida útil de benfeitorias, máquinas e equipamentos, seja possível a reposição dos bens, ao qual se destinou a reserva, garantindo o sucesso da atividade sem descapitalização (HOFFMANN et al., 1981).

A representatividade de cada item, no custo de produção, é uma alternativa para produtores que ainda não realizam o custo de produção, mas que desejam ter uma ideia da sua situação momentânea. Assim, vários estudos verificaram que o item do custo operacional efetivo de maior representatividade foi alimentação (ALMEIDA; LOPES; PINATTO, 2002; ASSIS et al., 2017; BERG; KATSMAN, 1998; LOPES et al., 2002, 2004, 2015; LOPES; CARVALHO, 2000; LOPES; SANTOS, 2013), seguido de mão de obra (ASSIS et al., 2017; LOPES et al., 2002, 2004, 2015; LOPES; CARVALHO, 2000; LOPES; SANTOS, 2013); despesas diversas (LOPES et al., 2002, 2004, 2015; LOPES; CARVALHO, 2000; LOPES; SANTOS, 2013); energia (LOPES et al., 2004, 2012); sanidade; ordenha; impostos considerados fixos (ITR e IPVA) e inseminação artificial (LOPES et al., 2004).

A energia e despesas diversas serão os itens que receberão destaque nesta pesquisa, pois dentro das tecnologias que foram implantadas na fazenda está o biodigestor, para a geração de energia elétrica, a partir do biogás, e a recuperação de areia e captação de água de chuva, que são tecnologias que podem reduzir os custos com aquisição de areia e água, componentes do item despesas diversas.

4.5.2.1 Energia elétrica na atividade leiteira como componente do custo operacional efetivo

O gestor do sistema de produção deve conhecer os custos de produção de cada produto, seja do litro de leite, de uma novilha ao parto ou, ainda, do quilo de forragem, na intenção de localizar os pontos de estrangulamento e tomar as decisões para maximizar os lucros (SANTOS; LOPES, 2014).

A energia elétrica é essencial para a atividade agropecuária. Diminuir o seu consumo, sem encontrar uma fonte de igual eficácia que possa substituí-la é difícil, pois, se não há desperdício, qualquer decisão, nesse sentido, pode acarretar diminuição na produção e, conseqüentemente, menor lucratividade à atividade. Trabalhos de custo de produção têm este item como o quarto de maior representatividade no COE (CARVALHO; RAMOS; LOPES, 2009; LOPES et al., 2009, 2011; MOURA et al., 2010; TEIXEIRA JÚNIOR et al., 2016; TEIXEIRA JÚNIOR; LOPES; RUAS, 2015). A alimentação animal é um dos temas mais debatidos, pois é o item de maior representatividade. A mão de obra aparece como o segundo de maior representatividade, seguidos de despesas diversas ou algum outro item que fuja à regra.

Em razão do aumento da demanda de energia elétrica e de uma malha energética composta basicamente de usinas hidroelétricas, outros métodos de geração de energia alternativos são necessários (GASTALDI; SOUZA; MESQUITA, 2004). Fontes alternativas de energia elétrica são bem-vindas ao sistema de produção, desde que apresentem sustentabilidade e não onerem o sistema. Para Gastaldi, Souza e Mesquita (2004), usar métodos de energia renováveis, que são energias “infinitas” (como o vento, a luz do sol e os biodigestores, por exemplo), tornaram-se excelentes alternativas.

Os biodigestores atendem aos requisitos ambientais de tratamento de efluentes e podem gerar energia elétrica com viabilidade econômica (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010; SILVA; CIRANI, 2016; ZANIN; BAGATINI; PESSATTO, 2010). Uma vez que se implante o biodigestor e um grupo gerador na propriedade, haverá energia elétrica que será utilizada na produção, reduzindo, então, os gastos, o que poderá resultar em menor custo operacional efetivo, tornando a atividade mais competitiva e com mais possibilidades de bons resultados financeiros.

Estudos de análise econômica, para a geração de energia, têm sido objeto de vários autores, como de Holanda e Ramos (2011) que estudaram a viabilidade econômica da produção de microalgas para a geração de eletricidade; Lima e Miranda (2014), Martins e Oliveira (2011) e Westrup et al. (2015), o uso do biogás em granjas de suínos; Nascimento et al. (2017) avaliaram o potencial de geração de energia e a viabilidade econômica e ambiental da adoção de um biodigestor em ambiente hospitalar; Bispo et al. (2016) tiveram enfoque em energia maremotriz. Todos esses estudos têm como principal objetivo reduzir o COE com a geração de energia elétrica ou propor fontes renováveis de energia elétrica com enfoque em sustentabilidade.

4.5.2.2 Aquisição de areia para cama de *free stall*

Os sistemas de produção em *free stall* necessitam de materiais adequados para cama, dentre os quais, podem-se destacar a terra, areia, cepilho, capim seco, palha de café, esterco seco ou desidratado (CECCHIN, 2012); mas, recentemente, podem-se citar pesquisas com o uso de colchão de borracha (CECCHIN et al., 2014), com preferência dos animais por cama de areia em relação a camas de borracha, pois ela proporcionou maior conforto às vacas.

A tendência, nos sistemas americanos e europeus de produção em *free stall*, é a utilização de grande quantidade de areia; as camas possuem em torno de 15-20 cm de altura (SCHOONMAKER, 2003). No entanto estudos em busca de materiais alternativos para

camas têm surgido, como a pesquisa de Noring et al. (2010). A vantagem de camas com grande quantidade de areia é que as vacas vão arrastar a cama superficial com fezes e outros resíduos para fora da baia, onde uma parte diária é perdida. Isso requer o preenchimento de areia nova a cada 12-14 dias e reposição de areia neste intervalo para manter o meio-fio saliente (SCHOONMAKER, 2003). Isso pode resultar em toneladas de areia por ano, dependendo do tamanho do *free stall*.

Os custos com a areia ainda incluem o transporte, mão de obra de reposição, além do custo ambiental. Se o sistema de produção não realiza nenhum aproveitamento da areia, a sua reposição será constante e, com isso, os custos se elevam.

4.5.2.3 Aquisição de água na atividade leiteira

A água é essencial nos processos produtivos. A preocupação com o consumo e preservação é cada vez maior, pois a cada dia está mais onerosa e complicada a sua obtenção. Com o problema da carência hídrica no planeta, tornou-se fundamental reduzir o seu consumo, utilizá-la racionalmente e priorizar formas sustentáveis. É de suma importância gerenciar os recursos hídricos, para que eles atendam as demandas, sem causar danos à saúde ambiental (DORIGON; TESSARO, 2010).

Carvalho et al. (2014) afirmaram que a indústria está despertando para a reutilização da água, cuja principal vantagem identificada é a economia, que pode chegar até 70% do gasto com água. Para implantar o sistema de reaproveitamento de água, há um custo que varia de acordo com as dimensões do local e da qualidade que se deseja no seu tratamento. Esse custo parece realmente valer a pena, já que o retorno, em economia, é rápido (MORELLI, 2005).

A lei das águas implantada no Brasil, em 1997, estabelece as diretrizes da prioridade de uso da água e legaliza sua cobrança. A primeira unidade da federação a cobrar pelo uso da água foi o Ceará, em 1996, seguida pela bacia do rio Paraíba do Sul (2003) e, a partir de 2010, em Minas Gerais, quando a bacia do rio São Francisco foi atingida (BRASIL, 1997).

Os valores são diferentes para cada estado e o preço unitário para captação, fixado para o setor agropecuário, foi 40 vezes menor que o estipulado para os setores de saneamento e industrial. Os impactos da cobrança pelo uso da água têm estimativa de um percentual que pode chegar até 0,5% dos custos de produção de produtos agrícolas como maracujá, cebola, batata, arroz, coco, cana-de-açúcar, goiaba, abacaxi e tomate (KELMAN; RAMOS, 2005).

Estimativas da Fundação Getúlio Vargas indicam impactos na rentabilidade pecuária de 0,01 a 0,07%.

Hespanhol (2002) afirmou que os benefícios econômicos de áreas irrigadas com água de reúso são auferidos pelo aumento da área de cultivo e pelo aumento da produtividade agrícola, em especial, se o aproveitamento for de esgotos ou de dejetos animais, o que reduz, ou pode chegar a eliminar a necessidade de emprego de fertilizantes comerciais.

Apesar da importância da água, no sistema de produção, não foi encontrado nenhum artigo científico, abordando a sua representatividade no custo operacional efetivo da atividade leiteira. É importante dar-lhe atenção, pois, com a outorga de água, esses valores tendem a se elevar e podem assumir maior importância no custo de produção.

4.5.2.4 Custo ambiental na atividade agropecuária

Os custos ambientais são representados por todos os custos dos recursos utilizados pelas atividades desenvolvidas com o propósito de controle, preservação e recuperação do setor (SOUZA; SILVA; BASTOS, 2010). Ainda pode ser considerado como o subconjunto de uma série de custos necessários para uma correta tomada de decisão. Eles são os custos externos e internos relacionados com a defesa ambiental nos quais estão incluídos os custos de prevenção, planejamento e controle (GONÇALVES; HELIODORO, 2005; KRAEMER, 2001). A adição de informações de custos ambientais enriqueceria e permitiria aos usuários avaliar a grandeza dos investimentos ambientais comparativamente ao patrimônio e aos resultados no período (KRAEMER, 2001).

Os custos ambientais têm sido tratados como indiretos. Como tais, não são apropriados ou alocados a determinados processos, produtos ou instalações, mas o são, baseando-se em algum critério de rateio aos produtos e são acumulados num grupo e tratados como custos fixos ou despesas (ORLANDO; JORGE; LIZIANE, 2007). Esse fato leva à tomada de decisões errôneas e acarreta a falta de subsídios corretos, para o encaminhamento de ações que reduzam os custos ligados à gestão ambiental como um todo. Uma proposta é que o custo ambiental seja pautado na metodologia de custeio, em que todos os recursos para o processo de controle, recuperação e preservação ambiental, devam ser baseados em atividades e detalhando os itens em seus centros de custos e os produtos (RIBEIRO, 1998).

Para Kraemer (2001), os custos ambientais devem ser divididos em:

- a) custos de prevenção: destinados à redução da quantidade de poluentes expelidos no processo;
- b) custos de controle: destinam-se a manter as agressões ambientais dentro dos limites estabelecidos como, por exemplo, verificação periódica dos níveis de poluição;
- c) custos de correção: destinam-se às recuperações decorrentes dos danos causados ao meio ambiente como, por exemplo, reflorestamento de áreas devastadas;
- d) custos de falhas: referem-se aos custos de falhas ocorridas no processo de redução, controle correção da agressão ao meio ambiente como, por exemplo, multas, sanções;
- e) custos das externalidades: decorrem dos impactos gerados pelas empresas, que poderão no futuro vir a se tornar importantes como, por exemplo, danos causados à saúde pela poluição atmosférica.

A contabilidade ambiental pode ser encarada como uma ferramenta de gestão que contribui para melhorar o desempenho econômico da empresa, pois possibilita identificar os custos ambientais que possam estar escondidos aos custos gerais, como atender à legislação ambiental, identificar oportunidades de compensar os custos decorrentes da venda de resíduos de valor econômico e tecnologias limpas (GONÇALVES; HELIODORO, 2005; ROSSATO; TRINDADE; BRONDANI, 2009).

Verificou-se, além dos custos sociais, uma redução de -81,22% e -29,43% no custo ambiental com a adoção do plantio direto de milho e da soja, respectivamente (RODRIGUES, 2005). Trabalhos relacionados a custos ambientais são escassos na literatura, tendo sido encontrado apenas o de Rodrigues (2005), durante as pesquisas bibliográficas realizadas.

4.6 Receitas provenientes do biodigestor

As receitas são essenciais para a manutenção e sobrevivência de qualquer empreendimento. Identificar as fontes de receitas e os percentuais que cada empreendimento oferece é importante, pois, se em determinado momento houver sobras de capitais e o investidor resolver reinvestir os ativos na atividade, podem-se concentrar esforços em determinados seguimentos do negócio que estão proporcionando as maiores receitas.

Neste subtópico, objetivou-se fazer um breve apanhado dos achados literários relacionados a receitas com o biogás, com a finalidade de geração de energia elétrica e receitas com biofertilizante.

4.6.1 Receitas com biogás com a finalidade de geração de energia elétrica

O biogás pode ser queimado, utilizado para aquecimento de água e ambientes, como fonte de gás para cozinha, secagem de grãos ou ainda para geração de energia elétrica, que pode ser utilizada na própria propriedade, ou, ainda, ser repassada às concessionárias de energia, por meio do sistema de compensação de energia, que gera créditos a serem utilizados nas contas de energia (HIRANO; SILVA, 2014).

O uso de biodigestores, nos sistemas de produção animal, é visto como uma ferramenta importante, pois promove o tratamento do resíduo e retorna parte da energia, que seria perdida, de volta ao sistema produtivo pela queima do gás (ORRICO; LUCAS JUNIOR; ORRICO JÚNIOR, 2007; SANTOS; LUCAS JÚNIOR; SILVA, 2007; SILVA et al., 2005). Segundo Santos e Lucas Júnior (2004), todo o processo de produção gera resíduo e todo resíduo armazena alguma energia, e os sistemas de produção podem reverter esse resíduo em energia, baratear seu custo de produção e funcionar de forma energeticamente equilibrada.

O aproveitamento dos dejetos sob a forma de biogás (metano) é apenas uma das vantagens da biodigestão anaeróbia, podem ainda ser citados a redução de odores, eliminação de patógenos, redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), produção de biofertilizante, baixa produção de lodo, baixos custos operacionais e de investimento e possibilidade de sistemas descentralizados de tratamento de dejetos (OLIVEIRA, 2004).

Estudos como o de Esperancini et al. (2007) e Klavon et al. (2013) estimaram a economia com estes recursos. São de suma importância, visto que são eles que darão subsídio para o cálculo dos indicadores de viabilidade econômica e, a partir deles, é possível tomar a decisão da implantação, ou não, do biodigestor para a geração de energia elétrica. UTZ Dornberger (2012) afirmou que o valor monetário do biogás deve ser calculado pela economia, para a coleta de combustível (madeira) e esterco de bovinos, o valor monetário para o biofertilizante, por aumento esperado no rendimento das culturas, salientando a dificuldade de se quantificar financeiramente estes valores; o aumento na qualidade de vida também deve ser considerado.

O principal problema, na avaliação econômica, é atribuir um valor monetário adequado aos combustíveis não comerciais que até agora não têm preços de mercado. Para a

maioria das famílias da Índia, por exemplo, a finalidade principal seria energia para cozinhar diariamente e para iluminação (UTZ DORNBERGER, 2012).

O potencial de geração de energia hoje é baseado na produção diária de biogás; em termos teóricos, 1m³ biogás teria potencial para gerar 1,3 kWh. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 1996, regulamentou a compra de energia produzida mediante biodigestores e assegura que, se houver excedente de produção elétrica, o produtor pode vender esse excedente para uma concessionária de energia (BRASIL, 1996).

Na literatura científica, não foram encontrados estudos com estimativas de economia, no COE, em decorrência da geração de energia elétrica a partir do biogás.

4.6.2 Receitas com biofertilizante

Após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), o biofertilizante que, se aplicado ao solo, melhora suas qualidades físicas, químicas e biológicas. A principal razão para a grande capacidade de fertilização do biofertilizante se encontra no fato de a digestão da biomassa (no interior do biodigestor) diminuir drasticamente o teor de carbono presente nela (DOTTO; WOLFF, 2012).

O biofertilizante também é um produto da biodigestão. Vários trabalhos, ao analisarem a viabilidade econômica da implantação de biodigestores, não consideraram a receita deste produto, que pode ser utilizado nas propriedades e reduzir os custos com adubação ou ser comercializado.

Algumas alternativas de manejo e tratamento de dejetos foram desenvolvidas e estão empregadas com resultados promissores. Em alguns casos, os custos econômicos de implantação tornam inviável sua utilização para médios e pequenos produtores. Além dos aspectos ambientais, os processos adotados para o tratamento dos dejetos devem proporcionar agregação de valor ao resíduo final, para torná-lo autossustentável economicamente, pela valorização agrônômica do resíduo como fertilizante orgânico ou pela geração de energia (OLIVEIRA; SILVA; PEREIRA, 2012).

Dotto e Wolff (2012) chamam a atenção para benefícios como o pH do biofertilizante, o qual em torno de 7,5 funcionam como corretor de acidez, eliminando o alumínio e liberando o fósforo dos sais insolúveis. Com a elevação do pH, dificulta-se a multiplicação de fungos patogênicos. UTZ Dornberger (2012) destaca o benefício do aumento na produção agrícola como resultado do uso de biofertilizante de 6 a 10% e alguns casos de até 20% foram relatados. Rizzoni (2012) pontua que o biofertilizante é rico em húmus e apresenta granulação

mais fina, o que proporciona melhor incorporação junto ao solo; além disso, contém uma forma de nitrogênio mais prontamente utilizável pelas plantas, o nitrogênio amoniacal (NOGUEIRA, 1992). Com o uso do biofertilizante, não existe a possibilidade de queima das plantas adubadas, pois grande parte da matéria orgânica está mineralizada. Já as sementes de ervas daninhas são decompostas ao atravessar o biodigestor (TEIXEIRA, 2003).

O Brasil destaca-se como o terceiro maior produtor de alimentos do mundo, mas também é o quarto maior importador de fertilizantes. Os biofertilizantes podem ajudar sensivelmente a agricultura do país e representar uma importante fonte de renda para os empreendimentos de biodigestores.

Avaci et al. (2013) verificaram economia com relação aos fertilizantes convencionais de R\$ 145.854,08, R\$ 190.070,46, R\$ 218.484,59 por ano, respectivamente, para 4673, 6073 e 7000 suínos. Esse valor tem relação direta com a quantidade de nutrientes do biofertilizante. Eles devem ser considerados na receita da propriedade e nas estimativas do custo de redução, pois, se, em algum momento, o produtor deixar de produzir o biofertilizante, terá que dispor de recursos para aquisição de adubos para as produções da propriedade. Destaca-se que, na pesquisa bibliográfica, somente o trabalho de Avaci et al. (2013) estimou a economia com adubos pela aplicação de biofertilizante.

5 METODOLOGIA

5.1 Tipos de pesquisa

Utilizou-se de pesquisa exploratória (estudo de caso) e explicativa quanto aos objetivos. Exploratória por proporcionar maior familiaridade com o problema (explicitá-lo) e explicativa por ter como objetivo principal identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2008).

5.2 Local e data da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma propriedade, localizada no município de Ilicínea, MG; no período entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017, no qual foram implantadas algumas infraestruturas que minimizam os impactos ambientais, tais como biodigestor, captação da água de chuva e recuperação da areia de cama do *free stall*, denominadas, neste trabalho, de tecnologias ambientalmente corretas.

A propriedade possui uma área de 504 hectares e desenvolve as atividades da cultura de café, criação de suínos e a pecuária leiteira, foco deste estudo, que ocupa 100ha.

O sistema de produção é intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação e em pré-parto, em dois galpões do tipo *free stall*, com dimensões de 90 x 30m (galpão 1) e 60m x 30m (galpão 2), com 230 e 198 camas individuais, respectivamente, com capacidade para alojar, aproximadamente, 428 vacas da raça holandesa, puras por cruzamento ou puras por origem. A produção média diária foi de 11.864,95 ($\pm 1.388,79$) L e, aproximadamente, 32,28 ($\pm 2,68$) L de leite por vaca em lactação, em três ordenhas. A dieta completa, com silagem de milho (*Zea mays*) e concentrado, era fornecida em pista de alimentação, três vezes ao dia.

Sistematicamente, foram combatidos os bernes, carrapatos e vermes, além da serem aplicados medicamentos nos casos de doenças dos animais. A reprodução ocorre 100% por protocolo de iatf. O proprietário realizou, com muita precisão, os controles de coberturas, nascimentos, vacinações, produções de leite. Todas as atividades laborais são executadas por 12 funcionários.

5.3 Metodologia da pesquisa 1: Viabilidade econômica da implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense para a geração de energia elétrica destinada à atividade leiteira

Na pesquisa, foram consideradas duas etapas diferentes, no levantamento das informações, conforme proposto por Lopes et al. (2004). Na primeira, utilizando-se um formulário e caderneta de campo, foi realizado o inventário completo da infraestrutura e bens utilizados. Posteriormente, os itens foram alocados em um dos seguintes grupos: benfeitorias, equipamentos e máquinas.

Quanto às benfeitorias (lagoa para biofertilizante, tubulação para dejetos, tubulação para a condução do gás e abrigo para o gerador de energia elétrica), cada uma foi medida e registrado um resumo no memorial descritivo. Em função da área, do estado de conservação e do padrão de acabamento, foi estimado um valor por m^2 de construção. O valor atual utilizado foi produto do valor do m^2 pela área da benfeitoria (LOPES et al., 2004). No grupo equipamentos, foram considerados duas cúpulas do biodigestor, dois tanques antes do biodigestor e o filtro de gás sulfídrico; e às máquinas, um grupo gerador ER BR GMV 120 modelo 6.12T, uma motobomba para condução do biofertilizante e a máquina separadora de sólidos.

Na segunda etapa, o sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para este fim. Os itens que compõem o custo operacional efetivo do kWh de energia elétrica gerada foram divididos em grupos: mão de obra, impostos considerados fixos, manutenção e reparo de máquinas e benfeitorias, e despesas diversas. No item manutenção da infraestrutura, foi adotado o percentual de 4% do valor dos bens (HAACK; OLIVEIRA, 2013) e, para a remuneração do capital de giro, adotou-se os valores de 8,50 e 6,99% ao ano, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Na Universidade Federal de Lavras, tais dados foram cadastrados em uma planilha desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados, bem como analisar a viabilidade econômica desta tecnologia. Tal planilha contemplou as duas estruturas do custo de produção: Custo Total de Produção, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004) e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976). Nesse estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981).

Para se estimar a quantidade energia elétrica consumida pelo sistema de produção de leite, em kWh, foi considerada a estimativa de economia, informada pela empresa que implantou o biodigestor¹, bem como a comparação da quantidade de energia elétrica utilizada em sistemas de produção de leite semelhantes, mas, que não há um biodigestor implantado. Como valor da tarifa, por kWh, foi considerado aquele cobrado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

Para estimar a quantidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, presentes no esterco, realizou-se análise no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras. De posse das quantidades, estimou-se valores monetários para os nutrientes utilizando-se as metodologias de Kiehl (1985) e Petzen et al. (2009), considerando os valores por grama desses nutrientes presentes em adubos comerciais. Assim, estimou-se o valor do quilo de nutrientes por quilo de esterco. Utilizando-se apenas a metodologia de Kiehl (1985), adotou-se procedimento semelhante para estimar o valor desses nutrientes no biofertilizante, que foi analisado no Laboratório de Análises de Água da UFLA (LAADEG).

Para se obter a estimativa da produção de biogás/dia, foi considerado o valor médio equivalente de biogás de 0,0425m³ (0,040 a 0,045) por quilo de esterco de vaca (OLIVER et al., 2008). Para a estimativa da quantidade de fezes e urina excretada por animal, foram considerados dados da literatura, em função da espécie (bovinos e suínos), categoria animal e da quantidade dos animais, como proposto por Santos (2012). A produção de esterco por vaca/dia foi obtida, a partir da Equação 1 (SANTOS, 2012), considerando a produção de esterco de 0,07kg/dia por quilo vivo do animal.

$$p_{est} = pv * vm \quad (1)$$

Em que: p_{est} : estimativa da produção diária de esterco (kg/dia); pv : peso vivo do animal (kg); vm : valor médio da produção de esterco por quilo de peso vivo do animal

A produção anual de biogás foi estimada pela metodologia de Avaci et al. (2013) (EQUAÇÃO 2).

$$pab = pdbxt \quad (2)$$

Em que: pab : produção anual de biogás (m³/ano); pdb : produção diária de biogás (m³/dia) e t : disponibilidade anual da planta (dias/ano).

¹ Informação fornecida pela empresa Sansuy, em 23 março de 2018.

Para realizar a estimativa de produção do biofertilizante, nesta pesquisa, foram consideradas a produção diária de biofertilizante e a disponibilidade anual da planta (EQUAÇÃO 3). E, para quantificar as receitas obtidas com a produção de biofertilizante (benefícios) (EQUAÇÃO 4), adotou-se a metodologia proposta por Cervi (2009), na qual as quantidades dos macronutrientes (nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)) foram estimadas considerando os preços médios dos nutrientes de adubos comerciais, praticados no mercado de Lavras, no primeiro semestre de 2018.

$$pb = pdbxt \quad (3)$$

Em que: pb: produção de biofertilizante (m/ano); pdb: produção diária de biofertilizante (m/dia); e t: disponibilidade anual da planta (dias/ano).

$$bpb = qn \times pnm \quad (4)$$

Em que: bpb: benefício com a produção de biofertilizante (R\$/ano); qn: quantidade dos nutrientes presentes no biofertilizante aplicado (kg/ano); e pnm: preço dos nutrientes praticados no mercado (R\$/kg).

Foi considerada como receita, no fluxo de caixa, a economia na redução do COE, da energia elétrica gerada, a partir do biogás, em kWh, multiplicado pelo valor praticado pela concessionária de energia (Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG). Para o esterco e o biofertilizante, foram consideradas as quantidades de nutrientes na matéria seca, e multiplicou-se pelo valor dos preços dos nutrientes praticados no mercado, para adubos comerciais.

Foram estimados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR); *payback* simples e descontado, conforme preconizado por Casarotto e Kopittke (1987), e a relação benefício/custo (RBC) utilizada por Vasconcellos (2014). Na estimativa desses indicadores, foi adotado o horizonte de 10 anos (JUNGES et al., 2009). Para a taxa de desconto, foram simulados dois cenários: de 8,50% ao ano, por ser a taxa de financiamento disponível para produtores rurais que se dispõem a implantar atividades dessa magnitude; e de 6,99%, por ser a taxa de juros da poupança, no acumulado do ano de 2017 (PORTAL BRASIL, 2017).

Realizou-se a análise de cenários MOP: mais provável (cenário 1); otimista (cenário 2); pessimista (cenário 3), utilizada por Gropelli e Nikbakht (2010). No cenário 1, foram

considerados a utilização de energia elétrica para a climatização apenas dos galpões de *free stall* em 13h/dia, mais aproveitamento de 50% do biofertilizante produzido. No cenário otimista (2), a utilização da energia elétrica foi de 13h/dia, utilizada para climatização dos galpões de *free stall* e sala de ordenha; um aumento estimado em 10%, em relação ao cenário 1, mais aproveitamento de 75% do biofertilizante produzido; e, no cenário pessimista (3), adotou-se a utilização de energia elétrica para a climatização dos galpões de *free stall* em 6,5h/dia, mais aproveitamento de 25% do biofertilizante produzido, e um aumento de 12,50% nos preços de mercado do nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (AGÊNCIA ESTADO, 2016; BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017; BRASIL, 2017). Nos cenários 1 e 2, foi considerado o valor cobrado por kWh pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG); no pessimista (3), foi acrescido 9,55%, referente a previsão de aumento, considerando projeções futuras.

Os índices econômicos foram comparados, por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004).

5.4 Metodologia da pesquisa 2: Viabilidade econômica da implantação da infraestrutura para reaproveitamento da areia da cama de *free stall* de um sistema de produção de leite

Na pesquisa, foram consideradas duas etapas diferentes, no levantamento das informações, conforme proposto por Lopes et al. (2004). Na primeira, utilizando-se um formulário e caderneta de campo, foi realizado inventário completo da infraestrutura e bens utilizados. Posteriormente, os itens foram alocados em um dos seguintes grupos: benfeitorias, máquinas e implementos.

Quanto às benfeitorias (canaletas, bueiros, tanques e pistas para separação da areia), cada uma foi medida e foi registrado um resumo do memorial descritivo. Em função da área, do estado de conservação e do padrão de acabamento, foi estimado um valor por metro quadrado de construção. O valor atual utilizado foi produto do valor do metro quadrado pela área da benfeitoria (LOPES et al., 2004). No grupo máquinas e implementos, foi considerado um trator Valtra A850, ano 2015, com lâmina dianteira, um trator Valtra 685, com concha, e uma carreta de trator agromix, com capacidade de uma tonelada, ano 2014.

Na segunda etapa, o sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para este fim. Os itens que compõem o custo operacional efetivo da recuperação de areia foram divididos em grupos: mão de obra, impostos considerados fixos, manutenção e despesas diversas. No item manutenção da infraestrutura, foi adotado o percentual de 4% do valor dos bens (HAACK; OLIVEIRA, 2013) e, para a remuneração do capital de giro, adotou-se os valores referentes de 8,50 e 6,99%, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Na Universidade Federal de Lavras, tais dados foram cadastrados em uma planilha desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados, bem como analisar a viabilidade econômica desta tecnologia. Tal planilha contemplou as duas estruturas do custo de produção: Custo Total de Produção, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004) e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976). Neste estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981). Para depreciação das máquinas e implementos utilizados para revolver a areia, adotou critério de rateio, considerando apenas 12% do valor, o restante (88%), computado para o centro de custo produção de leite. Tais valores foram estimados em função das quantidades de horas trabalhadas.

Para se obter a quantidade de areia recuperada, foi considerada a diferença das aquisições, registradas nas notas fiscais antes e depois da implantação do sistema de recuperação da areia. O valor médio do metro cúbico de areia foi estimado considerando as notas fiscais, referentes aos meses de análise dos dados. Para averiguar a qualidade da areia, foram realizadas análises microbiológicas, no laboratório de Patologia Veterinária da Universidade Federal de Lavras, no Departamento de Medicina Veterinária.

Foi considerada como receita, no fluxo de caixa, a economia na redução do COE pelo aproveitamento da areia. Foram estimados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR); *payback* simples e descontado, conforme preconizado por Casarotto e Kopittke (1987), e a relação benefício/custo (RBC) utilizada por Vasconcellos (2014). Na estimativa desses indicadores, foi adotado o horizonte de 10 anos (JUNGES et al., 2009). Para a taxa de desconto, foram simulados dois cenários: 8,50% ao ano, por ser a taxa de financiamento disponível para produtores rurais que se dispõem a implantar atividades dessa magnitude; e de 6,99% por ser a taxa de juros da poupança, no acumulado do ano de 2017 (PORTAL BRASIL, 2017).

Realizou-se a análise de cenários MOP: mais provável (cenário 1); otimista (cenário 2); pessimista (cenário 3), utilizada por Groppelli e Nikbakht (2010). Para o Cenário mais

provável, considerou-se aproveitamento de 85% da areia, enquanto que, no otimista, esse valor foi de 95%. No pessimista, considerou-se um aumento de 14,29% no preço da areia (maior aumento praticado pelo fornecedor da areia à propriedade durante o período de estudo), bem como recuperação de 75%. Nos três, foi considerado o valor praticado por metro cúbico da areia em um fornecedor próximo à propriedade.

Os índices econômicos foram comparados por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004). Em todos os cenários, foi considerado o valor praticado por metro cúbico da areia em um fornecedor próximo à propriedade.

5.5 Metodologia da pesquisa 3: Viabilidade econômica da captação da água de chuva do telhado de galpões de *free stall*

Na pesquisa, foram consideradas duas etapas diferentes, no levantamento das informações, conforme proposto por Lopes et al. (2004). Na primeira, utilizando-se um formulário e caderneta de campo, foi realizado o inventário completo da infraestrutura e bens utilizados. Posteriormente, os itens foram alocados em um dos seguintes grupos: benfeitorias, máquinas e implementos.

Quanto às benfeitorias (calhas, encanamento de pvc e cisterna), cada uma foi medida e registrado um resumo do memorial descritivo. Em função da área, do estado de conservação e do padrão de acabamento, foi estimado um valor por metro quadrado de construção. O valor atual utilizado foi produto do valor do metro quadrado pela área da benfeitoria (LOPES et al., 2004). No grupo máquinas e implementos, foi considerado um conjunto motobomba para condução da água para os reservatórios.

Na segunda etapa, o sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para este fim. Os itens que compõem o custo operacional efetivo da captação da água da chuva foram divididos em grupos: mão de obra, impostos considerados fixos, manutenção e despesas diversas. No item manutenção da infraestrutura, foi adotado o percentual de 4% do valor dos bens (HAACK; OLIVEIRA, 2013) e, para a remuneração do capital de giro, adotou-se os valores de 8,50 e 6,99%, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Na Universidade Federal de Lavras, tais dados

foram cadastrados em uma planilha desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados, bem como para analisar a viabilidade econômica desta tecnologia. Tal planilha contemplou as duas estruturas do custo de produção: Custo Total de Produção, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004) e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976). Neste estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981).

Para estimar a quantidade de água a ser captada, e dimensionar o reservatório, foi adotada a Equação 5, considerado o método Azevedo Neto, proposto na ABNT NBR 15.527:2007:

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (5)$$

Onde: V= volume de água aproveitável e o do reservatório, em litros; 0,042 = fator de correção do escoamento superficial, assim como de perdas inerentes ao sistema; P= é a precipitação média anual, em mililitros do município de Ilícinea; A= área de coleta (telhado), em m²; T= é a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. Para a precipitação pluviométrica, foram considerados os dados da série histórica de Guimarães, Reis e Landau (2010) para Ilícinea, no período de 20 anos, foi de 1.397,40mm a precipitação média anual.

Estimada a quantidade de água captada por ano, substitui-se os valores na planilha eletrônica disponibilizada no site do Instituto Mineiro de Gestão de águas (IGAM), da Bacia dos afluentes do Rio das Velhas (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS - IGAM, 2017), foi considerado como consumo 60% da quantidade de água captada (NOVELIS, 2017).

Para a estimativa do consumo de água/ano (EQUAÇÃO 2), foi utilizada a recomendação da literatura de uso de 7,36 metros cúbicos de água/vaca/mês (SANTOS, 2015), e multiplicou-se pela quantidade média de vacas em lactação, multiplicado pela quantidade de meses do ano (12).

Foi considerada como receita, no fluxo de caixa, a economia na redução do COE com aquisição da água para limpeza das instalações. Foram estimados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR); *payback* simples e descontado, conforme preconizado por Casarotto e Kopittke (1987), e a relação benefício/custo (RBC) utilizada por Vasconcellos (2014). Na estimativa desses indicadores, foi adotado o horizonte de 10 anos (JUNGES et al., 2009). Para a taxa de desconto, foram simulados dois cenários: 8,50% ao ano, por ser a taxa de financiamento disponível para produtores rurais que se

dispõem a implantar atividades dessa magnitude; e de 6,99%, por ser a taxa de juros poupança, no acumulado do ano de 2017 (PORTAL BRASIL, 2017).

Realizou-se a análise de cenários MOP: cenário 1; cenário 2; cenário 3, utilizada por GropPELLI e Nikbakht (2010). Para o cenário 1, foi considerado os valores de outorga da Bacia do rio das Velhas, por ser a bacia com cobrança de outorga mais próxima da bacia hidrográfica do entorno do reservatório de Furnas, na qual a propriedade está inserida, e foi de R\$0,01/m³e R\$0,02/m³ para a água captada e consumida, respectivamente. Para esta última multiplica-se pelo fator de correção de 0,025, por se tratar de uso da água para produção animal. No 2, consideraram-se as seguintes situações: preço de outorga para captação e consumo da água da bacia do Rio Paraíba, por ser a bacia federal de menor valor, de R\$0,0152 o valor do m³ captado; não há menção a respeito da cobrança por consumo. No cenário 3, considerou-se a cobrança da outorga de captação e consumo da água da bacia dos rios paulistas, que foi de R\$0,0130/m³ e R\$0,0262/m³ para água captada e consumida, respectivamente.

Os índices econômicos foram comparados, por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004).

5.6 Metodologia da pesquisa 4: Impacto econômico da adoção de tecnologias ambientalmente corretas no custo de produção do leite e na rentabilidade de um sistema de produção em confinamento total

A fazenda foi escolhida por conveniência, levando-se em consideração os seguintes critérios: disponibilidade e qualidade dos dados zootécnicos e econômicos; consentimento e interesse do pecuarista na realização da pesquisa e facilidade de acesso por parte dos pesquisadores às fontes de evidências (LOPES et al., 2015).

O sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas e receitas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para esse fim. 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. Os itens que compõem o custo operacional efetivo foram divididos em grupos: com alimentação, insumos de reprodução, sanidade, hormônios reprodutivos, ordenha, mão de obra, energia, despesas

diversas e depreciação, enquanto que as receitas foram compostas pela venda do leite, animais e esterco, conforme Lopes et al. (2004). Para a remuneração do capital de giro, adotou-se os valores referentes às de 8,50 e 6,99%, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Na Universidade Federal de Lavras, tais dados foram cadastrados em uma planilha desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados. Tal planilha contemplou as duas estruturas do custo de produção: Custo Total de Produção, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004) e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976). Neste estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981). Considerou-se a depreciação das matrizes da seguinte maneira: como valor final, adotou-se o valor da venda de uma vaca gorda (550 kg de peso vivo), ao preço de arroba (R\$ 105,54); o valor inicial, de R\$8.000,00), foi o preço médio praticado para a venda de uma novilha; e a vida útil (5 anos) foi estimada em função da taxa de descarte involuntário. Para depreciação das máquinas e implementos utilizados para revolver a areia, adotou critério de rateio, considerando apenas 12% do valor, para o centro de custos recuperação de areia, o restante (88%), computado para o centro de custo produção de leite. Tais valores foram estimados em função das quantidades de horas trabalhadas. O biodigestor atende a bovinocultura e a suinocultura, assim o rateio foi proporcional à expectativa da geração de energia elétrica, que foi de 11,73% e 12,12%, para os anos de 2016 e 2017, respectivamente.

Foram consideradas como receita a venda de leite, animais, subprodutos (esterco vendido ao biodigestor), objetos obsoletos.

Os índices produtivos e econômicos foram comparados, por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mostra-se, neste trabalho, a importância de se conhecer a viabilidade econômica de tecnologias que minimizem os impactos ambientais em propriedades leiteiras, pois elas, além de oferecer sustentabilidade ambiental à propriedade, ainda, podem contribuir com a redução do custo operacional efetivo de alguns itens essenciais para a atividade leiteira.

As questões ambientais necessitam de atenção dentro do sistema de produção de leite. No entanto a maioria das propostas (lagoa de decantação, tratamentos de dejetos) que contribuem para a sustentabilidade oneram o sistema de produção, o que pode inviabilizar a atividade leiteira. Propostas que tenham a finalidade de apresentar alternativas de minimizar os impactos ambientais e proporcionar aumento de receitas ao sistema de produção de leite são opções que devem ser estudadas, analisadas e implementadas, pois não só irão conseguir atender as exigências de preservação ambiental, como também garantirão a eficiência econômica dos sistemas de produção de leite.

O Brasil necessita evoluir muito nas questões ambientais, especialmente, no sentido de conseguir produzir sem degradar e destruir o meio ambiente. Assim, a agropecuária brasileira precisa estar pautada no desenvolvimento, mas com sustentabilidade, basicamente financeira, que não deve ser prejudicada por técnicas de preservação ambiental que inviabilizem a atividade produtiva.

Acredita-se que algumas tecnologias, ambientalmente corretas implantadas em propriedades leiteiras, possam trazer benefícios ambientais ao sistema produtivo, tais como a melhoria da renda da atividade pela diminuição no custo operacional efetivo com algumas despesas como a energia elétrica e aquisição de fertilizantes. Conhecer quais tecnologias implantadas apresentam viabilidade econômica, para o sistema de produção do leite, bem como a representatividade dos itens que compõem o custo de produção será importante para garantir a sustentabilidade ambiental e financeira de sistemas de produção de leite no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, R. G. **Perfil ambiental dos processos de fundição Ferrosa que utilizam Areias no Estado do Rio Grande do Sul**. 2007. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- AGÊNCIA ESTADO. **Aneel aprova reajuste e conta de luz pode ficar até 3,86% mais cara**. 2016. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,aneel-aprova-reajuste-e-counta-de-luz-pode-ficar-ate-3-86-mais-cara,70002405244>>. Acesso em: 21 mar. 2018.
- AKO, T. A. et al. Environmental effects of sand and gravel mining on land and soil in Luku, Minna, Niger State, North Central Nigeria. **Journal of Geosciences and Geomatics**, Newark, v. 2, n. 2, p. 42-49, 2014.
- ALLEN, J. et al. Survival and replication of *Mycoplasma* species in recycled bedding sand and association with mastitis on dairy farms in Utah. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 1, p. 192-202, Jan. 2010.
- ALMEIDA, J. G. A.; LOPES, M. A.; PINATTO, F. Efeito da venda de animais na rentabilidade de um sistema intensivo de produção de leite tipo B no estado de São Paulo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, P. G. et al. Impactos ambientais causados pela agricultura e a pecuária nas propriedades São João e Areia Branca, Pombal, PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 34-63, 2010.
- ARARAQUARA. **Lei complementar nº 865**, de 28 de maio de 2015. Cria o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, institui a sua obrigatoriedade nos imóveis localizados no Município e dá outras providências. Araraquara, 2015. Disponível em: <<https://www.legislacaodigital.com.br/Araraquara-SP/LeisComplementares/865>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- ARRUDA, P. C. L.; PACHECO, W. F.; SOUTO, F. C. Viabilidade econômica de uma fazenda comercial do setor de bovinocultura na região litorânea do estado do Ceará. **RRCF**, Fortaleza, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2011.
- ASSIS, F. O.; MURATORI, A. M. Poluição hídrica por dejetos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de quilombo, Santa Catarina. **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 42-59, jan./jun. 2007.
- ASSIS, L. P. et al. Análise econômica e de custos de produção da atividade leiteira durante 10 anos em uma propriedade do Alto Vale do Jequitinhonha. **Custos e @gronegocio On line**, Recife, v. 13, n. 2, p. 176-200, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

- AVACI, A. B. et al. Economic evaluation of microgeneration of electricity from biogas of swine manure. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 456-462, 2013.
- BALMANT, W. **Concepção, construção e operação de um biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica**. 2009. 150 p. Dissertação (Mestrado em Processos Térmicos e Químicos)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Reformulação dos modelos para projeção de médio prazo dos preços administrados**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/2017/09/ri201709b7p.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2018.
- BARBIERI, R. S.; CARVALHO, J. B.; SABBAG, O. J. Análise de viabilidade econômica de um confinamento de bovinos de corte Economic viability analysis of feedlot beef cattle Analyse de viabilité économique des parcs d'engraissement de bovins de boucherie. **Interações**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 357-369, 2016.
- BAURU. **Lei nº 6.110**, de 25 de agosto de 2011. Cria o Programa Municipal de Uso Racional e Reuso de Água em Edificações e dá outras providências. Bauru, 2011. Disponível em: <https://sapl.bauru.sp.leg.br/consultas/norma_juridica/norma_juridica_mostrar_proc?cod_norma=6292>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- BERG, H. V. D.; KATSMAN, T. Custos: comparando despesas na produção do leite. **Boletim do Leite**, Piracicaba, v. 5, n. 52, p. 3, 1998.
- BERGAMASCHI, M. A. C. M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R. T. **Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2010. 12 p. (Comunicado Técnico).
- BISPO, A. D. R. et al. Estudo da exploração, geração de eletricidade, impactos ambientais e viabilidade econômica de projetos da energia de maremotriz. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 3, n. 2, p. 75-86, mar. 2016.
- BLANCO, Y. A. C. et al. Economic evaluation and efficacy of strategic-selective treatment of gastrointestinal parasites in dairy calves. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 123-128, 2017.
- BOONE, M.; KOX, M. What works for irregular migrants in the Netherlands. **European Journal of Probation**, London, v. 4, n. 3, p. 54-68, 2012.
- BOONE, R. E. **Comparison of freestall bedding materials and their effect on cow behavior and cow health**. 2009. 100 p. Thesis (Master in Engineering)-University of Florida, Gainesville, 2009.
- BORGES, M. S.; GUEDES, C. A. M.; CASTRO, M. C. D. Programa de assistência técnica para o desenvolvimento de pequenas propriedades leiteiras em Valença-RJ e região Sul Fluminense. **Cadernos EBAP.BR**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 569-592, 2016. Edição especial.

BOVINOCULTURA DE LEITE. **Desenvolvimento regional sustentável**. São Paulo, 2010. (Série Cadernos de Propostas para Atuação em Cadeias Produtivas, 1). Disponível em: <<http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/Vol1BovinoLeite.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2013.

BRASIL. **Lei nº 6.902**, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6902.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BRASIL. **Lei nº 7.802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília, DF, 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm>. Acesso em: 10 out. 2017.

BRASIL. **Lei nº 8.171**, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. Brasília, DF, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Lei nº 9.427**, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9427cons.htm>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Ranking das tarifas**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=1-173-34-2005-11-28-54>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRAVO-URETA, B. E.; RIEGER, L. Dairy farm efficiency measurement using stochastic frontier and neoclassic duality. **American Journal of Agricultural Economics**, Oxford, v. 73, p. 421-428, 1991.

BRONDINO, O. C.; SILVA, J. P. G.; BRONDINO, N. C. M. O problema do descarte da areia de fundição: ensino para o desenvolvimento sustentável. In: ENGENHARIA: MÚLTIPLOS SABERES E ATUAÇÕES, 2014, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 2014. 1 CD-ROM.

BULI, T. A. et al. **Sand**: a review of its use in housed dairy cows. Wageningen: Vetvice, 2010.

CALZA, L. F. et al. Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 6, p. 990-997, nov./dez. 2015.

CANGUSSU, A. S. R. et al. Análise da viabilidade econômica de sistemas de produção de bezerros desmamados na região do norte de Minas Gerais. **Acta Veterinária Brasileira**, São Paulo, v. 4, n. 4, p. 267-277, 2010.

CARBONI, L. S.; COAN, B. P.; BACK, A. J. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria de embalagens plásticas**. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5138/1/LaynikerSchulzCarboni.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

CARVALHO, F. de M.; RAMOS, E. O.; LOPES, M. A. Análise comparativa dos custos de produção de duas propriedades leiteiras no município de Unai - MG, no período de 2003 e 2004. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1705-1711, 2009.

CARVALHO, L. de A. et al. **Mercados e comercialização**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2002. (Sistema de Produção, 2).

CARVALHO, N. L. et al. Reutilização de águas residuárias. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3164-3171, mar. 2014.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITCKE, B. H. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão. 3. ed. São Paulo: R. dos Tribunais, 1987. 255 p. (Manuais Vértice, 3).

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. Biodigestores. In: SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, 6., 2008, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Ed. UTFPR, 2008. 1 CD-ROM.

CAVALCANTI, N. B.; BRITO, L. T. L.; OLIVEIRA, C. A. V. Tecnologia tradicional e tecnologia alternativa: qual resolverá o problema dos pequenos agricultores na região semi-árida do Nordeste brasileiro: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34., 1996, Sergipe. **Anais...** Brasília, DF: SOBER, 1996. v. 2. 1 CD-ROM.

CECCHIN, D. **Comportamento de vacas leiteiras confinadas em free-stall com camas de areia e borracha**. 2012. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CECCHIN, D. et al. Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo free-stall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 109-115, 2014.

CERVI, R. G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia**: estudo de caso em unidade biointegrada. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. D. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suínica para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010.

CINTRA, J. N. et al. Captação e aproveitamento de água da chuva em telhados de edificações no bairro Brasil em Vitória da Conquista, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2016, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2016. p. 1-5.

CLARO, P. B. O.; MAFRA, F. L. N.; CLARO, D. P. Consciência ou imposição: um estudo sobre os fatores condicionantes do comportamento ambiental de uma organização rural Holandesa. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 27-42, jul./set. 2001.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS. **Deliberação Normativa CBH-Velhas nº 03**, de 20 de março 2009. Estabelece critérios e normas e define mecanismos básicos da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/alexandre/CTIL_CTIG_29_07_2009/5dn_03-09.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Leite e derivados**: conjuntura mensal. Brasília, DF, 2016.

COOK, S. et al. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey 1988-1994. **Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine**, London, v. 157, n. 8, p. 821-827, Aug. 2003.

COSTA, B. S.; REZENDE, E. N. Meio ambiente do trabalho e a saúde do trabalhador na mineração brasileira. **Revista do Instituto do Direito Brasileiro**, Lisboa, ano 1, n. 2, 2012. Disponível em: <http://www.idb-fdul.com/uploaded/files/2012_02_0759_0792.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2015.

DEGANUTTI, R. et al. **Biodigestores rurais**: modelo indiano, chinês e batelada. 2002. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzv02wx5ok0wtedt3spdi71p.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2017.

DHANALAKSHMI, S. V.; RAMANUJAM, R. A. Biogas generation in a vegetable waste anaerobic digester: an analytical approach. **Research Journal of Recent Sciences**, Indore, v. 1, n. 3, p. 41-47, 2012.

DORIGON, E. B.; TESSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI - Oeste catarinense. **Unoesc & Ciência ACBS**, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 13-22, jan./jun. 2010.

DOTTO, R. B.; WOLFF, D. B. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. **Ciências Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 13-26, 2012.

EERDENBURG, F. van. **Sand**: a review of its use in housed dairy cows. Wageningen: Vetvice BV, 2010.

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, p. 3052-3058, 2006.

ESPERANCINI, M. S. T. et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 27, n. 1, p. 110-118, 2007.

FASIABEN, D. C. M. et al. Avaliação dos componentes da pegada ecológica brasileira no contexto mundial e o papel da bovinocultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 49., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBER, 2011. p. 1-19.

FERNANDES, D. R. M. F.; MEDEIROS NETO, V. B. de; MATTOS, K. M. da C. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007. 1 CD-ROM.

FONSECA, J. W. F. **Elaboração e análise de projetos**. São Paulo: Atlas, 2012.

FRIGO, K. A. de et al. Biodigestores: seus modelos e aplicações. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 4, p. 57-65, 2015.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Desenvolvimento regional sustentável**: bovinocultura leiteira. Brasília, DF, 2010. v. 1. (Série Cadernos de Propostas para Atuação em Cadeias Produtivas). Disponível em: <<http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/Vol1BovinoLeite.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor**: um estudo de caso na região de Toledo - PR. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Estratégia Organizacional)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GASTALDI, A. F.; SOUZA, T. M. de; MESQUITA, R. P. Fotovoltaica para população rural de baixa renda. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. **Anais...** Campinas, 2004. p. 1-7.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, A. P.; ALVES, E. Identificando ineficiências na produção de leite. **Boletim do Leite**, Piracicaba, v. 6, n. 1, p. 1-2, 1999.

GONÇALVES, S. S.; HELIODORO, P. A. A. Contabilidade ambiental como um novo paradigma. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 1, n. 3, p. 81-93, 2005.

GOOCH, C.; WENDEL, S. F. **Effective means of handling sand- laden dairy manure**. 2010. Disponível em: <<http://www.ansci.cornell.edu/pdfs/pdeffectivemeans2.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 496 p.

GTZ. **Presentation: energy efficiency and solar energy in hotels**. Berlin, 2006.

GUIMARÃES, B. V. C. et al. Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2926-2939, 2015.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J.; LANDAU, E. C. **Índices pluviométricos em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EMBRAPA, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

HAACK, S. C.; OLIVEIRA, G. G. de. Análise de viabilidade econômica e financeira de projetos sustentáveis no setor energético: estudo de caso para implantação de biodigestores no semiárido baiano. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 363-382, jun. 2013. Número especial.

HARNER, J. P.; MURPHY, J. P. Handling sand-laden manure. In: WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE, 5., 2001, Las Vegas. **Proceedings...** Las Vegas, 2001. 1 CD-ROM.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HIRANO, M. Y.; SILVA, C. L. da. Análise da viabilidade do uso de biogás gerado a partir de dejetos bovinos em microturbinas para fins de geração, cogeração e trigeriação de energia. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 10, n. 1, 2014.

Disponível em:

<http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/783>. Acesso em: 4 nov. 2016.

HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325 p.

HOLANDA, L. R.; RAMOS, F. de S. Análise da viabilidade econômica da energia elétrica gerada através das microalgas. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 6, n. 3, p. 327-346, 2011.

HOLMES, B. J. **Sand- laden manure hand ling alternatives**. 2010. Disponível em: <http://www.progressivedairy.com/anm/features/2008/0408/0408_holmes.html>. Acesso em: 5 mar. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estados@**. Rio de Janeiro, 2015a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estados@: pecuária**. Rio de Janeiro, 2015b. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=mg&tema=pecuaria2015>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: estatística da produção pecuária**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=mg&tema=pecuaria2015>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: aquisição alimentar domiciliar per capita: Brasil e grandes regiões**. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Agropecuária. **Produção agrícola municipal, 2012**. Rio de Janeiro, 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/>>. Acesso em: 1 ago. 2016.

IWAND, W. M. et al. Energy efficiency and solar energy in hotel. **GTZ at the ITB**, Berlin, p. 8-12, Mar. 2006.

JUNGES, D. M. et al. Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no Município de Toledo (PR). **Revista de Economia**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 7-30, jan./abr. 2009.

KELMAN, J.; RAMOS, M. Custo, valor e preço da água utilizada na agricultura. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 39-48, 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KLAVON, K. H. et al. Economic analysis of small-scale agricultural digesters in the United States. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 54, p. 36-45, 2013.

KRAEMER, M. E. P. Contabilidade ambiental o passaporte para a competitividade. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 25-40, 2001.

KUMBHAKAR, K.; BISWASAND, B.; BAILEY, D. von. A study of economic efficiency of Utah dairy framers: a system approach. **The Review of Economics and Statistics**, Cambridge, v. 71, p. 595-604, 1989.

LEITE, S. P.; RIBEIRO, C.; HENRIQUES, L. C. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, Campina Grande, v. 2, p. 59-64, 2011.

LELLES, L. C. de et al. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d'água. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 439-444, 2005.

LIMA, D. F. S.; MIRANDA, G. J. Análise da viabilidade econômico financeira do aproveitamento do biogás para produção de energia elétrica. **Custos e @gronegocio on line**, Recife, v. 10, n. 3, p. 83-99, jul./set. 2014.

LOPES, M. A.; CARVALHO, F. de M. **Custo de produção do gado de corte**. Lavras: Ed. UFLA, 2002.

LOPES, M. A.; CARVALHO, F. de M. **Custo de produção do leite**. Lavras: Ed. UFLA, 2000. 42 p. (Boletim Agropecuário, 32).

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, jul./ago. 2004.

LOPES, M. A. et al. Custo Bovino Leite 1.0: software de controle de custos para a atividade leiteira. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 102-115, 2002.

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 multicaseos. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

LOPES, M. A. et al. Efeito do tipo de mão-de-obra nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicaseos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 54, p. 173-182, 2007a.

LOPES, M. A. et al. Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 3, p. 359-371, dez. 2007b.

LOPES, M. A. et al. The effect of technological level sonprofits of milk production systems participating in the "fullbucket" program: a multicaseostudy. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2909-2922, jul./ago. 2015.

LOPES, M. A. et al. Estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite no município de Nazareno, MG. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 58-69, jan./mar. 2011.

LOPES, M. A. et al. Rentabilidade da terminação em confinamento de bovinos de corte castrados e não castrados. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 4, p. 289-294, 2005a.

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**, Belo Horizonte, v. 57, n. 4, p. 485-493, 2005b.

- LOPES, M. A. et al. Resultados econômicos de sistemas de produção de leite com diferentes níveis tecnológicos na região de Lavras MG nos anos 2004 e 2005. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 252-260, jan./fev. 2009.
- LOPES, M. A. et al. Resultados econômicos de um sistema de produção de leite no município de Itutinga - MG. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 69, n. 1, p. 23-31, jan./jun. 2012.
- LOPES, M. A. et al. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, v. 18, n. 1, p. 1-19, 2016.
- LOPES, M. A.; SANTOS, G. dos. Análise de rentabilidade de fazendas leiteiras em regime de semiconfinamento com alta produção diária. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 65-74, 2013.
- LOPES, M. A.; SANTOS, G. dos. Custo da implantação da rastreabilidade em bovinocultura utilizando os diferentes métodos de identificação permitidos pelo SISBOV. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 4, p. 657-664, out./dez. 2007.
- LOPES, M. A.; SANTOS, G. dos; AMADO, G. B. Viabilidade econômica da adoção e implantação da rastreabilidade em sistemas de produção de bovinos no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 288-294, jan./fev. 2008.
- MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, maio/jun. 2011.
- MARTINS, P. G. **Sistema de aproveitamento das águas pluvias e biodigestor**. Joaçaba: Ed. UNOESC, 2011. 104 p. Trabalho de pesquisa.
- MATSUNAGA, M. et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MATTOS, A. S. et al. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: estudo de caso na jardinagem. **Revista Ciência e Cidadania**, Orleans, v. 1, n. 1, p. 8-18, 2015.
- MCGRATH, D. G. The role of biomass in shifting cultivation. **Human Ecology**, London, v. 15, n. 2, p. 221-242, 1987.
- MINIKOWSKI, M.; GONÇALVES, A. Chuva no município de Irati (PR). **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 181-188, 2009.
- MITEV, J. et al. Preferences of freestall housed dairy cows to different bedding materials. **Journal of the Faculty of Veterinary Medicine Istanbul University**, Istanbul, v. 38, p. 135-140, 2012.
- MONTORO, S. B.; SANTOS, D. F. L.; LUCAS JÚNIOR, J. Análise econômica de investimentos que visam à produção de biogás e biofertilizante por meio de biodigestão anaeróbia na bovinocultura de corte. **RAuNp**, Natal, v. 5, n. 2, p. 23-34, 2013.

- MORELLI, E. B. **Reúso de água na lavagem de veículos**. 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2005.
- MOURA, J. F. P. de. Análise econômica da exploração de leite no cariri paraibano. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v. 32, n. 2, p. 225-231, 2010.
- NACHILUK, K.; OLIVEIRA, M. D. M. Custo de produção: uma importante ferramenta gerencial na agropecuária. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 7, n. 5, p. 1-7, 2012.
- NARDI JÚNIOR, G. N.; SANTOS, E. B. Evolução da produção leiteira do Brasil. **Revista Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 216-217, jun. 2013. Suplemento 1.
- NASCIMENTO, K. L. S. et al. Geração de energia elétrica e viabilidade técnico-econômica de um biodigestor no setor hospitalar. **PUBVET**, Maringá, v. 11, n. 12, p. 1263-1273, 2017.
- NASCIMENTO, T. V. do; FERNANDES, L. M.; YOSHINO, G. H. Potencial de aproveitamento de água de chuva na Universidade Federal do Pará - Belém/PA. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 105-116, jan./abr. 2016.
- NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1992. 93 p.
- NORRING, M. et al. Effects of sand and straw bedding on the lying behavior, cleanliness, and hoof and hock injuries of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, p. 570-576, 2008.
- NORRING, M. et al. Preferences of dairy cows for three tall surface materials with small amounts of bedding. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, p. 70-74, 2010.
- NOVELIS. **Relatório de sustentabilidade Novelis 2017**. Atlanta, 2017.
- OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. In: OLIVEIRA, P. A. V. de et al. (Ed.). **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas praticas**. Concórdia: Gestão Integrada de Ativos Ambientais, 2004. cap. 4, p. 42-55.
- OLIVEIRA, S. M. de; SILVA, T. N. da; PEREIRA, R. da S. A gestão sócio-ambiental e inovação no setor sucroalcooleiro: um estudo de caso na Pioneiros Bioenergia S/A. **Pretexto**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 97-114, abr./jun. 2012.
- OLIVER, A. de P. M. et al. **Manual de treinamento em biodigestão**. São Paulo: Instituto Winrock, 2008. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:MANUAL+DE+TREINAMENTO+em+biodigest?o#0>>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- ORLANDO, D.; JORGE, T.; LIZIANE, L. Cálculo do custo das atividades de gestão ambiental: aplicação do custeio baseado em atividades numa montadora de ônibus. **Revista Chilena de Ingeniería**, Barranquilla, v. 15, n. 2, p. 185-192, 2007.

- ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. de; ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 639-647, set./dez. 2007.
- OURIQUES, Z. R. et al. Aproveitamento da água de chuva em escola municipal de Santa Maria-RS. **Disciplinarum Scientia**. Série Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2005.
- PALHARES, J. C. P. (Org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos: Cubo, 2016. 183 p.
- PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 244-254, 2012.
- PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BUDIÑO, F. E. L. **Biodigestores: tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária**. 2009. Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1255981651.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2016.
- PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Meio ambiente, impacto ambiental e desenvolvimento sustentável: conceituações teóricas sobre o despertar da consciência ambiental. **REUNIR - Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, Sousa, v. 2, n. 4, p. 35-57, set./dez. 2012.
- PERMINIO, G. B. **Viabilidade do uso de biodigestor como tratamento de efluentes domésticos descentralizado**. 2013. 57 f. Monografia (Especialização em Formas Alternativas de Energia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- PETZEN, J. et al. **Eagleview compost dairy barn**. Warsaw: NY Farm Viability Institute, 2009.
- PORTAL BRASIL. **Caderneta de poupança: índices mensais: rendimentos creditados no dia 1º de cada mês**. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- PROENÇA, G. G. de; SCHMIDT, C. A. P. Aproveitamento de água da chuva: um dimensionamento para o caso de aviários. **Revista DAE**, São Paulo, v. 55, n. 197, p. 26-30, 2014.
- REIS, A. dos S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)-Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.
- REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: Ed. UFLA/FAEPE, 2007.
- REIS, R. P. **Introdução à teoria econômica**. Lavras: Ed. UFLA/FAEPE, 1999. 108 p.
- RIBEIRO, E. P.; BERTOLIN, S.; ULIANA, C. A viabilidade econômica da implantação de uma empresa de ração bovina: um estudo de caso. **Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR**, Umuarama, v. 12, n. 1, p. 69-94, 2011.

RIBEIRO, M. S. O custeio por atividades aplicado ao tratamento contábil dos gastos de natureza ambiental. **Caderno de Estudos**, São Paulo, v. 10, n. 19, p. 82-91, set./dez. 1998.

RIZZONI, L. B. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, ano 9, n. 18, p. 1-20, jan. 2012.

RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 43, p. 135-153, 2005.

ROSSATO, M. V.; TRINDADE, L. de L.; BRONDANI, G. Custos ambientais: um enfoque para a sua identificação, reconhecimento e evidenciação. **Statewide Agricultural Land use Baseline 2015**, Honolulu, v. 5, n. 1, p. 72-87, 2009.

ROWBOTHAM, R. F.; RUEGG, P. L. Bacterial counts on teat skin and in new sand, recycled sand, and recycled manure solids used as bedding in freestalls. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 99, n. 8, p. 6594-6608, 2016.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, Itu, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.

SAMILAK, R. et al. **Biodigestor como opção para tratamento de resíduos agroindustriais**. 2010. Disponível em: <<http://pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2010/CONGRESSOS/EPEGE/4.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

SANTANA, L. E. de et al. A biodigestão como solução para a destinação dos resíduos do setor pecuarista: a biodigestão como solução para a destinação dos resíduos do setor pecuarista. **Revista da Ciência da Administração**, Florianópolis, v. 6, p. 1-26, ago./dez. 2012.

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, I. A. dos. **Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) associadas à bovinocultura**: o valor fertilizante do esterco e o impacto da biodigestão anaeróbia. 2012. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia)-Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

SANTOS, L. O.; BARBOSA, S. A.; RIBEIRO, W. F. Análise da qualidade da água da chuva para uso em caldeiras industriais. **Interfaces Científicas: Saúde e Ambiente**, Aracaju, v. 5, n. 1, p. 163-172, 2016.

SANTOS, L. S. **Potencial de aproveitamento da água de chuva na produção de leite**: um estudo de caso. 2015. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J. de. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 25-36, jan./abr. 2004.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J. de; SILVA, F. M. da. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 658-664, set./dez. 2007.

SÃO CARLOS. **Lei nº 17.729**, de 10 de fevereiro de 2016. Cria o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva e institui a sua obrigatoriedade nos imóveis localizados no Município e dá outras providências. São Carlos, 2016. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-carlos/lei-ordinaria/2016/1773/17729/lei-ordinaria-n-17729-2016-cria-o-sistema-de-captacao-e-aproveitamento-de-agua-de-chuva-e-institui-a-sua-obrigatoriedade-nos-imoveis-localizados-no-municipio-e-da-outras-providencias-2016-02-10-versao-original>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

SÃO PAULO. **Lei nº 12.526**, de 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, 2007. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

SCHOONMAKER, K. **Maximize the comfort sofsand**. 2003. Disponível em: <http://www.dairyherd.com/directories.asp?pgID=724&ed_id=582>. Acesso em: 22 mar. 2010.

SCOT CONSULTORIA. **O boom do leite UHT no Brasil**. Disponível em: <br.investing.com/analysis/o-boom-do-leite-uht-no-brasil-5697>. Acesso em: 10 mar. 2017.

SILVA, A. R. da; CIRANI, C. B. S. Viabilidade econômica e benefícios ambientais de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca do Paraná. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 22-53, set./dez. 2016.

SILVA, F. M. da et al. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 608-614, set./dez. 2005.

SILVA, F. M. da et al. Implicações e possibilidades para o ensino a partir da construção de biodigestor no IFRN, Campus Apodi. **Holos**, Natal, v. 6, p. 315-327, 2015.

SILVA, T. P. P. da; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Serão os carrapaticidas agrotóxicos?: implicações na saúde e na percepção de riscos de trabalhadores da pecuária leiteira. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 311-325, 2012.

SILVEIRA, A. et al. Análise comparativa da qualidade da água da chuva precipitada e coletada em coberturas em dois locais no Brasil e em Portugal. **Engenharia Civil**, Minho, n. 52, p. 23-32, 2016.

SIQUEIRA, K. B. et al. **O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2010. 12 p. (Circular Técnica, 104).

SOUZA, R. G.; SILVA, F. M.; BASTOS, A. C. Desempenho de um conjunto motogerador adaptado a biogás. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 190-195, jan./fev. 2010.

TARRENTO, G. E.; MARTINES, J. C. Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru, 2006. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA, V. H. **Biogás**. Lavras: Ed. UFLA/FAEPE, 2003. Textos acadêmicos.

TEIXEIRA JÚNIOR, F. E. P. et al. Efeito dos manejos de amansamento de primíparas no préparto e do maior peso vivo ao parto na rentabilidade da atividade leiteira. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v. 23, n. 12, p. 81-86, jan./jun. 2016.

TEIXEIRA JÚNIOR, F. E. P.; LOPES, M. A.; RUAS, J. R. M. Efeito da idade de aquisição de fêmeas de reposição na rentabilidade da atividade leiteira. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 72, n. 1, p. 59-68, 2015.

TOBIAS, A. C. et al. Avaliação dos impactos ambientais causados pela extração de areia no leito do rio Piracanjuba, município de Silvania GO. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2010.

TUPY, O. et al. Eficiência econômica na produção de leite tipo B no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 14-20, fev. 2003.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Identificando *benchmarks* de leite. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 40, n. 1, p. 81-96, jan. 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

UTZ DORNBERGER. **Biogas digest: biogas, costs and benefits and biogas: programme implementation**. Leipzig, 2012. v. 3.

VASCONCELLOS, C. **Aéreas do Brasil**. São Paulo: BEI, 2014. 234 p.

WESTRUP, G. et al. Estudo da viabilidade econômica de geração de energia elétrica a partir de biogás proveniente de dejetos de suínos de uma propriedade rural em Forquilha/SC. **Revista Ciência & Cidadania**, Orleans, v. 1, n. 1, p. 19-37, 2015.

XAVIER, C. A. N.; SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J. Digestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros: efeito da dieta e da adição de caldo de cana-de-açúcar. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 65, n. 250, p. 131-138, 2016.

ZANIN, A.; BAGATINI, F. M.; PESSATTO, C. B. Viabilidade econômico-financeira de implantação de biodigestor: uma alternativa para reduzir os impactos ambientais causados pela suinocultura. **Custos e Agronegócio On line**, Recife, v. 6, n. 1, p. 121-139, 2010.

ZOCCAL, R. **Estatísticas de consumo**. 2009. Disponível em: <http://https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_168_21720039245.html>. Acesso em: 20 jan. 2020.

ZOOCAL, R. A força do agro e do leite no Brasil. **Balde Branco**, São Paulo, ago. 2017.
Disponível em: <<http://www.baldebranco.com.br/forca-agro-e-leite-no-brasil/>>. Acesso em: 4 mar. 2018.

APÊNDICE A - MEMORIAL DESCRITIVO

Descrição da infraestrutura para a produção de leite existente na fazenda Catete

1. Subprojeto 1: Viabilidade econômica da implantação de tecnologias ambientalmente corretas e seu impacto no custo de produção do leite

1.1. Descrição geral do biogigestor

O biodigestor existente na fazenda Catete foi projetado e implantado pela empresa Sansuy. Desde a sua concepção, foi pensado para receber dejetos da atividade leiteira e da granja de suínos existente na propriedade. Atualmente, ocorre o aproveitamento do biofertilizante, nas plantações de milho, também, produz energia elétrica, a partir do biogás.

Para o perfeito funcionamento do biodigestor, houve uma preocupação com o processo de separação dos materiais, em especial, areia, com a finalidade de prolongar o tempo de utilização das cúpulas, sem a necessidade de limpeza. Assim, a separação da areia ocorre em pistas e canaletas de decantação (será melhor detalhado no subprojeto 2) e há uma máquina separadora de sólidos (FIGURAS 1 a 3) e dois tanques de decantação com capacidade de 30.000 litros cada, antes do envio final do material para o biodigestor (FIGURA 4).

O processo se inicia com a abertura dos registros, para lavagem do galpão (*flushing*), o material cai em canaletas, segue a decantação nas pistas de areia e, por fim, nos tanques de decantação. No primeiro tanque de decantação, há uma bomba, modelo abs cj 30, (FIGURA xx) que joga o material para a máquina separadora de sólidos, modelo k65, da marca wamgrob. A máquina faz a separação, e dejetos líquidos vão para uma caixa coletora que direciona para o biodigestor. Os sólidos, esterco, em sua maioria, são amontoados para posterior aproveitamento.

São duas cúpulas com 35 x 13,30 metros de largura (FIGURA 5). Os principais produtos da biodigestão são o biofertilizante e gases, dos quais o predominante é o gás metano, que pode ser utilizado para a geração de energia elétrica. O biofertilizante é armazenado em uma lagoa de 21,20 x 21,20 metros (FIGURA 6) e o gás foi canalizado para a geração de energia elétrica. Tudo isto foi contemplado pelo projeto.

Figura 1 - Máquina separadora de sólidos.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 2 - Máquina separadora de sólidos.



Figura 3 - Painel para controle da máquina separadora de sólidos, motobomba e emergência.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 4 - Tanques de decantação localizados antes do biodigestor.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 5 - Cúpulas do biodigestor.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 6 - Lagoa de biofertilizante.



Fonte: Da autora (2019).

1.1.1. Grupo gerador e abrigo do grupo gerador

Na propriedade, há um grupo gerador GMVM120, modelo 6.12T 6c/24v, para geração de energia, a partir do biogás (FIGURA 7), marca ER BR. Este gerador fica sob um abrigo de alvenaria de 5,07m x 4,17m, com altura de 3,15m e cobertura de telhas de barro (Figura 8). Nas laterais, há duas janelas teladas de 2,09 x 2,97m (FIGURA 9) e, na entrada do abrigo, há uma porta de zinco 2,65 x 2,87m e, no lado oposto, uma janela, também, telada com dimensões de 2,09 x 1,76m (FIGURA 10).

Figura 7 - Grupo gerador.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 8 - Fundos do abrigo do grupo gerador.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 9 - Lateral do abrigo do grupo gerador.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 10 - Entrada do abrigo do grupo gerador.



Fonte: Da autora (2019).

1.1.2. Canalização do gás para o grupo gerador

A canalização do biogás é subterrânea, com canos de pvc de 100mm, num total de 896,6 metros, o que corresponde a 150 barras de cano de 6,0m (FIGURA 11).

Figura 11 - Canalização do gás das cúpulas para o grupo gerador.



Fonte: Da autora (2019).

1.1.1. Rede elétrica do grupo gerador para as instalações

Atualmente a energia elétrica produzida pelo grupo gerador tem sido suficiente para manter os galpões de *free stall*, durante todo o dia e parte da noite. Estima-se o uso de, aproximadamente, 15 horas diárias, em média, (liga-se o grupo gerador por volta das 7h30min e o desliga às 22h30min). A energia tem sido usada, para manter os ventiladores, aspersores e os termostatos dos dois galpões de *free stall*, mas é importante mencionar que, em determinados momentos, tem ocorrido a queima do gás pelo excesso não utilizado.

Foi necessário construir uma rede elétrica independente de 95,5m (FIGURA 12) de cabos 16mm, a qual faz a distribuição da energia elétrica produzida.

Figura 12 - Rede de distribuição de energia elétrica do grupo gerador para os galpões de *free stall*.



Fonte: Da autora (2019).

2. Subprojeto 2: Viabilidade econômica da implantação de infraestrutura para reaproveitamento de areia da cama de *free stall* de um sistema de produção de leite

A cama exerce grande influência sobre o conforto dos animais em sistemas de criação de *free stall*. O material a ser utilizado nas camas deve atender a vários requisitos como conforto, higiene e apresentar viabilidade econômica no uso. Na propriedade em estudo, a areia das camas é totalmente aproveitada.

Para facilitar a descrição e compreensão, o material será dividido em canaletas, pista de recuperação de areia e área de recuperação do galpão de *free stall 1 e 2*.

2.1. Descrição e apresentação do dimensionamento das canaletas, pista e área de recuperação de areia do galpão de *free stall 1*

A descrição das canaletas e do processo se dará a partir do galpão de *free stall 1* (FIGURA 13). O processo se inicia com o acionamento de um registro, na base da caixa da

água do *flushing* (FIGURA xx) e segue com a separação por decantação por canaletas. Por gravidade, a água segue pelo galpão e cai na canaleta 1 (FIGURA 14).

As canaletas e pistas são de concreto. A canaleta 1 possui 30,0m de comprimento, 0,80m de largura, 90 cm (FIGURA 15). Na sequência, passa por um bueiro de 3,6m de comprimento, com 0,55m de diâmetro (FIGURA 16). Após esse bueiro, há outra canaleta, a qual foi denominada canaleta 2 do galpão de *free stall* 1, que possui as dimensões de 3,20m de comprimento, 0,75m de largura, 0,90m de profundidade e espessura das paredes de 0,15m (FIGURA 17). Essa canaleta despeja os efluentes, em uma pista de 3,88m de largura, 45,00m de comprimento, paredes laterais de 2,00m do lado direito, 0,60m do lado esquerdo, com espessuras de 15cm nas paredes laterais e 10cm no chão (FIGURA 18).

O efluente segue e, após a decantação da areia, ela é retirada, com um trator com concha, para a área de recuperação de areia 1, na qual é revirada de duas a três vezes por semana até secar para que volte para a cama. Essa área possui 70,00m, 52m de laterais (FIGURA 19) e 20 e 23m (FIGURAS 20 e 21).

Figura 13 - Identificação dos galpões de *free stall*.



Fonte: Da autora (2019).

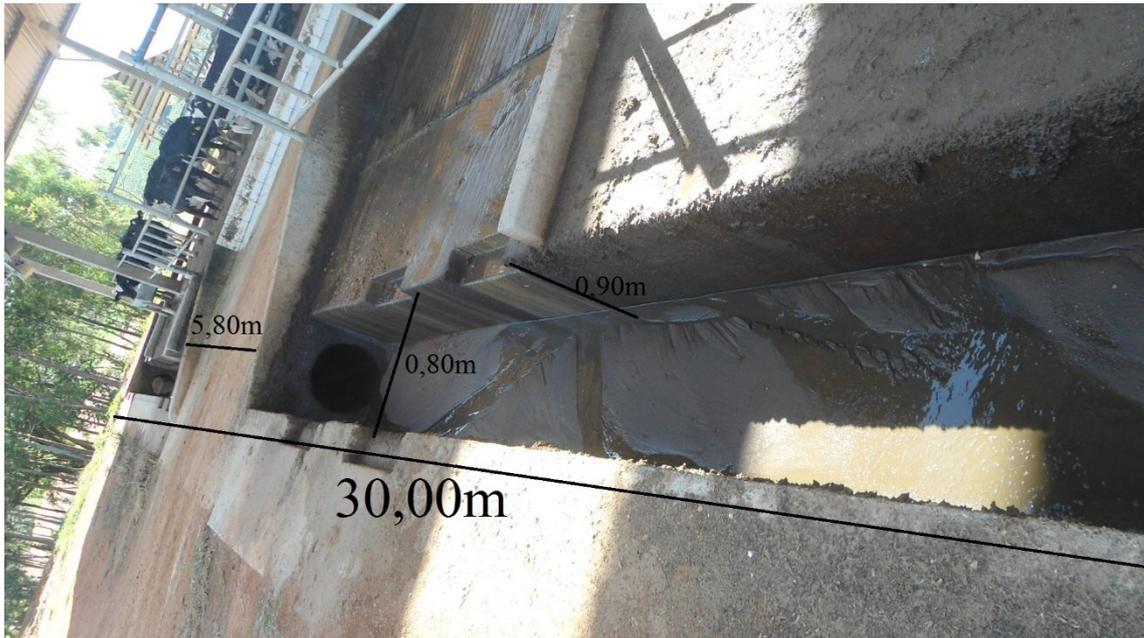
Figura 14 - Saída do *flushing*.

Fonte: Da autora (2019).

Figura 15 - Identificação das canaletas do galpão de *free stall 1*.

Fonte: Da autora (2019).

Figura 16 - Dimensões da canaleta 01, do galpão de *free stall* 1.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 17 - Dimensões do bueiro de ligação da canaleta 1 com a canaleta 2 do galpão de *free stall* 1.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 18 - Dimensões da canaleta 2, do galpão de *free stall* 1.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 19 - Dimensões da pista de decantação do galpão de *free stall* 1.



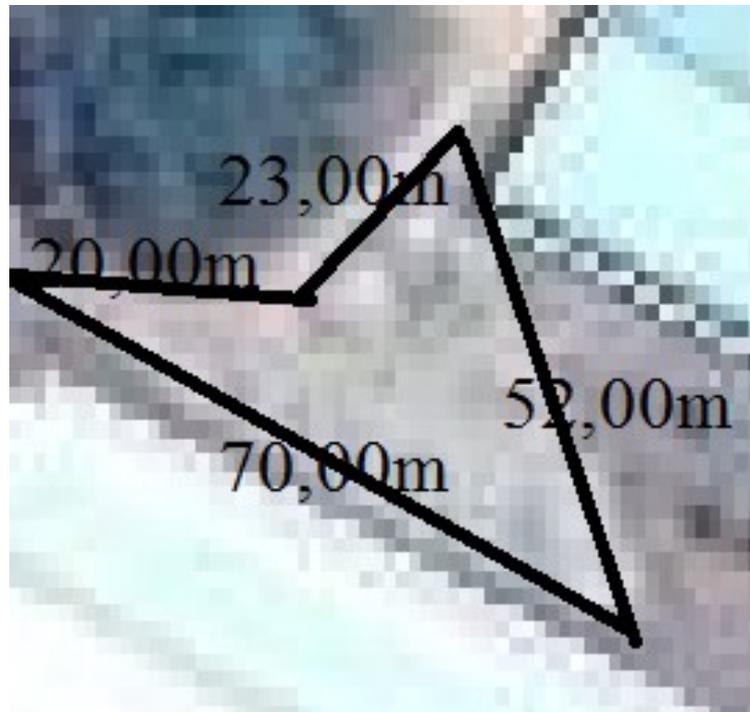
Fonte: Da autora (2019).

Figura 20 - Dimensões da área de recuperação de areia 1.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 21 - Dimensões da área de recuperação de areia 1, vista superior.

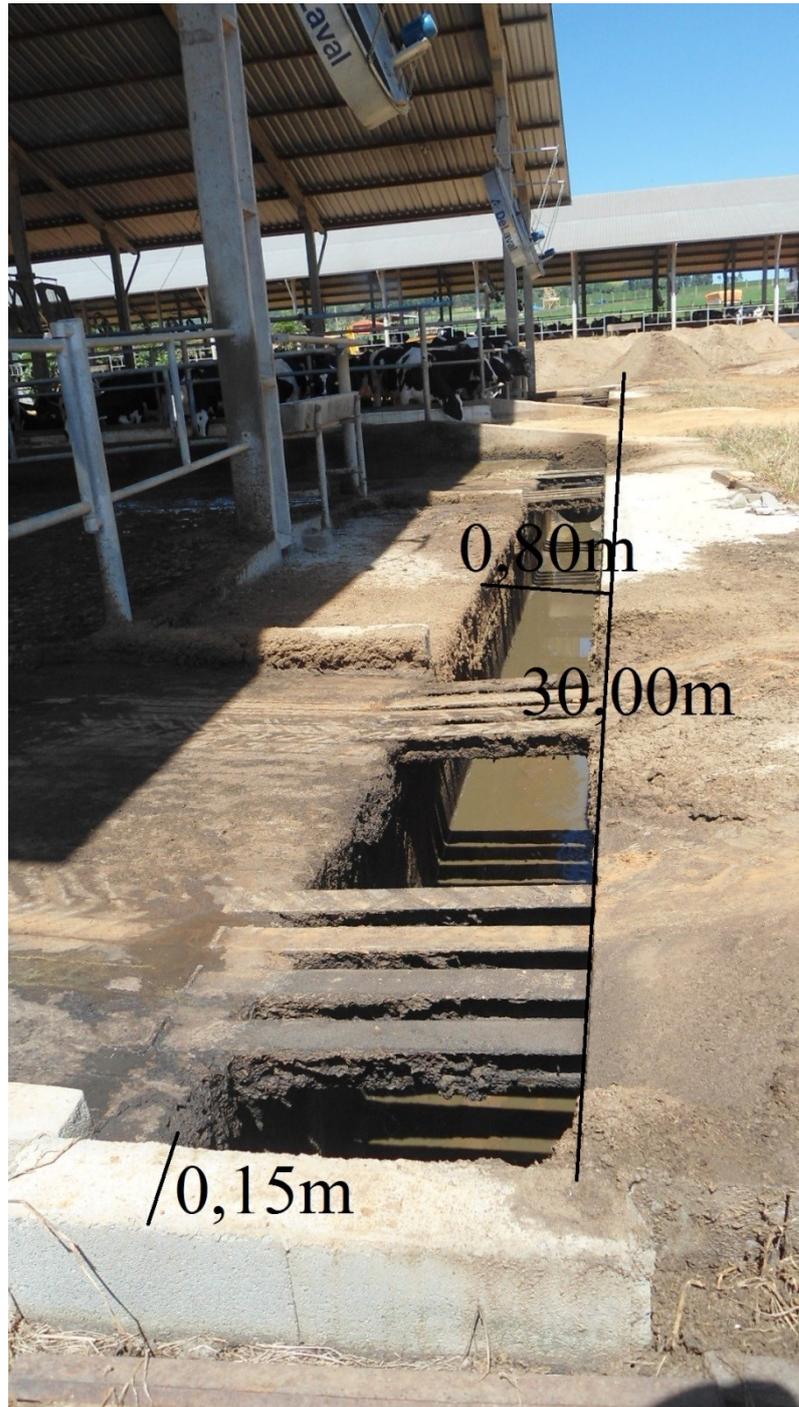


Fonte: Da autora (2019).

2.2. Descrição e apresentação do dimensionamento das canaletas, pista e área de recuperação de areia do *free stall* 2

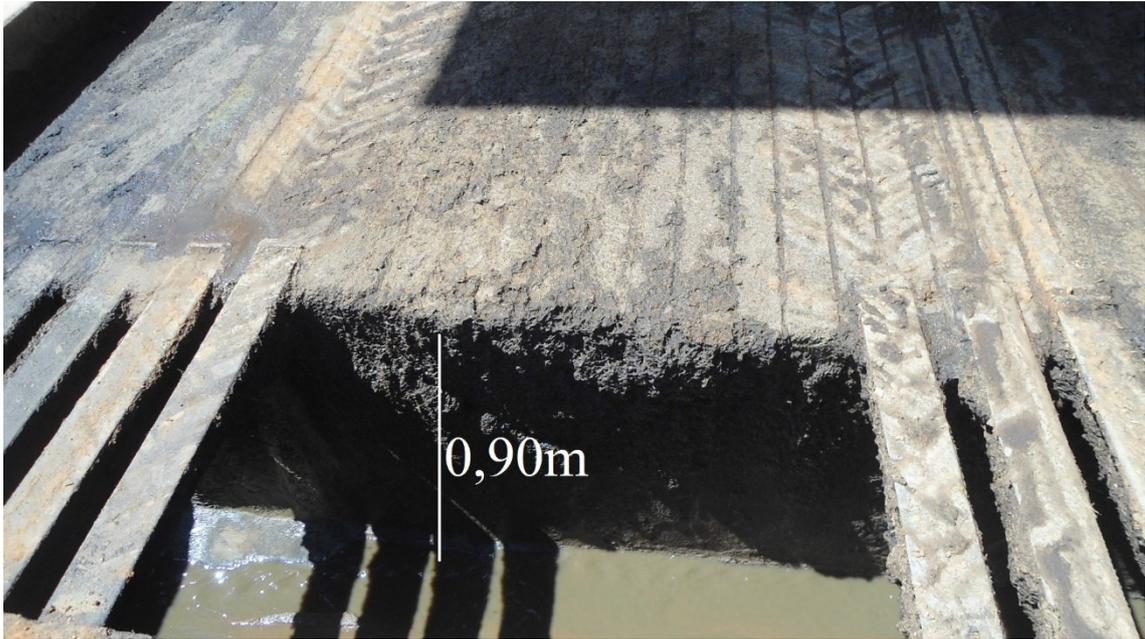
O processo de decantação e separação dos sólidos no galpão de *free stall* 2 não é diferente do processo do galpão de *free stall* 1, descrito anteriormente. Inicia-se com o acionamento de um registro, na base da caixa da água do *flushing* e segue com a separação por decantação por canaletas. Por gravidade, a água segue pelo galpão e cai na canaleta 1 (FIGURA 22). As canaletas e pistas são de concreto. A canaleta 1 possui 30,0m de comprimento, 0,80m de largura e espessura de concreto de 0,15m (FIGURA 22); a profundidade é de 0,90m (FIGURA 23). Os efluentes escoados para o lado direito do galpão vão para a canaleta 2 do galpão de *free stall* 2, de 52,00m de comprimento, 0,90m de profundidade e 0,75m de largura (FIGURA 24). Enquanto os efluentes direcionados para o lado esquerdo do galpão passam por um bueiro (bueiro 2) de 6,00 m de comprimento, com 0,55m de diâmetro (FIGURA 25), seguem para canaleta 3, do galpão de *free stall* 1, que possui as dimensões de 3,20m de comprimento, 0,75m de largura, 0,90m de profundidade e espessura das paredes de 0,15m (FIGURA 26). Essa canaleta despeja os efluentes em uma pista de 3,88m de largura, 78,70m de comprimento, paredes laterais de 0,70m no primeiro estágio e de 0,80m no segundo estágio, com espessuras de 15cm nas paredes laterais e 10cm no chão (FIGURA 27).

Figura 22 - Dimensões da canaleta 1, do galpão de *free stall* 1.



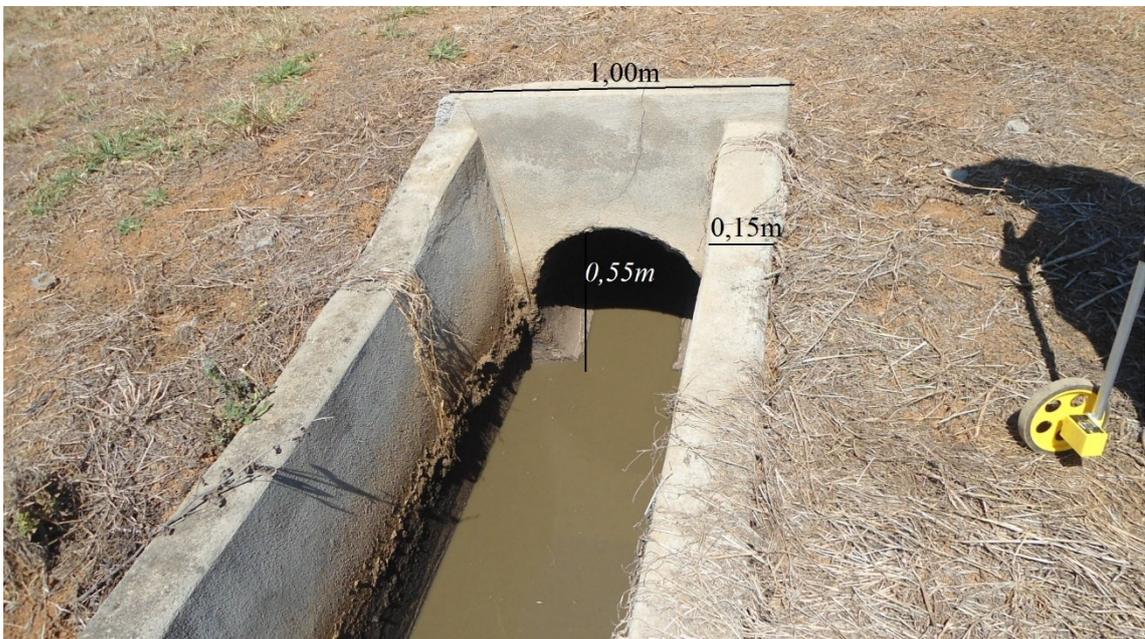
Fonte: Da autora (2019).

Figura 23 - Profundidade da canaleta 1 do galpão de *free stall* 2.



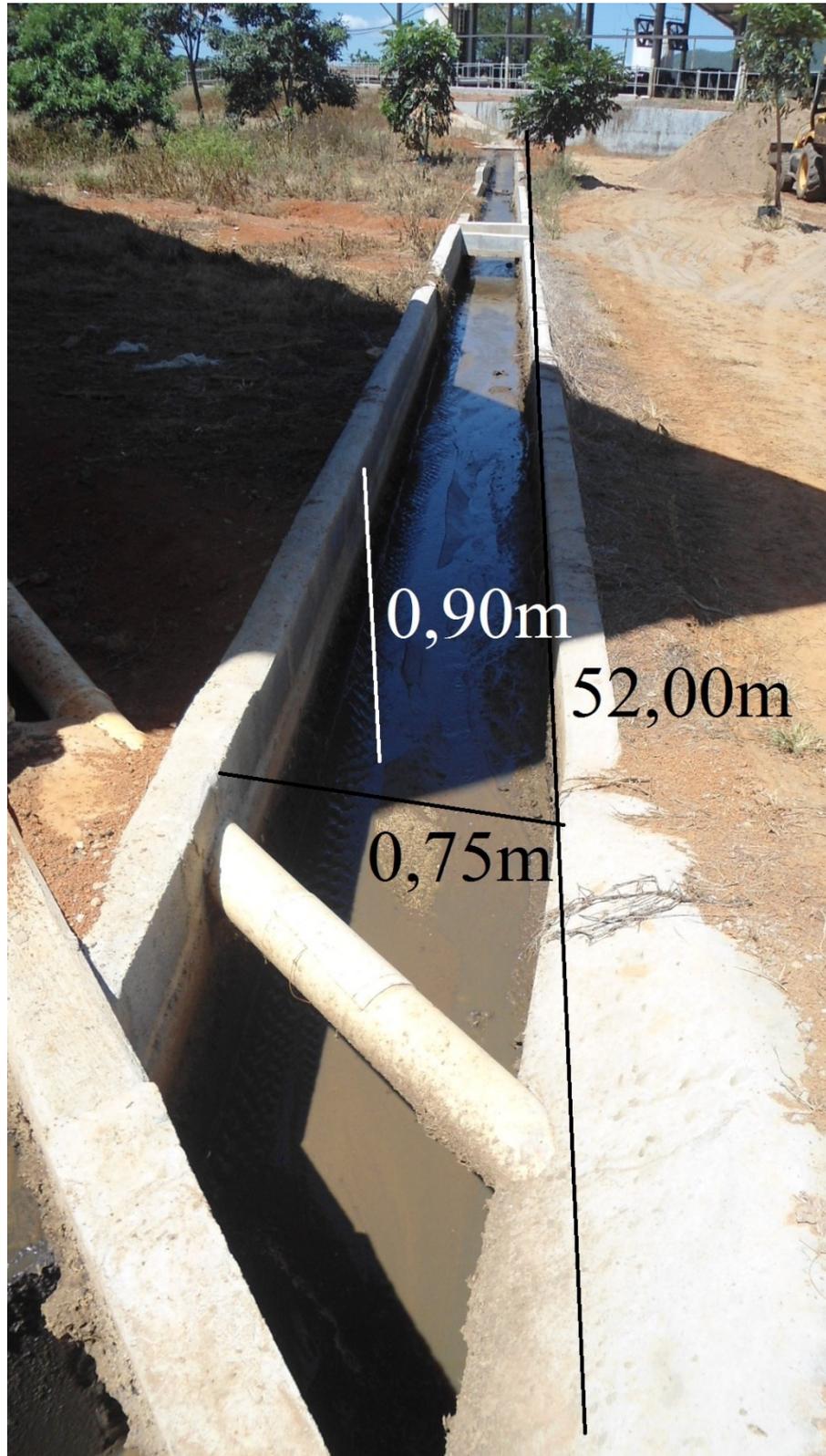
Fonte: Da autora (2019).

Figura 24 - Bueiro de ligação da canaleta 1 do galpão de *free stall* 2 a pista de decantação do galpão 2.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 25 - Dimensões da canaleta 2 do galpão de *free stall* 2.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 26 - Dimensões da canaleta 3 do galpão de *free stall* 2.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 27 - Dimensões da pista de decantação 2.



Fonte: Da autora (2019).

O efluente segue e, após a decantação da areia, ela é retirada, com um trator com concha, para a área de recuperação de areia 2, na qual é revirada de duas a três vezes por semana até secar para que volte para a cama. Esta área possui 55,00m de comprimento e 30m de laterais (FIGURA 28).

Figura 28 - Dimensões da pista de recuperação de areia 2.



Fonte: Da autora (2019).

3. Subprojeto 3: Viabilidade econômica da implantação da infraestrutura para captação de água de chuva do telhado de galpão de *free stall*

A captação de água de chuva proporciona ao sistema economia de água ao sistema de produção. Para realizar o estudo de viabilidade econômica, foram considerados os encanamentos, as calhas, cisternas e bombas para lançar a água da cisterna para as caixas d'águas.

Na fazenda em estudo, já foram implantados as calhas e os encanamentos, para captação de água, que será jogada nas cisternas nos dois galpões de *free stall*. No galpão de *free stall* 1, são 16 encanamentos de pvc de cada lado, totalizando 32 encanamentos (FIGURA 29) de 7m e uma curva, ambos de 100mm. No chão, a água é canalizada para a cisterna em canos de pvc de 150mm, por toda a extensão do galpão de 107m de comprimento.

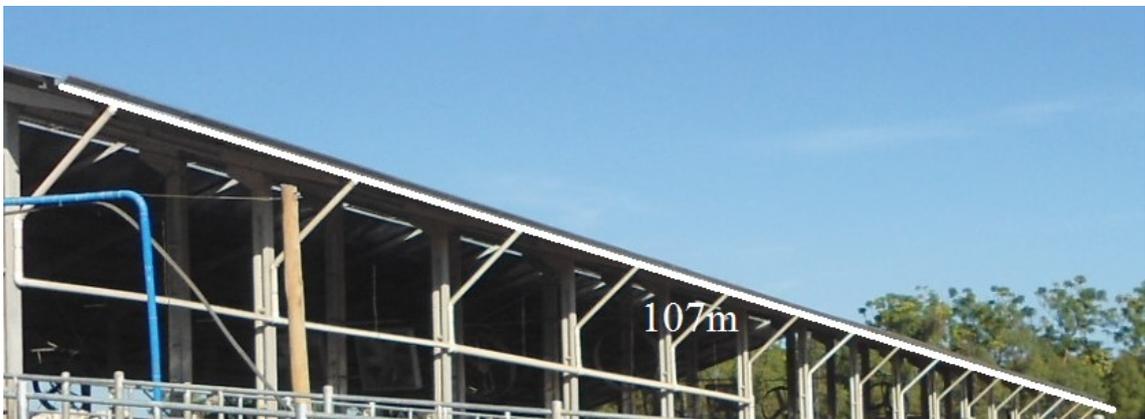
Figura 29 - Encanamento da captação de água de telhado do galpão 1.



Fonte: Da autora (2019).

As calhas também acompanham a extensão do galpão, são 107m de calhas de aço galvanizado de cada lado (FIGURA 30), o que totaliza 214m de calhas.

Figura 30 - Comprimento da calha de um lado do galpão de *free stall* 1.



Fonte: Da autora (2019).

No galpão de *free stall* 2, são 10 encanamentos de pvc de cada lado, totalizando 20 encanamentos (FIGURA 31) de 7m e uma curva, ambos de 100mm. No chão, a água é canalizada para a cisterna em canos de pvc de 150mm, por toda a extensão do galpão, 78m de comprimento de cada lado, totalizando 156m.

Figura 31 - Encanamento da captação de água de telhado do galpão 2.



Fonte: Da autora (2019).

As calhas também acompanham a extensão do galpão, 78m de calhas de aço galvanizado de cada lado (FIGURA 32), o que totaliza 156m de calhas.

Figura 32 - Comprimento da calha de um lado do galpão de *free stall* 2.



Fonte: Da autora (2019).

4. Subprojeto 4: Viabilidade econômica da implantação de infraestrutura do flushing em um sistema de produção de leite

A limpeza dos galpões de *free stall* ocorre com o *flushing*, mas vale a pena destacar que, na propriedade estudada, ele ocorre com o biofertilizante, que é bombeado da lagoa de biofertilizante. Para que esse processo de limpeza fosse implantado, foi necessária a

implantação de dois reservatórios de aço carbono, modelo tubular, com capacidade de 30.000l, no galpão 1 são da marca J.A. (FIGURA 33) e, no galpão 2 (FIGURA 34), são da marca FIDO.

Na saída de cada reservatório, há uma lona de 2,35x1,40m, amarrada com uma corda, a qual tem a função de direcionar o jato de biofertilizante (FIGURA 35).

Figura 33 - Reservatório de biofertilizante para realizar o *flushing*, galpão 1.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 34 - Reservatório de biofertilizante para realizar o *flushing*, galpão 2.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 35 - Lona de direcionamento do jato do *flushing*.



Fonte: Da autora (2019).

Existe duas bombas trifásicas, de modelo WEQ W22, 160M, com potência de 18,5Hp e 25cv que bombeiam o biofertilizante da lagoa para os reservatórios. São 200m de encanamento de mangueiras pretas de 50mm.

5. Subprojeto 5: Efeito da adoção de medidas ambientalmente corretas no custo de produção do leite e na rentabilidade de um sistema de produção de leite

O sistema de produção de leite adotado é o intensivo. A fazenda possui um total de 428 animais estabulados, em dois galpões de *free stall*, ambos abertos nas laterais e extremidades, pilares de concreto pré-fabricados, com altura de 6m, piso frisado, cobertura de zinco, região da cumeeira sem cobertura, camas de areia. As medidas específicas de cada galpão foram:

- Galpão 1: 90,00m de comprimento (FIGURA 36), 30m de largura (FIGURA 37), corredor central (alimentação, com 5,80m (FIGURA 38) de largura e corredor de manejo com 3,00 de cada lado (FIGURA 39), que se interliga ao corredor de acesso à sala de ordenha, total de 230 camas.

Figura 36 - Comprimento do galpão 1.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 37 - Distribuição da largura do galpão 1.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 38 - Largura do corredor central (alimentação) dos galpões.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 39 - Corredor de manejo dos galpões.



Fonte: Da autora (2019).

- Galpão 2: 60,00m de comprimento (FIGURA 40), 30m de largura (FIGURA 41), corredor de alimentação com 5,80m de largura (FIGURA 41) e corredor de manejo com 3,00 de cada lado que se interliga ao corredor de acesso à sala de ordenha, total de 198 camas.

Figura 40 - comprimento do galpão 2.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 41 - Largura do galpão 2.



Fonte: Da autora (2019).

Cada galpão possui duas caixas d'água de 30.000l de capacidade, que recebem biofertilizante para que possa ser realizada a limpeza por *flushing*. Na saída para liberação do biofertilizante, há uma lona de 2,35m de comprimento por 1,40 de largura, a qual é costurada, fechando um círculo, cada caixa possui duas lonas, totalizando quatro por galpão (detalhado no Subprojeto 4: Viabilidade econômica da implantação de infraestrutura do flushing em um sistema de produção de leite).

Os animais são conduzidos por um corredor de manejo e ali têm acesso a uma pista, também de concreto frisado.

Poço artesiano

Há um poço artesiano, que está localizado próximo à casinha das bezerras e do abrigo do biodigestor (FIGURA 42). A água é bombeada para uma caixa de água mestre com capacidade para 30.000L (FIGURA 43) que distribui água para os bovinos e suínos da propriedade, a granja suína possui outra caixa de água que recebe água de outra fonte. Da caixa de água mestre, a água é bombeada para dois reservatórios de água de polipropileno (FIGURA 44), que se encontram próximos à sala de ordenha, cada uma possui capacidade de 30.000L, das quais ocorre a distribuição de água para bebedouros, sala de ordenha e os aspersores.

Figura 42 - Poço artesiano.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 43 - Caixa de água mestre.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 44 - Reservatórios de água para utilização na sala de ordenha e aspersores.

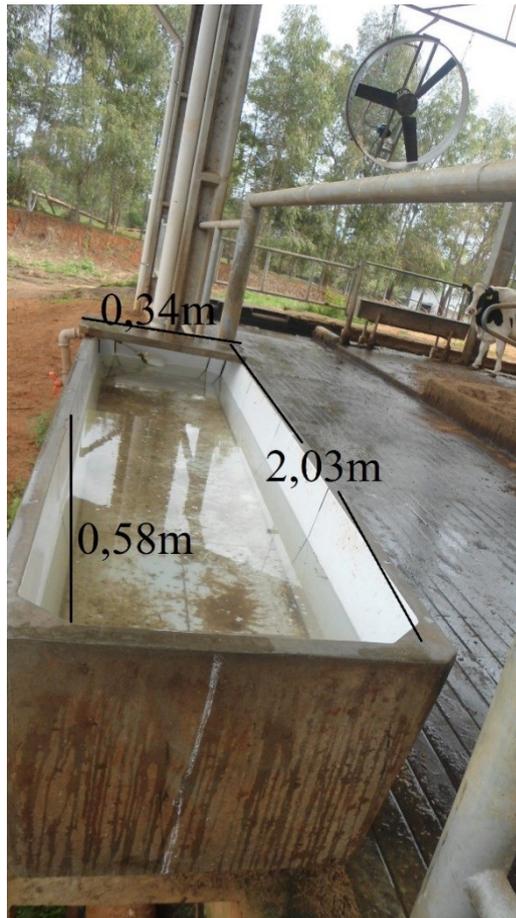


Fonte: Da autora (2019).

Bebedouros

No galpão 1, são 10 bebedouros, cinco em cada lateral do galpão de *free stall*, os quais possuem 2,03m de comprimento, 0,58m de altura e 0,34m de largura (FIGURA 45), de concreto com revestimento cerâmico na parte interna (FIGURA 45); no galpão 2, são 14 bebedouros, sete em cada lateral e um na sala de espera.

Figura 45 - Bebedouro de água com revestimento cerâmico na parte interna.



Fonte: Da autora (2019).

Cochos de sal mineral

O sal mineral é oferecido à vontade, em quatro cochos de concreto com medidas de 1,30 x 0,35, são dois cochos, em cada galpão, com 1,30m de altura e 0,30m de profundidade interna.

Encanamento de água

A água é canalizada do poço artesiano para uma caixa de água mestre. São 116,48m de rede de água realizados com canos de canos de 50mm.

Climatização

Aspersores e ventiladores: os galpões são climatizados com 88 (galpão 1) e 120 (galpão 2) aspersores (FIGURA 46); 10 (galpão 1) e 24 (galpão 2) ventiladores (FIGURA 47), os quais são acionados automaticamente de acordo com as necessidades ambientais.

Figura 46 - Aspersor.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 47 - Ventiladores.



Fonte: Da autora (2019).

Curral de espera

Os animais têm acesso ao curral de espera por uma pista de tubos galvanizados de 37,60m de comprimento por 3,70m de largura (FIGURA 48), que interliga a uma pista dupla com 3,70m de cada lado, 5,50m de comprimento de tubos galvanizados. O curral de espera é composto de uma área descoberta com 9,70m de comprimento (FIGURA 49) e 10,70m de largura, construído com cordoalha e pilastras de madeira; e a área de 17,40m x 20,2m (FIGURAS 50 e 51) é coberta com zinco, chão de concreto frisado, cercada com cordoalha, com pilastras de madeira a cada 3,60m. Para a climatização do ambiente, existem quatro ventiladores (FIGURA 52). Há um bebedouro de concreto de 2,0m de comprimento, 0,5m de largura e 0,38m de altura (FIGURA 53).

Figura 48 - Largura da pista de acesso dos galpões a sala de ordenha.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 49 - Corredor de acesso a ordenha.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 50 - Comprimento do curral de espera descoberto.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 51 - Largura do curral de espera.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 52 - Ventiladores do curral de espera.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 53 - Bebedouro do curral de espera.



Fonte: Da autora (2019).

Sala de ordenha

A sala de ordenha é coberta com telha de zinco, possui modelo espinha de peixe, tem 9,4m de comprimento e 7,4m de largura (FIGURA 54) com fosso de 2,26m de comprimento, 0,60m de altura e 1,10m de largura (FIGURA 55). O sistema de ordenha adotado é ordenha de linha baixa, com 10 unidades de ordenha Delaval de cada lado do modelo C200, com extrator de teteiras mp.

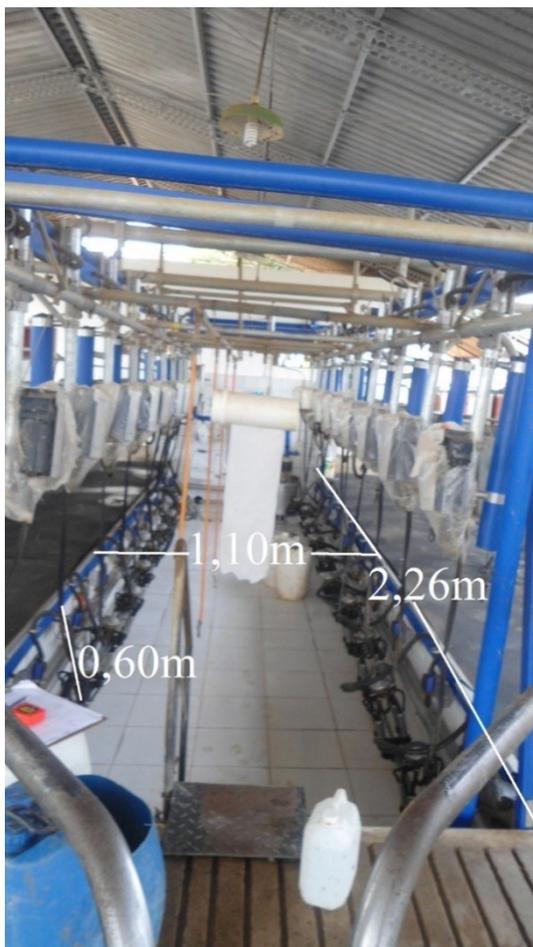
Nas duas laterais da sala de ordenha, há um colchão de borracha de 7,70m x 1,90m (FIGURA 56).

Figura 54 - Dimensões da sala de ordenha.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 55 - Medidas do fosso da sala de ordenha.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 56 - Dimensões do colchão de borracha da sala de ordenha.



Fonte: Da autora (2019).

Sala de leite

A propriedade possui duas salas de leite, e uma delas só é utilizada em caso de algum problema com os tanques da sala de leite principal. A capacidade total de armazenamento de leite é de 19.000L de leite. Durante o período de coleta, somente os tanques de 9.300 e 5.000L estavam sendo utilizados.

A sala de leite principal possui 7,10m x 6,00m, com cobertura de zinco e uma das laterais também é protegida com zinco. Nessa sala de leite, ficam os tanques com capacidade para de 9.300 e 5.000L.

Os tanques reserva (são dois), ficam em uma sala de alvenaria de 4,90m x 4,20m, piso de cerâmica, coberto com zinco. Há uma porta de 0,90m que dá acesso à sala de ordenha e, nos fundos, tem uma porta de correr de zinco, que possui 2,60m de largura e 1,80m de altura.

Outras instalações

Próxima à sala de ordenha e às salas de leite, há um escritório de alvenaria, piso de cerâmica, cobertura de telha de barro.

Na lateral, há um banheiro de 1,40 x 3,70m, é uma instalação simples, com revestimento cerâmico até a altura de 1,60m, no qual há pia e vaso sanitário e instalação para chuveiro.

Atrás das salas de leite, há um depósito de sal mineral de 2,50m x 3,00m (FIGURA 57). É uma construção em alvenaria, coberta com telhas de barro e piso de cimento bruto.

Figura 57 - Dimensões do depósito de sal mineral.



Fonte: Da autora (2019).

Do lado esquerdo do curral de espera, há uma sala de medicamentos construída em alvenaria, cobertura de zinco, janela veneziana, duas portas de madeira e medidas de 5,40m x 3,00m.

Os motores da sala de leite reserva são abrigados sob uma cobertura de zinco de 1,60m x 4,80m, atrás da referida sala de leite.

Tanques de esfriamento de leite

O tanque de 5.000L é da marca Alfa Delaval. O tanque de 9.300L é da marca ETSCHIED Techno, Tipo KT9000-2, 220 volts, 75A e 60 Hz. Os tanques reserva, um Plurinox, modelo PRV Série: 3863, capacidade de 2.500L, fabricado em 05/01; o outro marca Japy, modelo CVS 1550, de 2.200L, 220V e 60Hertz são utilizados somente se os tanques da sala de leite principal apresentarem algum problema.

Ciclo da areia

A areia passa por um processo de reciclagem. A areia que cai no corredor é levada juntamente com as fezes e urina dos animais e passa por um processo de separação. Esse processo se inicia por separação em uma pista, a qual possui uma declividade de 0,3%. Após percorrer a pista, há duas “piscinas” que recebem todo o resíduo (biofertilizante utilizado para lavar os galpões, fezes, urina e areia que não ficou retida na pista de areia), na primeira, fica retida a maior quantidade de sólidos e há uma bomba que irá bombear este conteúdo para que uma máquina separadora de sólidos separe o esterco dos demais resíduos.

Na segunda “piscina”, os sólidos não são visíveis, saindo daí o material que irá para o biodigestor que possui duas áreas, uma de 30x55m (total de 1.650m²) e outra triangular de 45x30x70m, cuja areia é revirada, a cada dois dias, para que seque e tenha condições de reuso.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**ARTIGO 1 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
BIODIGESTOR TIPO CANADENSE PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
DESTINADA À ATIVIDADE LEITEIRA****ARTICLE 1 - ECONOMIC FEASIBILITY OF THE IMPLANTATION OF A
CANADIAN-TYPE BIODIGESTOR FOR THE GENERATION OF ELECTRIC
ENERGY INTENDED FOR DAIRY PRODUCTION**

Fabiana Alves Demeu¹, Marcos Aurélio Lopes², Eduardo Mitke Brandão Reis³,
André Luis Ribeiro Lima⁴, Francisval de Melo Carvalho⁴, Júlio César Pascale Palhares⁵,
Marcelo Henrique Otenio⁶.

¹Professora do Instituto Federal de Rondônia, Bolsista Pró Doutoral Capes,
Doutoranda UFLA, ²Professor Titular do Departamento de Medicina Veterinária da
UFLA, ³Professor da Universidade Federal do Acre, ⁴Professor do Departamento de
Administração e Economia da UFLA, ⁵Pesquisador da EMBRAPA São Carlos,
⁶Pesquisador da EMBRAPA Juiz de Fora.

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo com o
Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.**

RESUMO

Objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense para a geração de energia elétrica em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais. Especificamente, pretendeu-se estimar a produção de energia elétrica gerada, a partir do biodigestor tipo canadense, estimar o custo total de produção (CT), custo operacional total (COT) e custo operacional efetivo (COE) de um kW de energia gerada, e estimar o ponto de equilíbrio de energia produzida, a partir do biogás. A pesquisa foi realizada em uma propriedade localizada no sul de Minas Gerais, no período entre janeiro a dezembro de 2017. Realizou-se a análise de cenários MOP (mais provável, otimista e pessimista): cenários 1; 2 e 3. No cenário 1, foram considerados a utilização de energia elétrica para a climatização apenas dos galpões de *free stall* em 13h/dia, mais aproveitamento de 50% do biofertilizante produzido. No cenário 2, a utilização da energia elétrica foi de 13h/dia, utilizada para climatização dos galpões de *free stall* e sala de ordenha, um aumento de energia estimado em 10%, em relação ao cenário 1, mais aproveitamento de 75% do biofertilizante produzido; e, no cenário 3, adotou-se a utilização de energia elétrica para a climatização dos galpões de *free stall* em 6,5h/dia, mais aproveitamento de 25% do biofertilizante produzido. Em todos os cenários foi considerado o valor cobrado por kWh pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) no período de janeiro a dezembro de 2017. Realizou-se, ainda, simulações de Monte Carlo com taxas mínimas de atratividade variando de zero a 50%. A geração de energia elétrica utilizando um biodigestor tipo canadense, nas condições estudadas, apresentou viabilidade econômica em todos os cenários, apresentando valor presente líquido (VPL) positivos, taxas internas de retorno (TIR) acima da taxa mínima de atratividade, *payback* simples e descontados abaixo do horizonte de 10 anos e relações benefício/custo (RBC) satisfatórias (maior que 1). O COE de 1 kWh de energia elétrica foi estimado em R\$0,1990; R\$0,1791 e R\$0,3308 para os cenários 1; 2 e 3, respectivamente, enquanto que o CT médio, considerando todos os cenários, foi de R\$0,5618 ($\pm 0,21$), acima dos valores de aquisição na CEMIG, que seria de R\$0,50. Os CT foram de R\$99.804,42 para os cenários 1 e 2; e de R\$92.424,09 para o 3, com taxa mínima de atratividade de 8,50, enquanto que COT foi de R\$69.486,62 nos cenários 1 e 2 e de R\$62.229,66, no 3. Em todos os cenários, a quantidade de energia elétrica gerada foi superior ao ponto de equilíbrio, ou seja, aproximadamente, cinco vezes a quantidade considerada no cenário 3. Todos os modelos de simulação de Monte Carlo apresentaram VPL positivos. As simulações indicam que há grande probabilidade de ficarem acima do esperado, assim como a taxa mínima de atratividade até 30% refletem alta probabilidade de VPL positivo.

Palavras-chave: Análise de cenários. Biofertilizante. Biogás. Indicadores de rentabilidade. Tratamento de Dejetos.

ABSTRACT

We aimed at analyzing the economic feasibility of the implantation and use of a Canadian-type biodigester for generating electricity in a dairy production system in southern Minas Gerais, Brazil. We specifically intended to estimate the production of electricity generated from the Canadian-type biodigester, the total cost of production (TC), the total operating cost (COT), and the effective operating cost (COE) of one kW of energy, also determining the balance point of energy produced from biogas. The survey was conducted in a property located in southern Minas Gerais, from January to December 2017. We analyzed the following MOP scenarios (most likely, optimistic, and pessimistic): Scenario 1 - considering the use of electricity for air conditioning only in the free stall sheds at 13h/day, also using 50% of the biofertilizer produced, Scenario 2 - use of 13h/day of electricity for air conditioning of the free stall and milking parlor sheds, an estimated increase of 10% when compared to Scenario 1, in addition to the use of 75% of the biofertilizer produced, and, Scenario 3 - use of 6.5h/day of electricity for acclimatizing the free stall sheds, in addition to 25% of the biofertilizer produced. The amount charged per kWh by the Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) from January to December 2017 was considered in all scenarios. Monte Carlo simulations were performed with minimum attractiveness rates ranging from zero to 50%. Electricity generation using a Canadian-type biodigester, under the studied conditions, presented economic feasibility in all scenarios, with a positive net present value (NPV), internal return rates (IRR) above the minimum attractiveness rate, simple and discounted payback below the 10-year horizon, and satisfactory benefit-cost ratios (RBC) (superior to 1). The 1 kWh COE was estimated at R\$ 0.1990, R\$ 0.1791, and R\$ 0.3308 for scenarios 1, 2 and 3, respectively, while the average TC, considering all scenarios, was R\$ 0.5618 (± 0.21), superior to the acquisition values at CEMIG, which are R\$ 0.50. The TCs were R\$ 99,804.42 for Scenarios 1 and 2, and R\$ 92,424.09 for Scenario 3, with a minimum attractiveness rate of 8.50, while COT was R\$ 69,486.62 in Scenarios 1 and 2 and R\$ 62,229.66 in Scenario 3. The amount of electricity generated was superior to the balance point in all Scenarios, approximately five times the amount considered in Scenario 3. All Monte Carlo simulation models had positive NPV. The simulations indicate that they are likely to be higher than expected since the minimum attractiveness rate of up to 30% reflects a high probability of positive NPV.

Keywords: Scenario analysis. Biofertilizer. Biogas. Profitability indicators. Waste treatment.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é um importante componente do agronegócio do país, com estimativa de produção de 24,11 bilhões de litros de leite no ano de 2017 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2018). O estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional com 26,4% da produção (IBGE, 2017). Paralelamente aos aspectos financeiros da atividade, com importante participação no PIB brasileiro, a atividade leiteira desempenha função social de extrema relevância para o país, pois muitos produtores têm este produto como a principal fonte de renda da propriedade (BERGAMASCHI; MACHADO; BARBOSA, 2010) e contribui para a fixação de milhares de famílias no campo e à geração de milhões de empregos diretos e indiretos (ALMEIRA et al., 2015).

A sustentabilidade na produção animal tem sido a preocupação de vários pesquisadores e objeto de estudo em várias pesquisas tais como: a utilização do conceito de DfD (*Design for Deconstruction*), que tem o potencial de limitar o impacto ambiental da construção apoiando a desmontagem e a reutilização de materiais de construção no final da vida, reduzindo o uso de concreto (LESO et al., 2018); utilização da terra bruta (tijolos de barro não queimados) como material para construção de instalações, em substituição à materiais mais caros, mas com características térmicas inferiores e maior impacto ambiental (BARBARI et al., 2014a, 2014b); a palha de cereais embalada em fardos retangulares, como ocorre diretamente após a colheita no campo, está cada vez mais usada em edifícios como elemento de enchimento de paredes, uma vez que apresenta alta sustentabilidade (CONTI et al., 2017); instalações projetadas, levando em consideração as necessidades de animais ao ar livre e a escolha de materiais de construção adequados e disponíveis na própria região (ROSSI et al., 2018).

Dentre os itens essenciais para a produção de leite nas propriedades rurais pode-se destacar a energia, fator este importante do planejamento ao gerenciamento da produção, percorrendo todos os processos até a conservação e aquisição pelo consumidor final. Dispêndios com energia foram apontados por vários autores (LOPES et al., 2015; MORAES et al., 2018; SANTOS; ALMEIDA JUNIOR; LOPES, 2018) como um importante componente do custo de produção do leite, com expressiva representatividade (média de 7,16%; $\pm 0,86$) no COE (custo operacional efetivo).

O crescente aumento de consumo de energia elétrica é uma preocupação e apresenta previsão de crescimento de 3,2% ao ano até 2050, o que gera a necessidade de investimentos no setor. O setor agropecuário indica leve declínio de consumo de energia elétrica (0,4%). No

entanto, deve-se destacar que o setor continua em crescimento, mas proporcionalmente menor que outros setores na projeção do ministério de Minas e Energia, como a indústria e o setor de transporte (BRASIL, 2014). Diante do aumento da demanda de energia elétrica, há a necessidade de investimentos no setor energético, e a busca por fontes alternativas é uma necessidade para o país a fim de que o setor agropecuário continue a crescer e mantenha o importante papel econômico e social que ocupa.

Devido à importância do setor energético, diversos pesquisadores têm estudado a viabilidade econômica da geração de energia elétrica de fontes alternativas, como: viabilidade econômica da produção de microalgas para a geração de eletricidade (HOLANDA; RAMOS, 2011); o uso do biogás em granjas de suínos (LIMA; MIRANDA, 2014; MARTINS; OLIVEIRA, 2011; WESTRUP et al., 2015); potencial de geração de energia e a viabilidade econômica e ambiental da adoção de um biodigestor em ambiente hospitalar (NASCIMENTO et al., 2017); energia maremotriz (BISPO et al., 2016); custos de produção de energia a partir do biogás produzidos por dejetos de caprinos, bovinos e suínos, para sistemas de semiconfinamento (CALZA et al., 2015); viabilidade econômica da utilização de biogás produzido em granja suinícola para a geração de energia elétrica (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010); biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos (DOTTO; WOLFF, 2012); análise econômica da biodigestão anaeróbia na bovinocultura de corte (MONTORO; SANTOS; LUCAS JÚNIOR, 2013); biodigestão anaeróbica na produção de suínos (RIZZONI, 2012). No entanto, somente um trabalho sobre viabilidade da geração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite foi encontrado (COLDEBELLA et al., 2006). Considerando os aspectos apresentados, bem como a importância do tema, objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense para a geração de energia elétrica em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais. Especificamente, pretendeu-se, ainda, estimar a quantidade de energia elétrica gerada, o custo total (CT), custo operacional total (COT) e custo operacional efetivo (COE) de um kWh de energia gerada, e estimar o ponto de equilíbrio de energia elétrica produzida a partir do biogás.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma propriedade localizada no sul de Minas Gerais; no período entre janeiro a dezembro de 2017. A propriedade possui uma área de 504 hectares e desenvolve as atividades da cultura de café, criação de suínos e a pecuária leiteira, foco deste estudo, que ocupa 100 ha.

O sistema de produção é intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação e em pré-parto, em dois galpões do tipo *free stall*, com dimensões de 90 x 30m (galpão 1) e 60 x 30m (galpão 2), com 230 e 198 camas, respectivamente, com capacidade para alojar, aproximadamente, 428 vacas da raça holandesa, puras por cruzamento ou puras por origem. A produção total média diária de leite, no período, foi de 11.864,95 kg ($\pm 1.388,79$ kg) e média de 32,28 kg ($\pm 2,68$) de leite por vaca em lactação. A alimentação se dava na forma de dieta completa, com silagem de milho (*Zea mays*) e concentrado, fornecida em pista de alimentação, três vezes ao dia.

Na pesquisa, foram consideradas duas etapas diferentes no levantamento das informações, conforme proposto por Lopes et al. (2004). Na primeira, utilizando-se um formulário e caderneta de campo, foi realizado o inventário completo da infraestrutura e bens utilizados. Posteriormente, os itens foram alocados em um dos seguintes grupos: benfeitorias, equipamentos e máquinas.

Quanto às benfeitorias (lagoa para biofertilizante, tubulação para dejetos, tubulação para a condução do gás e abrigo para o gerador de energia elétrica), cada uma foi medida e registrado um resumo do memorial descritivo. 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 (LOPES et al., 2004). No grupo equipamentos, foram considerados duas cúpulas do biodigestor, dois tanques antes do biodigestor e o filtro de gás sulfídrico; quanto às máquinas, um grupo gerador ER BR GMV 120 modelo 6.12T, uma motobomba, para condução do biofertilizante, e a máquina separadora de sólidos.

Na segunda etapa, o sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para este fim. Os itens que compõem o custo operacional efetivo do kWh de energia elétrica gerada foram alocados em grupos: mão de obra, impostos considerados fixos, manutenção e reparo de máquinas e benfeitorias e despesas diversas. No item manutenção da infraestrutura, foi adotado o percentual de 4% do valor dos bens (HAACK;

OLIVEIRA, 2013) e, para a remuneração do capital de giro, adotou-se os valores de 8,50 e 6,99% ao ano, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Tais dados foram cadastrados em uma planilha desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados, bem como para análise da viabilidade econômica da tecnologia de tratamento do efluente de bovinos. Tal planilha contemplou as duas estruturas do custo de produção: Custo Total de Produção, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004), e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976). Neste estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981).

Para se estimar a quantidade de energia elétrica consumida pelo sistema de produção de leite, em kWh, foi considerada a estimativa de economia, informada pela empresa que implantou o biodigestor², bem como a comparação da quantidade de energia elétrica utilizada em sistemas de produção de leite semelhantes, mas que não há um biodigestor implantado. Como valor da tarifa, por kWh, foi considerado aquele cobrado pela Companhia Energética de Minas Gerais para áreas rurais (CEMIG) no período de janeiro a dezembro de 2017.

Para estimar a quantidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, presentes no esterco a ser utilizado nas lavouras, realizou-se análise no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras. De posse das quantidades, estimou-se valores monetários para os nutrientes utilizando-se as metodologias de Kiehl (1985) e Petzen et al. (2009), considerando os valores por grama desses nutrientes presentes em adubos comerciais. Assim, estimou-se o valor do quilo de nutrientes por quilo de esterco. Utilizando-se apenas a metodologia de Kiehl (1985), adotou-se procedimento semelhante, em duas amostras coletadas da lagoa de biofertilizante para estimar o valor desses nutrientes no biofertilizante, que foi analisado no Laboratório de Análises de Água da UFLA (LAADEG).

Para se obter a estimativa da produção de biogás/dia, foi considerado o valor médio equivalente de biogás de 0,0425m³ (0,040 a 0,045) por quilo de esterco de vaca (OLIVER et al., 2008). Para a estimativa da quantidade de fezes e urina excretada por animal, foram considerados dados da literatura, em função da espécie (bovinos), categoria animal e da quantidade dos animais, como proposto por Santos (2012). A produção de esterco por vaca/dia foi obtida a partir da equação proposta por Santos (2012), considerando a produção de esterco de 0,07kg/dia por quilo vivo do animal. A produção anual de biogás foi estimada pela metodologia de Avaci et al. (2013).

² Informação fornecida pela empresa Sansuy, em 23 março de 2018.

Para realizar a estimativa de produção do biofertilizante, nesta pesquisa, foram consideradas a produção diária de biofertilizante e a disponibilidade anual da planta (CERVI, 2009). E, para quantificar as receitas obtidas com a produção de biofertilizante, adotou-se a metodologia proposta por Cervi (2009), em que a quantidade de nutrientes foi multiplicada pelos preços médios, praticados no mercado de Lavras, no primeiro semestre de 2018.

Foi considerada como receita, no fluxo de caixa, a economia na redução do COE, da energia elétrica gerada, a partir do biogás, em kWh, multiplicado pelo valor praticado pela concessionária de energia (Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG no período de janeiro a dezembro de 2017). Para o esterco e o biofertilizante, foram consideradas as quantidades de nutrientes na matéria seca, e multiplicou-se pelo valor dos preços dos nutrientes praticados no mercado, para adubos comerciais.

Foram estimados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR); *payback* simples e descontado, conforme preconizado por Casarotto Filho e Kopittke (1987), e a relação benefício/custo (RBC) utilizada por Haraguchi, Siddiqi e Narayanamurti (2019). Na estimativa desses indicadores, foi adotado o horizonte de 10 anos (JUNGES et al., 2009). Para a taxa de desconto, foram simulados dois cenários: de 8,50% ao ano, por ser a taxa de financiamento disponível para produtores rurais que se dispõem a implantar atividades dessa magnitude; e de 6,99%, por ser a taxa de juros da poupança, no acumulado do ano de 2017 (PORTAL BRASIL, 2017).

Realizou-se a análise de cenários MOP (mais provável, otimista e pessimista): cenários 1; 2 e 3, utilizada por Groppelli e Nikbakht (2010). No cenário 1 foram considerados a utilização de energia elétrica para a climatização apenas dos galpões de *free stall* em 13h/dia, mais aproveitamento de 50% do biofertilizante produzido. No cenário otimista (2), a utilização da energia elétrica foi de 13h/dia, utilizada para climatização dos galpões de *free stall* e sala de ordenha; um aumento na utilização de energia elétrica, em kWh, estimado em 10%, em relação ao cenário 1, mais aproveitamento de 75% do biofertilizante produzido; e, no cenário 3, adotou-se a utilização de energia elétrica para a climatização dos galpões de *free stall* em 6,5h/dia, mais aproveitamento de 25% do biofertilizante produzido. Em todos os cenários foi considerado o valor cobrado por kWh pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

Realizou-se, ainda, dois modelos para Simulação de Monte Carlo (LAPONNI, 2007), utilizando-se o Microsoft Office Excel[®]. Para a construção dos modelos, foram utilizadas as seguintes variáveis: unidades de energia (kWh) e de biofertilizante (L), valor unitário pago pelo kWh da energia elétrica, custo unitário do kWh da energia elétrica e do litro de

biofertilizante (R\$/L), custo fixo do biodigestor, investimentos do biodigestor, taxa de desconto e prazo. Cada variável utilizada foi determinada a partir dos dados coletados, e foi considerada a estrutura da própria fazenda analisada. Cada variável foi analisada, levando em consideração suas características dentro do processo produtivo da fazenda.

A simulação de Monte Carlo é uma ferramenta empregada em projetos de investimentos que tem como primícias a geração de números aleatórios correlacionados às entradas e às saídas de caixa, base para o cálculo do VPL e TIR. As alterações aleatórias do fluxo de caixa funcionam como cenários aleatórios, o que permite inúmeras possibilidades de resultados futuros (TORRES, 2006). A geração de números aleatórios ocorre a partir de uma distribuição pré-definida, baseada em dados históricos e nas experiências do analista (OLIVEIRA; ALMEIDA; REBELATTO, 2009). Os dados de entrada são relacionados com o processo produtivo da energia elétrica: para isso foi necessário saber qual era a quantidade de matéria prima (efluente) utilizado para cada kWh de energia elétrica gerada, pois foi o que definiu o cálculo da estimativa da variável quantidade de energia gerada. Diante dos valores mínimos e máximos, utilizou-se a planilha e a função triangular proposta por Laponni (2007), em que foram gerados 1.000 valores possíveis para cada variável e possibilitou a análise da estatística descritiva dos dados. O VPL significa o valor de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial (Oliveira; Macedo, 1996). Realizou-se ainda simulações de Monte Carlo com taxas mínimas de atratividade variando de zero a 50%.

Os índices econômicos foram comparados, por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo dos recursos necessários para a implantação de um biodigestor tipo canadense, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, é apresentado na Tabela 1. Tais recursos foram úteis nas análises e discussões dos resultados encontrados nesta pesquisa. O maior valor foi em máquinas, que correspondeu a 54,19% dos investimentos. Apesar de apresentar um percentual menor (10,36%), quando comparado ao grupo máquinas, a área para implantação do biodigestor deve ser considerada, pois se não for utilizada para esta finalidade poderá ser para outra atividade produtiva. Comparações a respeito dos valores e percentuais investidos, para a realização da implantação de um biodigestor não foram possíveis, pois, nos poucos trabalhos encontrados (LIMA; MIRANDA, 2014; NASCIMENTO et al., 2017; WESTRUP et al., 2015), não há detalhamento com a divisão dos investimentos. Além disso, a maioria dos sistemas não adota a máquina separadora de sólidos, o que caracteriza um sistema de produção diferente, com investimentos menores. Neste trabalho, somente essa máquina (modelo K65, marca Wamgrob) foi adquirida por R\$130.000,00, o que representou 61,90% do valor em máquinas e 33,54% do valor do patrimônio, sem considerar a terra. Martins e Oliveira (2011) estimaram 19,23% dos investimentos em máquinas, valor bem inferior ao encontrado neste estudo. No entanto, esses pesquisadores não mencionaram o investimento em uma máquina separadora de sólidos.

Tabela 1 - Recursos utilizados para a implantação de um biodigestor tipo canadense para geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em R\$ e US\$.

Especificação	Valor (R\$)	Valor (US\$)	(%)
Valor do patrimônio em terra	40.160,00	12.395,06	5,46
Valor do patrimônio sem terra	347.374,00	107.214,20	47,27
Valor em benfeitorias	132.374,00	40.856,17	18,01
Valor em equipamentos	5.000,00	1.543,21	0,68
Valor em máquinas	210.000,00	64.814,81	28,58
Valor total imobilizado	734.908,00	226.823,46	100,00
Valor imobilizado por vaca alojada	827,08	253,71	0,24

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$3,26, cotação média de 01/01 a 31/12/2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

O valor imobilizado/vaca alojada, de R\$827,08 (0,24% da infraestrutura para recuperação do biodigestor), representou somente 3,99% dos R\$20.466,11 (US\$6.277,95) imobilizado/vaca alojada do sistema de produção, sem considerar a terra; tais valores são inferiores à média de R\$18.516,0 da pesquisa de Santos e Lopes (2012). Se for considerada a inflação do IPCA (IBGE, 2018), acumulada no período, ele foi inferior, em 57,16%, , portanto, mais eficiente.

A energia gerada pelo biodigestor tipo canadense representou 50,99%; 53,62% e 34,22% da energia elétrica utilizada no sistema de produção, respectivamente, para os cenários 1, 2 e 3. O fluxo de caixa do projeto, considerando o horizonte de 10 anos, pode ser observado na Tabela 2. O fluxo de caixa descontado é o que representa o maior rigor técnico e conceitual para expressar o valor econômico. Esse método de cálculo de valor está voltado para apuração da riqueza absoluta do investimento - valor presente de um fluxo de benefícios econômicos líquidos de caixa esperados no futuro-, estando consistente com a maximização do valor da empresa (ASSAF NETO, 2012). O cenário mais provável (1) cenário praticado na fazenda no período de coleta de dados, mostrou-se promissor, uma vez que, além de ajudar na conservação do meio ambiente, o que é um dos pilares da sustentabilidade, ainda apresentou VPL positivo, TIR acima da taxa de atratividade e *payback* simples e descontado abaixo do horizonte proposto (TABELA 3). Vale salientar que já existe um planejamento para melhorar a eficiência de utilização dos recursos disponíveis aumentando a utilização de biogás. Tal fato evidencia que o aumento das receitas no fluxo de caixa é pela melhor utilização do biogás disponível e pelo uso do biofertilizante nas culturas da propriedade. O biofertilizante pode proporcionar economia ao sistema de produção, se bem utilizado e, caso os adubos comerciais estejam mais caros, resultará na diminuição dos gastos com suas aquisições.

Tabela 2 - Fluxo de caixa do projeto de viabilidade econômica (em milhares de R\$) da implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica em um sistema de produção de leite, em diferentes cenários.

(continua)

	Cenário 1: mais provável						Cenário 2: otimista						Cenário 3: pessimista					
	Anos																	
1. Receitas	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
1.1 Biofertilizante	0,00	107,94	107,94	107,94	107,94	107,94	0,00	161,92	161,92	161,92	161,92	161,92	0,00	53,97	53,97	53,97	53,97	53,97
1.2 Energia elétrica gerada	0,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	0,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	0,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00
1.3 Esterco	0,00	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	0,00	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	0,00	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81
Total de Receitas (1.1+1.2+1.3)	0,00	239,75	239,75	239,75	239,75	239,75	0,00	305,72	305,72	305,72	305,72	305,72	0,00	131,78	131,78	131,78	131,78	131,78
2. Saídas																		
2.1 Investimentos																		
2.1.1 Benfeitorias	132,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	132,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	132,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.2 Máquinas	210,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	210,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	210,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.3 Equipamentos e implementos	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.4 Área	40,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal investimentos (2.1.1+2.1.2+2.1.3+2.1.4)	434,03	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	434,03	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	426,22	38,68	38,68	38,68	38,68	38,68
2.2 Despesas operacionais	46,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total das Saídas (R\$) (2.1+2.2)	434,03	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	434,03	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	426,22	38,68	38,68	38,68	38,68	38,68
Fluxo Líquido de Caixa (FLC)	-434,03	193,26	193,26	193,26	193,26	193,26	-434,03	259,23	259,23	259,23	259,23	259,23	-426,22	93,10	93,10	93,10	93,10	93,10
*Fluxo Líquido de Caixa descontado	-434,03	178,12	164,16	151,30	139,45	128,52	-434,03	238,92	220,20	202,95	187,05	172,40	-426,22	85,80	79,08	72,89	67,18	61,91

Tabela 2 - Fluxo de caixa do projeto de viabilidade econômica (em milhares de R\$) da implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica em um sistema de produção de leite, em diferentes cenários.

	(Conclusão)														
	Cenário 1: mais provável					Cenário 2: otimista					Cenário 3: pessimista				
	Anos														
1. Receitas	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
1.1 Biofertilizante	107,94	107,94	107,94	107,94	107,94	161,92	161,92	161,92	161,92	161,92	53,97	53,97	53,97	53,97	53,97
1.2 Energia elétrica gerada	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00
1.3 Estercos	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81
Total de Receitas (1.1+1.2+1.3)	239,75	239,75	239,75	239,75	239,75	305,72	305,72	305,72	305,72	305,72	131,78	131,78	131,78	131,78	131,78
2. Saídas															
2.1 Investimentos															
2.1.1 Benfeitorias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.2 Máquinas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.3 Equipamentos e implementos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.4 Área	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal investimentos (2.1.1+2.1.2+2.1.3+2.1.4)	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	38,68	38,68	38,68	38,68	38,68
2.2 Despesas operacionais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total das Saídas (R\$) (2.1+2.2)	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50	38,68	38,68	38,68	38,68	38,68
Fluxo Líquido de Caixa (FLC)	193,26	193,26	193,26	193,26	193,26	259,23	259,23	259,23	259,23	259,23	93,10	93,10	93,10	93,10	93,10
Fluxo Líquido de Caixa descontado*	118,46	109,18	100,62	92,74	85,47	158,89	146,45	134,97	124,40	114,65	57,06	52,59	48,47	44,68	41,18

Fonte: Da autora (2018).

*Taxa de desconto adotada: 8,50%

Tabela 3 - Indicadores econômicos para a implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite em free stall, no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, considerando diferentes taxas de descontos (TD).

Especificação	Cenário 1: mais provável				Cenário 2: otimista				Cenário 3: pessimista			
	TD 8,50%		TD 6,99%		TD 8,50%		TD 6,99%		TD 8,50%		TD 6,99%	
VPL (R\$)	833.998,47		923.956,09		1.229.614,23		1.387.529,26		184.626,64		227.961,72	
TIR (%)	43,31		43,30		59,15		59,15		17,48		17,48	
Benefício/Custo	2,92		3,13		3,92		4,20		1,43		1,53	
<i>Payback</i>	¹ S	² D	¹ S	² D	¹ S	² D	¹ S	² D	¹ S	² D	¹ S	² D
Anos	2	2	2	2	1	1	1	1	4	6	4	5
Meses	2	7	3	6	8	10	8	10	6	0	6	8
Dias	29	9	29	13	3	19	3	5	29	16	29	18

Fonte: Da autora (2018).

¹S= *payback* simples; ²D= *payback* descontado.

O cenário 2 é o que tem a melhor utilização dos recursos disponíveis e apresentou a melhor receita no fluxo de caixa. Tal fato é em razão do aumento da escala, devido a melhor utilização do biogás. Lopes et al. (2006) observaram que a escala de produção influenciou o custo operacional total de produção e, portanto, a lucratividade e a rentabilidade. Atribuíram esse fato à otimização da estrutura física da empresa, pois aumentando a escala de produção, até determinados níveis, o custo operacional total por unidade é reduzido. Esses pesquisadores apontaram duas alternativas para diminuir o custo operacional total: o aumento da eficiência e a produção em escala.

O cenário 3 possui as desvantagens de utilizar uma quantidade pequena dos recursos disponíveis, apenas 25% do biofertilizante e 6,5h de utilização de energia elétrica gerada, a partir do biodigestor, somente para o *free stall*. Tais fatos podem comprometer a viabilidade da implantação da infraestrutura. Na literatura, pesquisas de Cervi, Esperancini e Bueno (2010) mostraram inviabilidade econômica na implantação de biodigestor para a geração de energia elétrica, em granja de suínos, justamente pela ausência de dimensionamento técnico apropriado da demanda de energia elétrica para o grupo gerador.

A implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense, nas condições estudadas, apresentaram viabilidade econômica em todos os cenários (TABELA 3), apresentando VPL positivos, o que indica que o investidor terá ganho financeiro (CHENÇO, 2016); TIR acima das taxas mínimas de atratividade, o que significa que o investimento terá retorno financeiro maior; e *payback* simples e descontados abaixo do horizonte proposto

(TABELA 3), evidenciando que será possível recuperar todo o capital investido antes do horizonte de 10 anos. As relações benefício/custo foram satisfatórias (2,92; 3,92 e 1,43 para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente com juros de 8,50%; no caso dos juros de 6,99% foram de, 3,13; 4,20 e 1,53 para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente), indicando que os custos do projeto são menores, em relação aos benefícios proporcionados. Esses resultados evidenciam que, em termos práticos, haverá evolução patrimonial, e que o investidor tem, nesta atividade, uma boa opção de investimento, ou seja, haverá criação de riqueza. No estudo de Esperancini et al. (2007), com utilização de esterco de suínos para a geração de biogás, a amortização dos investimentos ocorreu em 2,5 anos, se a energia fosse utilizada somente para consumo residencial. Quando eles consideraram o uso de N, P, K como fertilizante, o *payback* foi de 11 meses. Tais valores são bem inferiores aos encontrados neste estudo; o que pode ser justificado pela utilização do potencial máximo de uso dos recursos (energia elétrica e biofertilizante produzido) e, no presente estudo, não foi considerada essa possibilidade em nenhum dos cenários, pois optou-se por trabalhar com uma reserva do efluente do biodigestor, pois ele também é utilizado para lavar a pista de alimentação do *free stall*.

Neste estudo, não foi considerada a economia pela substituição da água pelo efluente do biodigestor para limpeza dos galpões de *free stall*, que poderia ser uma forma de redução do custo da lavagem, dependendo do sistema de captação de água (gravidade ou com uso de energia elétrica). A reutilização da água e de efluentes em propriedades rurais deve ser incentivada, pois há uma necessidade eminente de se economizar e conservar os recursos hídricos disponíveis. Com previsões de que a água, cada vez mais, será um bem escasso à humanidade e a todos os setores da sociedade, alternativas como essa poderão contribuir para as viabilidades econômica e ambiental da atividade leiteira.

No entanto, é importante destacar que os sistemas de produção agropecuários necessitam de investimentos para amenizar os impactos ambientais; mas, se não conciliados com a redução nos custos, podem inviabilizar a atividade produtiva. Dessa forma, há a necessidade de se conhecer o sistema de produção e seus custos, pois, assim, é possível utilizar todo o potencial produtivo, maximizar os lucros e identificar os pontos de estrangulamento e corrigi-los, garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental, uma vez que se consiga diminuir os impactos ambientais ocasionados pelas atividades desenvolvidas.

Coldebella et al. (2006) verificaram que a viabilidade econômica da geração de energia elétrica, a partir do biogás, depende do funcionamento diário do gerador de energia elétrica. Os autores afirmaram que se for considerado o uso do biofertilizante haverá aumento da receita, e como não ocorreria aumento expressivo dos custos, pode contribuir para a

viabilidade econômica da atividade. Estudos dessa natureza podem direcionar os investimentos do produtor e, se o projeto for bem dimensionado, pode resultar em excelente resultado.

Considerando diferentes tipos de biodigestores de propriedades leiteiras, com rebanhos de até 250 vacas, Klavon et al. (2013) verificaram que somente seis propriedades, nos Estados Unidos, entre 16 analisadas, apresentaram viabilidade econômica da implantação do biodigestor para geração de energia elétrica, considerando um horizonte de 20 anos e taxa de juros de 8% ao ano. Os autores relatam que estudos já apontavam que a viabilidade econômica de biodigestores nos Estados Unidos é para propriedades com mais de 500 vacas. No entanto não havia estudos com dados de custos reais para propriedades com menor quantidade de animais. Neste estudo, a propriedade possuía média de 411 e 435 vacas, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente, o que pode ter justificado viabilidade econômica em todos os cenários. Em virtude das particularidades de cada região, são necessários estudos que apontem a viabilidade, ou não, do investimento.

Na Tabela 4, pode ser observado um resumo da análise de rentabilidade do biodigestor, tipo canadense, em todos os cenários propostos. A expectativa de receita total foi de R\$293.752,75; R\$305.724,63 e R\$131.780,86 para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Esses valores correspondem à soma da expectativa dos valores com a geração de energia elétrica, que representou 45,05%, 39,25% e 40,97%; de biofertilizante, 45,02%; 52,96% e 40,96%; e de esterco, 9,93%, 7,79% e 18,07%, para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Esses valores foram inferiores aos obtidos por Cervi (2009), cujo percentual da receita obtida com biofertilizante (62,53%) foi superior ao percentual da receita com a energia elétrica (37,43%), em um estudo de caso em uma unidade de produção de suínos. No entanto, Cervi (2009) desconsiderou a expectativa de receita com esterco; e seu estudo é um dos poucos que considera o biofertilizante como um item que pode gerar receita da propriedade; na maioria dos estudos não se considera esta possibilidade de receita. Na prática, os produtores que têm plantações na propriedade utilizam o produto para adubação, o que melhora a fertilidade do solo (SILVA et al., 2010) e diminui os gastos com fertilizantes químicos. A utilização diminui os custos com as despesas com adubação de lavouras, embora, em um primeiro momento, signifique redução da receita (LOPES; SANTOS; AMADO, 2008).

Tabela 4 - Resumo da análise de rentabilidade para implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, nos cenários (cenário 1), otimista (cenário 2) e pessimista (cenário 3), em R\$, considerando duas taxas de desconto.

(continua)

Especificação	Cenário 1: mais provável		Cenário 2: otimista		Cenário 3: pessimista	
	Juros de 8,50%	Juros de 6,99%	Juros de 8,50%	Juros de 6,99%	Juros de 8,50%	Juros de 6,99%
Receitas	239.752,75	239.752,75	305.724,63	305.724,63	131.780,86	131.780,86
Redução do COE com energia elétrica	108.000,00	108.000,00	120.000,00	120.000,00	54.000,00	54.000,00
Expectativa de receita com biofertilizante	107.943,77	107.943,77	161.915,65	161.915,65	53.971,88	53.971,88
Expectativa de receita com esterco	23.808,98	23.808,98	23.808,98	23.808,98	23.808,98	23.808,98
Custo operacional total	69.486,62	69.486,62	69.486,62	69.486,62	62.229,66	62.229,66
Custo operacional efetivo	42.986,62	42.986,62	42.986,62	42.986,62	35.729,66	35.729,66
Custo com depreciação	26.500,00	26.500,00	26.500,00	26.500,00	26.500,00	26.500,00
Custo total	99.804,42	94.429,25	99.804,42	94.429,25	92.424,09	87.070,84
Custos fixos	56.087,03	50.841,68	56.087,03	50.841,68	56.087,03	50.841,68
Custos com depreciação	26.500,00	26.500,00	26.500,00	26.500,00	26.500,00	26.500,00
Remuneração da terra	60,24	60,24	60,24	60,24	60,24	60,24
Remuneração do capital investido	29.526,79	24.281,44	29.526,79	24.281,44	29.526,79	24.281,44
Remuneração do empresário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custos variáveis	43.717,39	43.587,57	43.717,39	43.587,57	36.337,06	36.229,16
Custo operacional efetivo	42.986,62	42.986,62	42.986,62	42.986,62	35.729,66	35.729,66
Remuneração do capital de giro	730,77	600,95	730,77	600,95	607,40	499,50

Tabela 4 - Resumo da análise de rentabilidade para implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, nos cenários (cenário 1), otimista (cenário 2) e pessimista (cenário 3), em R\$, considerando duas taxas de desconto.

(conclusão)

Especificação	Cenário 1: mais provável		Cenário 2: otimista		Cenário 3: pessimista	
	Juros de 8,50%	Juros de 6,99%	Juros de 8,50%	Juros de 6,99%	Juros de 8,50%	Juros de 6,99%
Margem bruta	196.766,13	196.766,13	262.738,02	262.738,02	96.051,21	96.051,21
Margem líquida	170.266,13	170.266,13	236.238,02	236.238,02	69.551,21	69.551,21
Resultado (Lucro ou prejuízo)	139.948,33	145.323,50	205.920,21	211.295,38	39.356,77	44.710,02
Custo operacional efetivo/kWh	0,1990	0,1990	0,1791	0,1791	0,3308	0,3308
Custo operacional total/kWh	0,3217	0,3217	0,2895	0,2895	0,5762	0,5762
Custo variável/kWh	0,2024	0,2018	0,1822	0,1816	0,3365	0,3355
Custo fixo/kWh	0,2597	0,2354	0,2337	0,2118	0,5193	0,4708
Custo total/kWh	0,4621	0,4372	0,4159	0,3935	0,8558	0,8062
Preço/kWh	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
Ponto de equilíbrio (kWh/ano)	188.461,52	170.491,99	176.460,75	159.686,11	342.944,02	308.983,77
Expectativa da utilização de energia (kWh/ano)	216.000,00	216.000,00	240.000,00	240.000,00	108.000,00	108.000,00

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$3,26, cotação média de 01/01 a 31/12/2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018). Valores dos insumos e produtos utilizados foram obtidos no comércio local do Sul de Minas Gerais (Período de referência: fevereiro de 2018). Valor do kWh médio da energia elétrica adotado foi de R\$0,50.

A expectativa de utilização de energia elétrica foi de 216.000,00; 240.000,00 e 108.000,00 kWh/ano, para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente; o que proporcionou uma economia de até R\$120.000,00/ano, para o cenário otimista (2), considerando o valor de R\$0,50/kWh cobrado pela concessionária de energia elétrica da região. Coldebella et al. (2006) verificaram que, mesmo em condições de operação inferior ao ideal, o sistema de geração de energia elétrica, a partir de biodigestor, foi viável, pois o maior valor estimado foi de R\$239,83MWh, enquanto o valor da companhia fornecedora de energia elétrica foi de R\$300,00 MWh. No presente estudo, é possível observar concessionária (R\$0,50), em até 15,36% (cenário 2). No cenário pessimista (3), houve baixo aproveitamento da utilização da energia elétrica (20%), ficando o CT do kWh da energia elétrica (R\$0,8558 e R\$0,8062) (TABELA 4) acima do valor cobrado pela concessionária, que foi de R\$0,50; o que não inviabilizou o investimento, pois as receitas oriundas do esterco e do biodigestor, somadas à receita da geração de energia elétrica contribuíram para que o resultado fosse positivo. Nas condições deste estudo, considerando 411 e 435 vacas, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente, um rebanho bastante expressivo para a realidade nacional, foi possível verificar que há viabilidade econômica da implantação de um biodigestor, tipo canadense, para a geração de energia elétrica. Assim, recomendam-se estudos de viabilidade econômica em propriedades com outros perfis de produção e em diferentes situações e localidades do território nacional, para que seja possível indicar as realidades em que essa tecnologia apresenta viabilidade que, nos cenários 1 e 2, o CT do kWh da energia elétrica (R\$0,4621; R\$0,4159; R\$0,4372 e R\$0,3935) (TABELA 4) foi abaixo do valor cobrado pela econômica.

O CT do kWh, para todos os cenários, poderia ser mais atrativo, se fosse analisado todo o potencial de utilização dos recursos disponíveis. No cenário otimista, ocorre a melhor utilização dos recursos, com estimativa de 50% da energia elétrica e 75% do biofertilizante. O resultado (lucro ou prejuízo) foi positivo em todos os cenários analisados, demonstrando que a atividade apresenta condições de persistir em longo prazo.

Em todos os cenários, foi possível estimar o ponto de equilíbrio, o maior foi do cenário pessimista (3), com 342.944,02 kWh/ano, com juros de 8,50%. Mesmo assim, foi bem inferior ao potencial de produção estimado (509.890,00 kWh/ano), de aproximadamente, 1,13 vez a quantidade estimada no cenário 3.

Todos os indicadores utilizados, assim como as simulações de Monte Carlo, demonstram que investir em um biodigestor, tipo canadense para a geração de energia elétrica, a partir do biogás, aparenta ser um bom negócio. Na Tabela 5, foi apresentada a estatística descritiva do valor presente líquido para as SMC1 e SMC2. Essa análise contém

informações importantes sobre resultados dos eventos que o gestor poderá se deparar durante o ciclo operacional (TABELA 5).

Tabela 5 - Resumo estatístico do valor presente líquido (VPL) para a implantação e utilização de um biodigestor do tipo canadense, para a geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite em *free stall* no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SM1) e 2 (SM2).

Dado estatístico	VPL SMC1	VPL SMC2
Mínimo (R\$)	36.202,66	24.268,19
Máximo (R\$)	892.498,73	904.034,34
Valor esperado (R\$)	510.273,99	466.217,02
Mediana (R\$)	512.631,21	463.967,26
Desvio padrão (R\$)	157.169,22	158.638,16
CV (%)	30,80	34,03
Probabilidade de VPL >0 (%)	100,00	100,00

Fonte: Da autora (2018).

O VPL mínimo, R\$24.268,19 foi observado na SMC2, assim como o máximo de R\$904.034,34, o que justificou o maior coeficiente de variação quando comparado com a SMC1. Nas SMC1 e 2 foram considerados os riscos envolvendo a quantidade de energia, com valores de 54.000; 216.000 e 240.00/kWh, para os valores mínimo, médio e máximo, respectivamente. Adotaram-se esses valores porque, na fazenda, estima-se que a maior probabilidade de ocorrência é o que tem sido utilizado à época do estudo; o máximo seria o valor estimado com a possibilidade de ampliação do sistema, que já está previsto pelo proprietário; e o valor mínimo seria o menor valor a ser atingido em caso de falhas no processo de uso do biogás. Critérios semelhantes foram adotados para a definição do mínimo (4.680.696,64L); mais provável (9.361.393,27L) e máximo (14.042.089,91L) de biofertilizante adotados nas simulações. Na SMC1, ainda, foi considerado os custos unitários da energia elétrica, R\$0,1946; R\$0,2162 e R\$0,358/KWh, para os valores mínimo, mais provável e máximo, respectivamente, e para a SMC2 o custo unitário da energia elétrica (R\$0,2162/KWh). As variáveis: custo fixo do biodigestor (R\$15.977,00), investimento inicial (R\$388.746,80), taxa de desconto (9%), horizonte do projeto (10 anos) e preço do biofertilizante (R\$0,0115/KWh) foram fixadas para as SMC1 e SMC2.

O resumo estatístico teve mediana do VPL de R\$512.631,21 e 463.967,26; com um coeficiente de variação de 30,80 e 34,03%, para a SM1 e 2, respectivamente. Todos os cenários analisados tiveram VPL positivos, indicando que há grande probabilidade de ficarem acima do esperado. Portanto, é aconselhável o investimento; mas o gestor deve estar atento ao mercado energético e ao consumo da propriedade. Poder-se-ia, por exemplo, verificar o

consumo das máquinas e dos equipamentos que dependem de energia elétrica na propriedade e, nos momentos que houver a necessidade de substituí-los, deve-se analisar a possibilidade de adotar outros com menor consumo elétrico, melhorando, assim, a eficiência.

Na Tabela 6, pode-se observar a probabilidade de $VPL > zero$ das simulações de Monte Carlo para as taxas mínimas de atratividade (TMA) variando de zero a 50%, para as SMC1 e 2. Em ambas, a TMA “zero” indica a probabilidade de 100% de sucesso no empreendimento, e essa probabilidade, se mantém muito próxima até TMA de 20%. No entanto, as TMA entre 40 e 50% já se mostram menos promissoras, indicando maiores riscos no investimento. Em casos onde há possibilidade de empréstimos bancários, nas situações estudadas, taxas de juros acima de 20% ao ano requerem maiores cuidados e cautela do investidor no momento da tomada de decisão. Para esse tipo de empreendimento, tratamento de resíduos e preservação do meio ambiente, de acordo com Portal Brasil (2017), há uma linha de financiamento do BNDES com taxas de juros de 8,50% ao ano, o que apresenta grande possibilidade de sucesso no investimento, considerando os resultados do presente estudo.

Tabela 6 - Resumo das simulações de Monte Carlo do valor presente líquido (VPL), para as taxas mínimas de atratividade (TMA) variando de zero a 50% da implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense para geração de energia elétrica a partir do biogás, em um sistema de produção de leite em *free stall* no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SM1) e 2 (SM2).

TMA (%)	Probabilidade de VPL>0 SMC1 (%)	Probabilidade de VPL>0 SMC2(%)
0	100,00	100,00
10	99,90	99,80
20	97,10	94,80
30	70,40	61,90
40	18,20	14,00
50	1,00	0,50

Fonte: Da autora (2018).

4 CONCLUSÕES

A implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense no sistema de produção de leite em *free stall*, no Sul de Minas Gerais, apresentou viabilidade econômica, com VPL positivos, TIR acima das taxas mínimas de atratividade analisadas, *payback* simples e descontado abaixo do horizonte proposto e relações benefício/custo satisfatórias (maior que 1).

O COE de 1 kWh de energia elétrica foi estimado em R\$0,1990; R\$0,1791 e R\$0,3308 para os cenários 1; 2 e 3, respectivamente, enquanto que o CT médio, considerando todos os cenários, foi de R\$0,5618 ($\pm 0,21$), acima dos valores de aquisição na CEMIG, que seria de R\$0,50.

Os CT foram de R\$99.804,42 e R\$92.424,09 para os cenários 1 e 2, respectivamente, com taxa mínima de atratividade de 8,50, enquanto que COT foi de R\$69.486,62 nos cenários 1 e 2 e de R\$62.229,66, no 3.

Em todos os cenários, a quantidade de energia elétrica gerada foi superior ao ponto de equilíbrio, ou seja, de aproximadamente, cinco vezes a quantidade considerada no cenário 3.

Todos os modelos de simulação de Monte Carlo apresentaram VPL positivos. As simulações indicam que há grande probabilidade de ficarem acima do esperado, assim como a taxa mínima de atratividade até 30% refletem alta probabilidade de VPL positivo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIRA, T. J. O. et al. Perfil sociocultural de produtores de leite bovino do município de São Bento do Una (PE) e suas implicações sobre o manejo da ordenha. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Ondina, v. 9, n. 1, p. 122-135, 2015.
- ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanços um enfoque econômico-financeiro**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- AVACI, A. B. et al. Economic evaluation of microgeneration of electricity from biogas of swine manure. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 456-462, abr. 2013.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Dólar americano**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- BARBARI, M. et al. Proposal for a simple method of structural calculation for ordinary earthen buildings in rural areas. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 12, n. 2, p. 897-903, 2014a.
- BARBARI, M. et al. Simple methods and tools to determine the mechanical strength of adobe in rural areas. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 12, n. 2, p. 904-909, 2014b.
- BERGAMASCHI, M. A. C. M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R. T. **Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2010. 12 p.
- BISPO, A. D. et al. Estudo da exploração, geração de eletricidade, impactos ambientais e viabilidade econômica de projetos da energia de maremotriz. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 3, n. 2, p. 75-86, 2016.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Demanda de Energia 2050**. Brasília, DF, 2014. 232 p.
- CALZA, L. F. et al. Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 6, p. 990-997, nov./dez. 2015.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão**. 3. ed. São Paulo: R. dos Tribunais, 1987. 255 p.
- CERVI, R. G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia: estudo de caso em unidade biointegrada**. 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. D. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 30, n. 5, p. 831-844, set./out. 2010.

CHENÇO, E. C. **Fundamentos em finanças**. Curitiba: IESDE Brasil AS, 2016. 352 p.

COLDEBELLA, A. et al. Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Anais...** Campinas: Ed. Unicamp, 2006. p. 9.

CONTI, L. et al. Simplified method for the characterization of Rectangular Straw Bales (RSB) thermal conductivity. In: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, 245., 2017. **Proceedings...** 2017. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/245/5/052035/pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

DOTTO, R. B.; WOLFF, D. B. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. **Ciências Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 13-26, 2012.

ESPERANCINI, M. S. T. et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 110-118, jan./abr. 2007.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 496 p.

HAACK, S. C.; OLIVEIRA, G. G. de. Análise de viabilidade econômica e financeira de projetos sustentáveis no setor energético: estudo de caso para implantação de biodigestores no semiárido baiano. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 363-382, jun. 2013. Número especial.

HARAGUCHI, M.; SIDDIQI, A.; NARAYANAMURTI, V. Stochastic cost-benefit analysis of urban waste-to-energy systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 224, n. 3, p. 751-765, Mar. 2019.

HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325 p.

HOLANDA, L. R.; RAMOS, F. de S. Análise da viabilidade econômica da energia elétrica gerada através das microalgas. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 6, n. 3, p. 327-346, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE:** estatística da produção pecuária. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www2.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=mg&tema=pecuaria2015>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE:** Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Precos_Indices_de_Precos_ao_Consumidor/IPCA/Fasciculo_Indicadores_IBGE/ipca-inpc_201807caderno.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2018.

JUNGES, D. M. et al. Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no Município de Toledo (PR). **Revista de Economia**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 7-30, jan./abr. 2009.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KLAVON, K. H. et al. Economic analysis of small-scale agricultural digesters in the United States. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 54, p. 36-45, July 2013.

LAPONNI, J. **Projetos de investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2007.

LESO, L. et al. Criteria of design for deconstruction applied to dairy cows housing: a case study in Italy. **Agronomy Research**, Oxford, v. 16, p. 794-805, 2018.

LIMA, D. F. S.; MIRANDA, G. J. Análise da viabilidade econômico financeira do aproveitamento do biogás para produção de energia elétrica. **Custos e @gronegocio**, Recife, v. 10, n. 3, p. 83-99, jul./set. 2014.

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, jul./ago. 2004.

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 da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

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, M. A. et al. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, v. 18, n. 1, p. 26-44, 2016.

LOPES, M. A.; SANTOS, G. dos; AMADO, G. B. Viabilidade econômica da adoção e implantação da rastreabilidade em sistemas de produção de bovinos no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 288-294, jan./fev. 2008.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, maio/jun. 2011.

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

MONTORO, S. B.; SANTOS, D. F. L.; LUCAS JÚNIOR, J. Análise econômica de investimentos que visam à produção de biogás e biofertilizante por meio de biodigestão anaeróbia na bovinocultura de corte. **RAuNp**, Natal, v. 5, n. 2, p. 23-34, 2013.

MORAES, F. et al. Effect of the scale of production on the cost-effectiveness of milk production systems belonging to the “Balde Cheio” program. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 1211-1224, maio/jun. 2018.

NASCIMENTO, K. L. S. et al. Geração de energia elétrica e viabilidade técnico-econômica de um biodigestor no setor hospitalar. **PUBVET**, Maringá, v. 11, n. 12, p. 1263-1273, 2017.

OLIVEIRA, A. D.; MACEDO, R. L. G. **Sistemas agroflorestais: considerações técnicas e econômicas**. Lavras: Ed. UFLA, 1996. 255 p. (Projeto de Consultoria).

OLIVEIRA, M. H. F.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Avaliação de investimentos sob condições de incerteza: a aplicação do método de Monte Carlo em um estudo de caso no setor sucroalcooleiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: INTEGRANDO TECNOLOGIA E GESTÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador, 2009. 1 CD-ROM.

OLIVER, A. de P. M. et al. **Manual de treinamento em biodigestão**. São Paulo: Instituto Winrock, 2008.

PETZEN, J. et al. **Eagleview compost dairy barn**. Warsaw: NY Farm Viability Institute, 2009.

PORTAL BRASIL. **Caderneta de poupança: índices mensais: rendimentos creditados no dia 1º de cada mês**. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

RIZZONI, L. B. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, ano 9, n. 18, p. 1-20, jan. 2012.

ROSSI, G. et al. Poultry farming solutions for a sustainable development of marshlands areas of South Iraq. **Agronomy Research**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 574-581, 2018.

SANTOS, C. C.; ALMEIDA JÚNIOR, G. A. de; LOPES, M. A. Dairy activity in family farming in Minas Gerais, Brazil: production costs and cost-effectiveness analysis. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 1255-1266, maio/jun. 2018.

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, n. 1, p. 1-11, jan./jun. 2012.

SANTOS, I. A. dos. **Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) associadas à bovinocultura: o valor fertilizante do esterco e o impacto da biodigestão anaeróbia**. 2012. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia)-Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

SILVA, J. C. P. M. et al. Esterco de gado leiteiro associado à adubação mineral e sua influência na fertilidade de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 453-463, 2010.

TORRES, O. F. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise de projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

WESTRUP, G. et al. Estudo da viabilidade econômica de geração de energia elétrica a partir de biogás proveniente de dejetos de suínos de uma propriedade rural em Forquilha/SC. **Revista Ciência & Cidadania**, Orleans, v. 1, n. 1, p. 19-37, 2015.

**ARTIGO 2 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA
INFRAESTRUTURA PARA RECUPERAÇÃO DA AREIA DA CAMA DE *FREE*
STALL DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE**

**ARTICLE 2 - ECONOMIC FEASIBILITY OF THE IMPLANTATION OF THE
INFRASTRUCTURE FOR THE RECOVERY OF FREE STALL BEDDING SAND OF
A DAIRY PRODUCTION SYSTEM**

Marcos Aurélio Lopes¹, Fabiana Alves Demeu², Eduardo Mitke Brandão Reis³, André Luis Ribeiro Lima⁴, Francisval de Melo Carvalho⁴, Júlio César Pascale Palhares⁵, Marcelo Vinícius Gontijo Pinheiro⁶

¹Professor Titular do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA, ²Professora do Instituto Federal de Rondônia, Bolsista Pró Doutoral Capes, Doutoranda UFLA, ³Professor da Universidade Federal do Acre, ⁴Professor do Departamento de Administração e Economia da UFLA, ⁵Pesquisador da EMBRAPA São Carlos, ⁶Médico veterinário autônomo

Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo com o Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.

RESUMO

Objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação da infraestrutura necessária para a recuperação da areia da cama de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais. Especificamente, pretendeu-se estimar o custo total de produção (CT), custo operacional total (COT) e custo operacional efetivo (COE) de um metro cúbico de areia recuperada, estimar o consumo total de areia para o *free stall*, e por cama/ano e estimar o ponto de equilíbrio da quantidade de areia recuperada, em metros cúbicos. A pesquisa foi realizada em uma propriedade localizada no Sul de Minas Gerais; no período entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017. Realizou-se a análise de cenários MOP: mais provável (cenário 1); otimista (cenário 2); e pessimista (cenário 3). Para o Cenário mais provável, considerou-se aproveitamento de 85% da areia, e no pessimista (3) foi considerado a recuperação de 75% da areia. Em todos os cenários, foi considerado o valor praticado por metro cúbico da areia em um fornecedor próximo à propriedade. Realizou-se, ainda, simulação de Monte Carlo com taxas mínimas de atratividade de até 90%. A recuperação de areia, nas condições estudadas, apresentou viabilidade econômica em todos os cenários, apresentando valor presente líquido (VPL) positivos, taxas internas de retorno (TIR) acima da taxa mínima de atratividade, *payback* simples e descontados abaixo do horizonte de 10 anos e relações benefício/custo (RBC) satisfatórias (maior que 1). O COE de um metro cúbico de areia recuperada foi estimado em R\$5,04; R\$4,51 e R\$5,72 para os cenários 1; 2 e 3, respectivamente, enquanto que o CT médio, considerando todos os cenários, foi de R\$6,84 ($\pm 0,81$), abaixo dos valores de aquisição no areal, que seria de R\$28,57. Os CT foram de R\$37.219,51 e R\$34.637,74 para os cenários com taxa mínima de atratividade de 8,50 e 6,99%, respectivamente, enquanto que COT foi de R\$22.572,08 em todos os cenários analisados. O consumo total de areia anual estimado foi de 526,44m³ e um consumo médio estimado de 1,23m³ ($\pm 0,28$)/cama/ano. Todos os modelos de simulação de Monte Carlo apresentaram VPL positivos, assim como taxas mínimas de atratividade de até 90%, que refletem alta probabilidade de VPL positivo.

Palavras-chave: Análise de cenários. Bovinocultura leiteira. Indicadores de rentabilidade. Reuso. Sustentabilidade.

ABSTRACT

We aimed at analyzing the economic feasibility of the implantation of the infrastructure necessary to recover sand from free stall beds in a dairy production system in southern Minas Gerais, Brazil. We specifically intended to estimate the total cost of production (TC), total operating cost (COT), and effective operating cost (COE) of one cubic meter of recovered sand, to estimate total sand consumption for the free stall and per bed/year, and estimate the balance point of the amount of sand recovered, in cubic meters. The research was conducted in a property located in the south of Minas Gerais from January 2016 to December 2017. We analyzed the MOP Scenarios consisting of most likely (Scenario 1), optimistic (Scenario 2), and pessimistic (Scenario 3). We considered 85% of the sand recovery for the most likely Scenario and 75% for the pessimist Scenario. The value practiced per cubic meter of sand at a supplier close to the property was considered for all scenarios. We conducted a Monte Carlo simulation with minimum attractiveness rates of up to 90%. Sand recovery, under the studied conditions, was economically feasible in all scenarios, presenting positive net present value (NPV), internal return rates (IRR) superior to the minimum attractiveness rate, simple payback and discounted below the 10-year horizon, and satisfactory benefit-cost ratios (BCR) (superior to 1). The COE of one cubic meter of recovered sand was estimated at R\$ 5.04, R\$ 4.51, and R\$ 5.72 for Scenarios 1, 2, and 3, respectively, while the average TC, considering all scenarios, was R\$ 6.84 (± 0.81), below the acquisition values in the sand, which is R\$ 28.57. The TC was R\$ 37,219.51 and R\$ 34,637.74 for the Scenarios with a minimum attractiveness rate of 8.50 and 6.99%, respectively, while COT was R\$ 22,572.08 in all Scenarios analyzed. The estimated total annual sand consumption was 526.44m³, with an estimated average consumption of 1.23m³ (± 0.28)/bed/year. All Monte Carlo simulation models had positive NPV and minimum attractiveness rates of up to 90%, which reflect a high probability of positive NPV.

Keywords: Scenario analysis. Dairy cattle farming. Profitability indicators. Reuse Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade na produção animal tem sido a preocupação de vários pesquisadores e objeto de estudo em várias pesquisas tais como: a utilização do conceito de DfD (*Design for Deconstruction*), que tem o potencial de limitar o impacto ambiental da construção apoiando a desmontagem e a reutilização de materiais de construção no final da vida, reduzindo o uso de concreto (LESO et al., 2018); utilização da terra bruta (tijolos de barro não queimados) como material para construção de instalações, em substituição à materiais mais caros, mas com características térmicas inferiores e maior impacto ambiental (BARBARI et al., 2014a, 2014b); a palha de cereais embalada em fardos retangulares, como ocorre diretamente após a colheita no campo, está cada vez mais usada em edifícios como elemento de enchimento de paredes, uma vez que apresenta alta sustentabilidade (CONTI et al., 2017); instalações projetadas levando em consideração as necessidades de animais ao ar livre e a escolha de materiais de construção adequados e disponíveis na própria região (ROSSI et al., 2018).

Dentre os insumos utilizados na bovinocultura, que causam impacto ambiental, está a areia, que é um dos materiais mais utilizados em cama de *free stall*. Vários autores consideram que o seu uso se deve ao fato de ela ser um material inorgânico e apresentar condições razoáveis de higiene e saúde aos animais (COOK et al., 2003; ESPEJO; ENDRES; SALFER, 2006; NORRING et al., 2008). Após seu uso, não há muitas propostas para a sua utilização e, na maioria das vezes, ela é descartada em algum local qualquer da propriedade. Uma das alternativas para o uso racional desse material é a sua recuperação. Com a adoção dessa técnica, ela é recuperada na própria fazenda e, assim, uma diminuição em sua aquisição resulta em menores desembolsos com esse insumo, além de haver o benefício ambiental, pois não será necessária a sua retirada dos rios, bem como não ocorrerá o seu transporte. Dessa forma, contribuir-se-á com a sustentabilidade econômica e ambiental da bovinocultura leiteira.

Lelles et al. (2005) identificaram 35 impactos ambientais negativos relativos à atividade denominada extração de areia em cursos d'água e Tobias et al. (2010) verificaram ser 10 os impactos ambientais negativos, o que indica que a atividade apresenta elevado potencial de impacto. Ako et al. (2014), ainda, mencionaram a destruição da paisagem, o colapso das margens dos rios, o desmatamento e a poluição da água como os efeitos ambientais que resultam da extração da areia. Além da extração, há necessidade de considerar os impactos ambientais gerados pelo transporte, armazenamento e até descarte desse material.

Para Brondino, Silva e Brondino (2014), grandes descartes de areia auxiliam no processo de desertificação, o que atinge diretamente populações que dependem do plantio e áreas de preservação.

Todos esses impactos são indesejáveis, e medidas que possam minimizá-los são necessárias para mitigar os impactos ambientais negativos da atividade. Na literatura científica, poucos artigos sobre recuperação de areia foram encontrados (BRADLEY et al., 2018; KRISTULA et al., 2005; KUMAR et al., 2016; ZDANOWICZ et al., 2004); e nenhum deles avaliou a sua viabilidade econômica. Assim, objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação da infraestrutura necessária para a recuperação da areia da cama de *free stall* em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais. Especificamente, pretendeu-se, ainda, estimar o custo total (CT), custo operacional total (COT) e custo operacional efetivo (COE) de um metro cúbico de areia recuperada, estimar o consumo total de areia para o *free stall*, e por ca/ano, e estimar o ponto de equilíbrio em metros cúbicos de areia recuperada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma propriedade localizada no sul de Minas Gerais; no período entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017. A propriedade possui uma área de 504 hectares e desenvolve as atividades da cultura de café, criação de suínos e a pecuária leiteira, foco deste estudo, que ocupa 100 ha.

O sistema de produção é intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação e em pré-parto, em dois galpões do tipo *free stall*, com dimensões de 90 x 30m (galpão 1) e 60m x 30m (galpão 2), com 230 e 198 camas individuais, respectivamente, com capacidade para alojar, aproximadamente, 428 vacas da raça holandesa, puras por cruzamento ou puras por origem. A produção média diária foi de 11.864,95 ($\pm 1.388,79$) L e, aproximadamente, 32,28 ($\pm 2,68$) L de leite por vaca em lactação, em três ordenhas. A dieta completa, com silagem de milho (*Zea mays*) e concentrado, era fornecida em pista de alimentação, três vezes ao dia.

Na pesquisa, foram consideradas duas etapas diferentes, no levantamento das informações, conforme proposto por Lopes et al. (2004). Na primeira, utilizando-se um formulário e caderneta de campo, foi realizado inventário completo da infraestrutura e bens utilizados. Posteriormente, os itens foram alocados em um dos seguintes grupos: benfeitorias, máquinas e implementos.

Quanto às benfeitorias (canaletas, bueiros, tanques e pistas para separação da areia), cada uma foi medida e registrado um resumo do memorial descritivo. Em função da área, do estado de conservação e do padrão de acabamento, foi estimado um valor por metro quadrado de construção. O valor atual utilizado foi produto do valor do metro quadrado pela área da benfeitoria (LOPES et al., 2004). No grupo máquinas e implementos, foi considerado um trator Valtra A850, ano 2015, com lâmina dianteira, um trator Valtra 685, com concha, e uma carreta de trator Agromix, com capacidade de uma tonelada, ano 2014.

Na segunda etapa, o sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para este fim. Os itens que compõem o custo operacional efetivo da recuperação de areia foram divididos em grupos: mão de obra, impostos considerados fixos, manutenção e despesas diversas. No item manutenção da infraestrutura, foi adotado o percentual de 4% do valor dos bens (HAACK; OLIVEIRA, 2013) e, para a remuneração do capital de giro, adotou-se as taxas de 8,50 e 6,99%, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Tais dados foram cadastrados em uma planilha

desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados, bem como analisar a viabilidade econômica da tecnologia de recuperação de areia. Tal planilha contemplou as duas estruturas do custo de produção: Custo Total de Produção, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004) e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976). Neste estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981). Para depreciação das máquinas e implementos utilizados para revolver a areia, adotou critério de rateio, considerando apenas 12% do valor, o restante (88%), computado para o centro de custo produção de leite. Tais valores foram estimados em função das quantidades de horas trabalhadas.

O sistema de recuperação de areia existente na fazenda consistia na recuperação da areia retirada das camas do *free stall* e da areia proveniente do manejo dos animais (deslocamento pela instalação e ordenha). A areia era transportada, pela prática de *flushing*, e depositada em um “rio” de decantação onde, após o escoamento da água contendo o esterco, ela era retirada com uma carregadeira e levada para uma área ao sol. Nesta, permanecia por um tempo mínimo de 20 dias, revolvida duas a três vezes por semana. A avaliação do momento de retorno para as camas do *free stall* se dava por prática visual da cor e tátil, para verificação do teor de umidade. Para se prevenir a mastite, também era adotada a prática de distribuir cal nas camas todos os dias. Para se estimar a quantidade de areia recuperada, foi considerada a diferença entre a quantidade que era adquirida, registradas nas notas fiscais, antes e depois da implantação do sistema de recuperação da areia. O valor médio do metro cúbico de areia foi estimado considerando as notas fiscais, referentes aos meses de análise dos dados. Para averiguar a qualidade sanitária da areia, foram realizadas análises microbiológicas, no laboratório de Patologia Veterinária da Universidade Federal de Lavras, no Departamento de Medicina Veterinária. Realizou-se coletas de amostras nos seguintes locais: A: areia que passou pelo processo de recuperação e foi reutilizada; B: areia das camas do galpão 1; C: areia das camas do galpão 2; D: areia nova, coletada no areal; E: areia retirada da cama e levada para o processo de recuperação (dia da retirada).

Foi considerada como receita, no fluxo de caixa, o volume de areia recuperada, em metros cúbicos, multiplicada pelo valor praticado pelo fornecedor de areia, mais o valor de frete economizado com o reaproveitamento da areia. Foram estimados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR); *payback* simples e descontado, conforme preconizado por Casarotto Filho e Kopittke (1987), e a relação benefício/custo (RBC) utilizada por Haraguchi, Siddiqi e Narayanamurti (2019). Na estimativa desses indicadores, foi adotado o horizonte de 10 anos (JUNGES et al., 2009). Para a taxa de

desconto, foram simulados dois cenários: 8,50% ao ano, por ser a taxa de financiamento disponível para produtores rurais que se dispõem a implantar atividades dessa magnitude; e de 6,99% por ser a taxa de juros da poupança, no acumulado do ano de 2017 (PORTAL BRASIL, 2017).

Realizou-se a análise de cenários MOP: (mais provável, otimista e pessimista); cenários 1; 2 e 3, utilizada por Groppelli e Nikbakht (2010). No cenário 1 foi considerado o aproveitamento de 85% da areia, enquanto que no cenário otimista (2), esse valor foi de 95%, e para o pessimista (3), recuperação de 75%. Nos três, foi considerado o valor praticado por metro cúbico da areia em um fornecedor próximo à propriedade.

Realizou-se, ainda, dois modelos para Simulação de Monte Carlo (LAPONNI, 2007), utilizando-se o Microsoft Office Excel[®]. Para a construção dos modelos, foram utilizadas as seguintes variáveis: valor unitário pago pelo metro cúbico da areia de R\$50,00 e 54,00/m³, taxa de desconto (10%); horizonte do projeto de 10 anos; e taxas mínimas de atratividade variando de 10 a 90%. Cada variável utilizada foi determinada, a partir dos dados coletados, considerando a estrutura da própria fazenda analisada. Cada variável foi analisada levando em consideração suas características dentro do processo produtivo da fazenda.

A simulação de Monte Carlo é uma ferramenta empregada em projetos de investimentos que tem como premissa a geração de números aleatórios correlacionados às entradas e às saídas de caixa, base para o cálculo do VPL e TIR. As alterações aleatórias do fluxo de caixa funcionam como cenários aleatórios, o que permite inúmeras possibilidades de resultados futuros (TORRES, 2006). A geração de números aleatórios ocorre, a partir de uma distribuição pré-definida, baseada em dados históricos e nas experiências do analista (OLIVEIRA; ALMEIDA; REBELATTO, 2009). Os dados de entrada são aleatórios relacionados com o processo de recuperação da areia; para isso foi necessário saber qual era a quantidade de areia recuperada, pois foi o que definiu o cálculo da estimativa da quantidade de areia recuperada. Diante dos valores mínimos e máximos, utilizou-se a planilha e a função triangular proposta por Laponni (2007), em que foram gerados 1.000 valores possíveis para cada variável e possibilitou a análise da estatística descritiva dos dados. O VPL significa o valor de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial (OLIVEIRA; MACEDO, 1996).

Os índices econômicos foram comparados, por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo dos recursos necessários para a recuperação da areia, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, é apresentado na Tabela 1. Tais recursos foram úteis nas análises e discussão dos resultados encontrados nesta pesquisa. O maior valor foi em benfeitorias, que correspondeu a 53,56% dos investimentos. Apesar de apresentar um percentual menor (5,94%), quando comparado aos outros grupos, a área para que a areia seja revolvida deve ser considerada, pois se não for utilizada para essa finalidade poderá ser para outra atividade produtiva. Comparações a respeito dos valores e percentuais, para a realização da recuperação de areia não foi possível, pois não foi encontrado, na literatura científica, trabalhos sobre o tema. Tal fato, talvez, possa ser porque somente 10% das camas de *free stall*, no estado de Wisconsin (EUA), são de areia recuperada (ROWBOTHAM; RUEGG, 2015); denotando que ainda é uma atividade nova.

Tabela 1 - Recursos utilizados para a implantação da infraestrutura para a recuperação da areia da cama de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período, de 2016 e 2017, em R\$ e US\$.

Especificação	Valor (R\$)	Valor (US\$)	(%)
Valor do patrimônio em terra	10.583,16	3.246,37	5,94
Valor do patrimônio sem terra	167.575,36	53.403,49	94,06
Valor em benfeitorias	95.415,36	29.268,51	53,56
Equipamentos e implementos	54.400,00	16.687,12	30,53
Valor em máquinas	17.760,00	5.447,85	9,97
Valor total imobilizado	178.158,52	54.649,85	100,00
Valor imobilizado por vaca alojada	416,26	127,69	0,23

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$3,26, cotação média de 01/01/2017 a 31/12/2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

O valor imobilizado/vaca alojada, de R\$416,26 (0,23%, da infraestrutura para recuperação da areia), representou somente 2,03% dos R\$20.466,11 (US\$6.277,95) imobilizado/vaca alojada do sistema produtivo, sem considerar a terra.

O fluxo de caixa do projeto, considerando o horizonte de 10 anos, pode ser observado na Tabela 2. O fluxo de caixa descontado é o que representa o maior rigor técnico e conceitual para expressar o valor econômico. Esse método de cálculo de valor está voltado para a

apuração da riqueza absoluta do investimento - valor presente de um fluxo de benefícios econômicos líquidos de caixa esperados no futuro, estando consistente com a maximização do valor da empresa (ASSAF NETO, 2012). O cenário mais provável (1), praticado na fazenda no período de coleta de dados, mostrou-se promissor, uma vez que, além de ajudar na conservação do meio ambiente, o que é um dos pilares da sustentabilidade, ainda apresentou VPL positivo, TIR acima da taxa de atratividade e *payback* simples e descontado abaixo do horizonte proposto (TABELA 3).

Tabela 2 - Fluxo de caixa para a implantação da infraestrutura do projeto de viabilidade econômica (em milhares de R\$) da recuperação da areia da cama de *free stall*, em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em diferentes cenários

(continua)

	Cenário 1: mais provável						Cenário 2: otimista						Cenário 3: pessimista					
	Anos																	
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
1. Receitas																		
1.1 Areia recuperada	0,00	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39	0,00	107,73	107,73	107,73	107,73	107,73	0,00	85,05	85,05	85,05	85,05	85,05
1.2 Economia com frete	0,00	72,30	72,30	72,30	72,30	72,30	0,00	80,80	80,80	80,80	80,80	80,80	0,00	63,79	63,79	63,79	63,79	63,79
Total de Receitas (1.1+1.2)	0,00	168,69	168,69	168,69	168,69	168,69	0,00	188,53	188,53	188,53	188,53	188,53	0,00	148,84	148,84	148,84	148,84	148,84
2. Saídas																		
2.1 Investimentos																		
2.1.1 Benfeitorias	47,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.2 Máquinas	17,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.3 Equipamentos e implementos	54,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.4 Área	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal investimentos (2.1.1+2.1.2+2.1.3+2.1.4)	120,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Despesas operacionais	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,06	11,06	11,06	11,06	11,06	11,06
Total das Saídas (R\$) (2.1+2.2)	131,59	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	131,59	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	131,23	11,06	11,06	11,06	11,06	11,06
Fluxo Líquido de Caixa (FLC)	-132,00	156,86	156,86	156,86	156,86	156,86	-131,59	177,12	177,12	177,12	177,12	177,12	-131,23	137,78	137,78	137,78	137,78	137,78
*Fluxo Líquido de Caixa descontado	-132,00	144,57	133,25	122,81	113,19	104,32	-131,59	163,24	150,45	138,67	127,80	117,79	-131,23	126,99	117,04	107,87	99,42	91,63

Tabela 2 - Fluxo de caixa para a implantação da infraestrutura do projeto de viabilidade econômica (em milhares de R\$) da recuperação da areia da cama de *free stall*, em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em diferentes cenários

(conclusão)

	Cenário 1: mais provável					Cenário 2: otimista					Cenário 3: pessimista				
	Anos														
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
1. Receitas															
1.1 Areia recuperada	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39	107,73	107,73	107,73	107,73	107,73	85,05	85,05	85,05	85,05	85,05
1.2 Economia com frete	72,30	72,30	72,30	72,30	72,30	80,80	80,80	80,80	80,80	80,80	63,79	63,79	63,79	63,79	63,79
Total de Receitas (1.1+1.2)	168,69	168,69	168,69	168,69	168,69	188,53	188,53	188,53	188,53	188,53	148,84	148,84	148,84	148,84	148,84
2. Saídas															
2.1 Investimentos															
2.1.1 Benfeitorias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.2 Máquinas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.3 Equipamentos e implementos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.4 Área	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal investimentos (2.1.1+2.1.2+2.1.3+2.1.4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Despesas operacionais	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41
Total das Saídas (R\$) (2.1+2.2)	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41
Fluxo Líquido de Caixa (FLC)	157,27	157,27	157,27	157,27	157,27	177,12	177,12	177,12	177,12	177,12	137,43	137,43	137,43	137,43	137,43
*Fluxo Líquido de Caixa descontado	96,40	88,85	81,89	75,47	69,56	108,56	100,06	92,22	85,00	78,34	84,23	77,64	71,55	65,95	60,78

Fonte: Da autora (2018).

*Taxa de desconto adotada: 8,50%

Tabela 3 - Indicadores econômicos para a implantação da infraestrutura para a recuperação da areia da cama de free stall, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, considerando diferentes taxas de descontos (TD).

Especificação	Cenário 1: mais provável		Cenário 2: otimista		Cenário 3: pessimista	
	TD 8,50%	TD 6,99%	TD 8,50%	TD 6,99%	TD 8,50%	TD 6,99%
VPL (R\$)	900.328,50	998.926,41	1.030.541,76	1.138.377,38	770.115,25	850.592,05
TIR (%)	119,47	124,89	134,57	140,36	104,36	107,61
Benefício/Custo	7,84	8,78	8,83	9,86	6,85	4,30
<i>Payback</i>	¹ S	² D	¹ S	² D	¹ S	² D
Anos	1	1	1	1	1	1
Meses	2	1	3	1	4	2
Dias	9	6	0	26	24	27

Fonte: Da autora (2018).

¹S: *Payback* simples; ²D: *Payback* descontado

O cenário 2 (otimista) é o que tem a melhor utilização dos recursos disponíveis e apresentou maiores fluxos líquidos de caixa, em razão da eficiência no aproveitamento da areia (95%). A maior eficiência de aproveitamento pode ser alcançada com a cobertura de lonas, nos momentos de chuva, o que impedirá o encharcamento da areia, possibilitando a secagem mais rápida, bem como diminuirá as perdas por lixiviação.

O cenário 3 (pessimista) seria o de menor recuperação da areia (75%); mas, ainda assim, apresentou indicadores de viabilidade econômica promissores.

A implantação de infraestrutura para a recuperação de areia, nas condições estudadas, apresentou viabilidade econômica em todos os cenários (TABELA 3), apresentando VPL positivos, o que indica que o investidor terá ganho financeiro (CHENÇO, 2016); TIR acima das taxas mínimas de atratividade, o que significa que o investimento terá retorno financeiro; e *payback* simples e descontados abaixo do horizonte proposto (TABELA 3); evidenciando que será possível recuperar todo o capital investido antes do horizonte de 10 anos. As relações benefício/custo foram satisfatórias (7,84; 8,83 e 6,85 para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente, com juros de 8,50%; no caso dos juros de 6,99% foram de 8,78; 9,86 e 4,30 para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente), indicando que os custos do projeto são menores, em relação aos benefícios proporcionados. Esses resultados evidenciam que, em termos práticos, haverá evolução patrimonial, e que o investidor tem, nessa atividade, uma boa opção de investimento. A recuperação da areia é uma atividade que contribui para amenizar os

impactos ambientais. Vale destacar que os sistemas de produção agropecuários necessitam de investimentos para amenizar os impactos ambientais; mas, se não conciliados com a redução dos custos, pode inviabilizar a atividade produtiva. Dessa forma, há a necessidade de se conhecer o sistema de produção e os seus custos, pois, assim, é possível utilizar todo o potencial produtivo, maximizar os lucros e identificar os pontos de estrangulamento e corrigi-los, garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental, uma vez que se consiga diminuir os impactos ambientais ocasionados pelas atividades desenvolvidas.

Na Tabela 4, pode ser observado um resumo da análise de rentabilidade da atividade recuperação da areia, em todos os cenários propostos. A expectativa de receita anual total foi de R\$168.686,78; R\$188.532,29 e R\$148.841,28, para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Esses valores correspondem à soma dos valores apurados com a areia recuperada, que deixou de ser comprada, de R\$96.387,63 (57,14%), R\$107.727,35 (57,14%) e R\$85.047,91 (57,14%) para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Quanto à expectativa de economia com despesas de frete, os valores foram de R\$72.299,16 (42,86%), R\$80.804,94 e R\$63.793,37 (42,86%), respectivamente. Os percentuais correspondentes aos valores de aquisição de areia e expectativa de economia com o frete são os mesmos em todos os cenários, porque o valor de aquisição e do frete da areia, por metro cúbico, se mantém. Comparando os cenários, a diferença ocorre somente em relação à quantidade de areia que deixa de ser adquirida, o que representa economia no sistema de produção porque a areia recuperada fica mais barata do que a areia adquirida, gerando maior expectativa de receita para o cenário 2 (otimista), que apresenta o maior percentual de recuperação.

Tabela 4 - Resumo da análise de rentabilidade para implantação da infraestrutura para a recuperação da areia da cama de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$, considerando duas taxas de desconto (TD).

(continua)

Especificação	Cenário 1: mais provável		Cenário 2: otimista		Cenário 3: pessimista	
	TD de 8,50%	TD de 6,99%	TD de 8,50%	TD de 6,99%	TD de 8,50%	TD de 6,99%
Receitas	168.686,78	168.686,78	188.532,29	188.532,29	148.841,28	148.841,28
Areia recuperada	96.387,63	96.387,63	107.727,35	107.727,35	85.047,91	85.047,91
Expectativa de economia com Frete	72.299,16	72.299,16	80.804,94	80.804,94	63.793,37	63.793,37
Custo operacional total	22.572,08	22.572,08	22.572,08	22.572,08	22.572,08	22.572,08
Custo operacional efetivo	17.013,25	17.013,25	17.013,25	17.013,25	17.013,25	17.013,25
Custo com depreciação	5.558,82	5.558,82	5.558,82	5.558,82	5.558,82	5.558,82
Custo total	37.219,51	34.637,74	37.219,51	34.637,74	37.219,51	34.637,74
Custos fixos	19.917,03	17.386,64	19.917,03	17.386,64	19.917,03	17.386,64
Custos com depreciação	5.558,82	5.558,82	5.558,82	5.558,82	5.558,82	5.558,82
Remuneração da terra	114,30	114,30	114,30	114,30	114,30	114,30
Remuneração do capital investido	14.243,91	11.713,52	14.243,91	11.713,52	14.243,91	11.713,52
Remuneração do empresário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custos variáveis	17.302,48	17.251,10	17.302,48	17.251,10	17.302,48	17.251,10
Custo operacional efetivo	17.013,25	17.013,25	17.013,25	17.013,25	17.013,25	17.013,25
Remuneração do capital de giro	289,23	237,85	289,23	237,85	289,23	237,85
Margem bruta	151.673,53	151.673,53	171.519,03	171.519,03	131.828,03	131.828,03
Margem líquida	146.114,71	146.114,71	165.960,21	165.960,21	126.269,20	126.269,20

Tabela 4 - Resumo da análise de rentabilidade para implantação da infraestrutura para a recuperação da areia da cama de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$, considerando duas taxas de desconto (TD).

(conclusão)

Especificação	Cenário 1: mais provável		Cenário 2: otimista		Cenário 3: pessimista	
	TD de 8,50%	TD de 6,99%	TD de 8,50%	TD de 6,99%	TD de 8,50%	TD de 6,99%
Resultado (lucro ou prejuízo)	131.467,28	134.049,05	151.312,78	153.894,55	111.621,77	114.203,54
Custo operacional efetivo/m ³ de areia	5,04	5,04	4,51	4,51	5,72	5,72
Custo operacional total/m ³ de areia	6,69	6,69	5,99	5,99	7,58	7,58
Custo variável/m ³ de areia	5,13	5,11	4,59	4,58	5,81	5,80
Custo fixo/m ³ de areia	5,90	5,15	5,28	4,61	6,69	5,84
Custo total/m ³ de areia	11,03	10,27	9,87	9,19	12,50	11,64
Preço/m ³ de areia, com o frete, no mercado	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Preço/m ³ de areia, sem o frete, no mercado	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
Valor da expectativa do frete/m ³ de areia	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43
Ponto de equilíbrio (m ³)	443,87	387,35	438,59	382,76	450,74	393,32
Quantidade de areia recuperada (m ³)	3.373,74	3.373,74	3.770,65	3.770,65	2.976,83	2.976,83

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$3,26, cotação de 04/05/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018); Valores dos insumos e produtos utilizados foram obtidos no comércio local do Sul de Minas Gerais (Período de referência: fevereiro de 2018).

O CT médio do metro cúbico de areia recuperada, considerando todos os cenários, foi de R\$11,24 ($\pm 13,7$), bem abaixo dos valores de aquisição no areal, que seria de R\$28,57 para todos os cenários. O menor custo ocorre no cenário otimista, devido a melhor recuperação de areia, com estimativa de 95%. Tal fato deve ser levado em consideração no momento da elaboração e execução do projeto, construindo uma infraestrutura que possibilite o máximo de recuperação da areia das camas do *free stall*.

No cenário 2, é possível observar que o CT do metro cúbico da areia recuperada foi 44,83% e 32,16% menor que o valor de aquisição da areia, respectivamente, considerando as taxas de juros de 6,99 e 8,50% ao ano. Isso sem considerar a expectativa de economia com o frete, que representou 37,41% e 30,01% do valor de aquisição de um metro cúbico da areia, para os cenários 1 e 2, respectivamente. O valor de aquisição da areia, frete e a distância da propriedade ao fornecedor de areia podem interferir na viabilidade econômica da atividade recuperação da areia.

O resultado (lucro ou prejuízo) foi positivo, em todos os cenários analisados, demonstrando que a atividade apresenta condições de persistir em longo prazo. Em todos os cenários, a quantidade de areia recuperada foi, aproximadamente, nove vezes superior aos pontos de equilíbrio, que foram de 443,87m³/ano, 438,59m³/ano e 450,74m³/ano, para a taxa mínima de atratividade de 8,50%, nos cenários 1; 2 e 3, respectivamente.

Rocha e Gaworski (2017) estimaram uma perda média de 4,6 jardas cúbicas de areia/cama/ano, o que corresponde a 3,53m³ de areia/cama/ano, em sistemas de *free stall* que não realizam a recuperação de areia. Nos dados avaliados, a média do período de janeiro 2016 a dezembro de 2017 apresentou perda de 1,23m³/cama/ano ($\pm 0,28$), o que representa uma economia de 2,30m³/cama/ano, quando comparado aos resultados de Rocha e Gaworski (2017), e uma economia de R\$65,71/cama/ano, sem considerar o valor da expectativa de economia com o frete, que representaria mais R\$49,29/cama/ano. Assim, um sistema de produção de leite como este, com 428 camas, com a adoção da recuperação de areia, pode-se obter uma economia de R\$28.123,88/ano, somente com a areia que não é perdida, o que reduziu a aquisição de areia nova para 1,39 m³/cama/ano; e representaria 0,43% da receita total estimada e 0,94% em relação ao COE.

Na Tabela 5, foi apresentada a estatística descritiva do valor presente líquido para as Simulações de Monte Carlo 1 (SMC1) e simulação de Monte Carlo 2 (SMC2). Essa análise contém informações importantes sobre resultados dos eventos que o gestor poderá se deparar durante o ciclo operacional. O VPL mínimo R\$621.698,00 foi observado na SM2, enquanto o valor máximo de R\$939.839,00, o que justificou o maior coeficiente de variação quando

comparado com a SMC1. Nas simulações SMC1 e 2, foram considerados os riscos envolvendo a quantidade de areia recuperada, com valores de 3.773,74; 3.770,65 e 2.976,83m³/ano, para valores mínimos, médio e máximo, respectivamente. Adotaram-se esses valores porque na fazenda estima-se que a maior probabilidade (média) é o que tem sido utilizado à época do estudo, o máximo seria o valor estimado com a possibilidade de cobertura da areia em períodos de chuva, e o valor mínimo seria o menor valor considerando as situações possíveis dentro das técnicas produtivas da fazenda. Na SMC1, ainda, foi considerado os custos unitários do metro cúbico da areia de R\$5,10 e máximo de R\$5,70; e no modelo 2, adotou-se custo unitário mínimo de R\$5,10 e máximo de R\$8,00/m³ de areia, considerando um acréscimo de 63,75% no valor do combustível. Considerou-se, ainda, a quantidade de areia recuperada (2.976,00; 3.373,00 e 3.770,00m³); o custo fixo do sistema de recuperação da areia (R\$1.357,00); o investimento na infraestrutura necessária (R\$77.583,6); e custo variável de R\$5,06 e R\$5,67 por metro cúbico de areia recuperada.

Tabela 5 - Resumo estatístico do valor presente líquido (VPL) para a implantação e utilização de um sistema de recuperação de areia, em um sistema de produção de leite em *free stall* no Sul de Minas Gerais, nos anos de 2016 e 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SMC1) e simulação de Monte Carlo 2 (SMC2).

Dado estatístico	VPL SMC1	VPL SMC2
Mínimo (R\$)	650.717,00	621.698,00
Máximo (R\$)	939.839,00	926.516,00
Mais provável (R\$)	788.111,00	765.079,00
Mediana (R\$)	786.078,00	765.231,00
Desvio padrão (R\$)	52.520,00	53.599,00
CV (%)	0,07	0,07
Probabilidade VPL p(VPL>0), %	100,00	100,00

Fonte: Da autora (2018).

O resumo estatístico teve mediana do VPL de R\$786.078,00 e R\$765.231,00, para a SMC1 e 2, respectivamente; e um coeficiente de variação de 0,07%. Todos os cenários analisados tiveram VPL positivos; indicando que há grande probabilidade de ficarem acima do esperado. Portanto, é aconselhável o investimento; mas o gestor deve estar atento ao mercado e ao consumo da propriedade, especialmente o que tange ao frete.

Na Tabela 6, pode-se observar a probabilidade de VPL > zero das simulações de Monte Carlo 1 e 2, para as taxas mínimas de atratividade (TMA) de 10 a 90%, para as SMC1 e 2. Em oito, das nove simulações a TMA indica a probabilidade de 100% de sucesso no empreendimento na SMC1 e em sete das nove simulações na SMC2. A TMA de 80 e 90% para a SMC2 foi de 97 e 49%, respectivamente. Em casos que há possibilidade de

empréstimos bancários, nas situações estudadas, os resultados das simulações (TABELA 6) auxiliam na tomada de decisão, pois taxas de juros próximas às observadas na tabela indicarão ao investidor a decisão a tomar. Para este tipo de empreendimento, diminuição do impacto e preservação do meio ambiente, de acordo com Portal Brasil (2017), há uma linha de financiamento do BNDES com taxas de juros de 8,50% ao ano, o que apresenta grande possibilidade de sucesso no investimento, considerando os resultados do presente estudo.

Tabela 6 - Resumo das simulações de Monte Carlo do valor presente líquido (VPL), para as taxas de atratividade (TMA) variando de 10 a 90% da implantação e utilização de infraestrutura para a recuperação de areia, em um sistema de produção de leite em *free stall* no Sul de Minas Gerais, nos anos de 2016 e 2017, para as simulações de Monte Carlo 1 (SM1) e simulação de Monte Carlo 2 (SM2).

TMA (%)	Probabilidade de VPL>0 SMC1 (%)	Probabilidade de VPL>0 SMC2 (%)
10	100,00	100,00
20	100,00	100,00
30	100,00	100,00
40	100,00	100,00
50	100,00	100,00
60	100,00	100,00
70	100,00	100,00
80	100,00	97,00
90	68,00	49,00

Fonte: Da autora (2018).

Nas condições deste estudo, considerando 411 e 435 vacas, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente, um rebanho bastante expressivo para a realidade nacional, foi possível verificar que há viabilidade econômica da recuperação da areia. No entanto, há uma preocupação com a qualidade microbiológica deste material. Nesta pesquisa foi realizado um diagnóstico microbiológico da areia recuperada, da areia em uso e da areia nova. Analisou-se a contagem bacteriana total (CBT) de *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.* E bactérias com coagulase negativas (BNG) (TABELA 7).

Tabela 7 - Contagem bacteriana total (CBT) e unidades formadoras de colônias/g da areia da cama de free stall, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017

Areia	CBT	<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus spp</i>	<i>Streptococcus spp</i>	BGN*
A	2.500.000	140.000	580.000	0	154.000
B	17.600.000	1.100.000	5.700.000	124.000	7.500
C	19.300.000	1.400.000	4.800.000	98.000	1.700
D	56.000	0	0	4.100	0
E	183.000.000	260.000	1.800.000	26.700	1.410.000
A	2.560.000	240.000	500.000	0	167.000

Fonte: Da autora (2018).

*BNG - bactérias com coagulase negativa; A: areia que passou pelo processo de recuperação e será reutilizada; B: areia das camas do galpão 1; C: areia das camas do galpão 2; D: areia nova, coletada no areal; E: areia no início do processo de recuperação; F: areia que passou pelo processo de recuperação e será reutilizada.

As areias que passaram por um processo de recuperação, e seriam o material de reposição das camas (amostras A e F), apresentaram quantidades semelhantes de unidades formadoras de colônia. De acordo com as análises, a areia recuperada apresentou condições de uso, corroborando com as conclusões de Bernard, Bray e West (2003). Eles afirmaram que a areia recuperada poderia ser usada com segurança para cama de *free stall*, uma vez que as concentrações de bactérias na areia recuperada, em comparação com a quantidade total e tipos de bactérias na areia de primeiro uso, estavam abaixo do limite de bactérias que causam mastite.

Kumar et al. (2016) afirmaram que a contagem de coliformes e bactérias totais são maiores em habitações internas do que em áreas externas ou pastagens, o que permite retirar o material, tratar e retornar em condições de uso. Apesar de apresentar unidades formadoras de colônias maiores que a areia não reciclada (amostra D), não há um histórico de alta incidência de mastite na propriedade, pois a média no ano de 2017 foi de 4,99% ($\pm 1,29$). Uma das explicações para tal fato pode ser o tratamento com cal hidratada aplicado às camas do sistema de produção. Segundo Hogan e Smith (1997), esse tipo de tratamento pode contribuir para diminuir o desenvolvimento de agentes causadores de mastite.

4 CONCLUSÕES

A implantação da infraestrutura para recuperação da areia no sistema de produção de leite em *free stall*, no Sul de Minas Gerais, apresentou viabilidade econômica, com VPL positivo, TIR acima das taxas mínimas de atratividade analisadas, *payback* simples e descontado abaixo do horizonte proposto e relação benefício/custo satisfatórias (maior que 1).

O COE de um metro cúbico de areia recuperada foi estimado em R\$5,04; R\$4,51 e R\$5,72 para os cenários 1; 2 e 3, respectivamente, enquanto que o CT médio do metro cúbico, considerando todos os cenários, foi de R\$6,84 ($\pm 0,81$), abaixo dos valores de aquisição no areal, que seria de R\$28,57.

Os CT foram de R\$37.219,51 e R\$34.637,74 para os cenários com taxa mínima de atratividade de 8,50 e 6,99%, respectivamente, enquanto que COT foi de R\$22.572,08 em todos os cenários analisados.

O consumo total de areia anual estimado foi de 526,44m³ e 1,23m³ ($\pm 0,28$)/cama/ano. Em todos os cenários, a quantidade de areia recuperada foi, aproximadamente, nove vezes superior aos pontos de equilíbrio estimados, que foram de 443,87; 438,59 e 450,74m³ para os cenários 1; 2 e 3, respectivamente, com a taxa de juros de 6,99%.

Todos os modelos de simulação de Monte Carlo apresentaram VPL positivos. As simulações indicam que há grande probabilidade de ficarem acima do esperado, assim como a taxa mínima de atratividade de até 90% refletem alta probabilidade de VPL positivo.

REFERÊNCIAS

- AKO, T. A. et al. Environmental effects of sand and gravel mining on land and soil in Luku, Minna, Niger State, North Central Nigeria. **Journal of Geosciences and Geomatics**, Newark, v. 2, n. 2, p. 42-49, Jan. 2014.
- ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanços um enfoque econômico-financeiro**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Dólar americano**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- BARBARI, M. et al. Proposal for a simple method of structural calculation for ordinary earthen buildings in rural areas. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 12, n. 2, p. 897-903, 2014a.
- BARBARI, M. et al. Simple methods and tools to determine the mechanical strength of adobe in rural areas. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 12, n. 2, p. 904-909, 2014b.
- BERNARD, J. K.; BRAY, D. R.; WEST, J. W. Bacterial concentrations and sand usage in free stalls bedded with fresh and recycled sand. In: NATIONAL MASTITIS COUNCIL MEETING, 42., 2003, Madison. **Proceedings...** Madison, 2003. p. 153-158.
- BRADLEY, A. J. et al. The impact of dairy cows' bedding material and its microbial content on the quality and safety of milk: a cross sectional study of UK farms. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 269, p. 36-45, Mar. 2018.
- BRONDINO, O. C.; SILVA, J. P. G.; BRONDINO, N. C. M. O problema do descarte da areia de fundição: ensino para o desenvolvimento sustentável. In: ENGENHARIA: MÚLTIPLOS SABERES E ATUAÇÕES, 2014, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Cobenge, 2014. 1 CD-ROM.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão**. 3. ed. São Paulo: R. dos Tribunais, 1987. 255 p. (Manuais Vértice, 3).
- CHENÇO, E. C. **Fundamentos em finanças**. Curitiba: IESDE Brasil AS, 2016. 352 p.
- CONTI, L. et al. Simplified method for the characterization of Rectangular Straw Bales (RSB) thermal conductivity. In: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, 245., 2017. **Proceedings...** 2017. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/245/5/052035/pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

- COOK, S. et al. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey 1988-1994. **Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine**, London, v. 157, n. 8, p. 821-827, Aug. 2003.
- 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, Aug. 2006.
- GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 496 p.
- HAACK, S. C.; OLIVEIRA, G. G. de. Análise de viabilidade econômica e financeira de projetos sustentáveis no setor energético: estudo de caso para implantação de biodigestores no semiárido baiano. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 363-382, jun. 2013. Suplemento.
- HARAGUCHI, M.; SIDDIQI, A.; NARAYANAMURTI, V. Stochastic cost-benefit analysis of urban waste-to-energy systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 224, n. 3, p. 751-765, Mar. 2019.
- HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325 p.
- HOGAN, J. S.; SMITH, K. L. Bacteria counts in sawdust bedding. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1600-1605, 1997.
- JUNGES, D. M. et al. Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no Município de Toledo (PR). **Revista de Economia**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 7-30, jan./abr. 2009.
- KRISTULA, M. A. et al. Comparison of bacteria populations in clean and recycled sand used for bedding in dairy facilities. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 12, p. 4317-4325, Dec. 2005.
- KUMAR, P. et al. Synthesis and biological evaluation of iodoglucoazomycin (I-GAZ), an azomycin-glucose adduct with putative applications in diagnostic imaging and radiotherapy of hypoxic tumors. **ChemMedChem**, Weinheim, v. 11, n. 15, p. 1638-1645, Aug. 2016.
- LAPONNI, J. **Projetos de investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2007.
- LELLES, L. C. de et al. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d'água. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 439-444, maio/jun. 2005.
- LESO, L. et al. Criteria of design for deconstruction applied to dairy cows housing: a case study in Italy. **Agronomy Research**, Oxford, v. 16, p. 794-805, 2018.
- 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, jul./ago. 2004.

LOPES, M. A. et al. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, v. 18, n. 1, p. 26-44, 2016.

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

NORRING, M. et al. Effects of sand and straw bedding on the lying behavior, cleanliness, and hoof and hock injuries of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 2, p. 570-576, Feb. 2008.

OLIVEIRA, A. D.; MACEDO, R. L. G. **Sistemas agroflorestais**: considerações técnicas e econômicas. Lavras: Ed. UFLA, 1996. 255 p. (Projeto de Consultoria).

OLIVEIRA, M. H. F.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Avaliação de investimentos sob condições de incerteza: a aplicação do método de Monte Carlo em um estudo de caso no setor sucroalcooleiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: INTEGRANDO TECNOLOGIA E GESTÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador, 2009. 1 CD-ROM.

PORTAL BRASIL. **Caderneta de poupança**: índices mensais: rendimentos creditados no dia 1º de cada mês. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ROCHA, Á. G. F.; GAWORSKI, M. Sand losses out the pens in barn with free-stall housing system. **Agronomy Research**, Madison, v. 15, n. 2, p. 530-539, 2017.

ROSSI, G. et al. Poultry farming solutions for a sustainable development of marshlands areas of South Iraq. **Agronomy Research**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 574-581, 2018.

ROWBOTHAM, R. F.; RUEGG, P. L. Association of bedding types with management practices and indicators of milk quality on larger Wisconsin dairy farms. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 11, p. 7865-7885, Nov. 2015.

TOBIAS, A. C. et al. Avaliação dos impactos ambientais causados pela extração de areia no leito do rio Piracanjuba, município de Sylvania GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2010.

TORRES, O. F. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise de projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

ZDANOWICZ, M. et al. Bacterial populations on teat ends of dairy cows housed in free stalls and bedded with either sand or sawdust. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 6, p. 1694-1701, June 2004.

**ARTIGO 3 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA
INFRAESTRUTURA PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA DO TELHADO DE
GALPÕES DE *FREE STALL***

**ARTICLE 3 - ECONOMIC FEASIBILITY OF THE IMPLANTATION OF THE
INFRASTRUCTURE FOR COLLECTING RAINWATER FROM THE ROOF OF
FREE STALL SHEDS**

Fabiana Alves Demeu¹, Marcos Aurélio Lopes², Júlio César Pascale Palhares³, André Luís Ribeiro Lima⁴, Francisval de Melo Carvalho⁴, Marina de Lucca Lima⁵, Douglas Alves Vidal⁶

¹Professora do Instituto Federal de Rondônia, Bolsista Pró Doutoral Capes, Doutoranda UFLA, ²Professor Titular do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA, ³Pesquisador da EMBRAPA São Carlos, ⁴Professor do Departamento de Administração e Economia da UFLA, ⁵Graduanda em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Lavras, ⁶Graduando em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras

Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo com o Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.

RESUMO

Objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação e utilização da infraestrutura necessária para a captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais. Especificamente, pretendeu-se, estimar o custo total (CT), custo operacional total (COT) e custo operacional efetivo (COE) de um metro cúbico da água captada da chuva, e estimar o ponto de equilíbrio da quantidade, em metros cúbicos. A pesquisa foi realizada em uma propriedade localizada no sul de Minas Gerais, no período entre janeiro a dezembro de 2017. Realizou-se a análise de cenários MOP: mais provável (cenário 1), otimista (cenário 2) e pessimista (cenário 3). Para o cenário mais provável, foi considerado o valor de outorga da bacia do Rio das Velhas, por ser aquela com cobrança de outorga mais próxima da bacia hidrográfica do entorno do reservatório de Furnas, na qual a propriedade está inserida. No cenário 2, consideraram-se as seguintes situações: preço de outorga para captação e consumo da água da bacia do Rio Paraíba, por ser a bacia federal de menor valor; e, no cenário 3, considerou-se a cobrança da outorga de captação e consumo da água da bacia dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari, que praticam os maiores preços para o metro cúbico de água captada e consumida. A implantação da infraestrutura da captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, nas condições estudadas, não apresentou viabilidade econômica em nenhum dos cenários estudados, apresentando valor presente líquido (VPL) negativo em todos os cenários. O *pay back* simples e descontado ficaram acima do horizonte proposto. Não houve a possibilidade de estimar a TIR (taxa interna de retorno) devido aos valores negativos no fluxo líquido de caixa. As relações benefício/custo (RBC) não foram satisfatórias (menores que 1). Os CT da captação de água de chuva de telhado de *free stall* foram de R\$23.206,59 e de R\$20.489,25, para os cenários com juros de 8,50 e 6,99%, respectivamente, enquanto o COT foi de R\$7.850,30, em todos os cenários analisados. Em relação aos valores unitários, foram de R\$9,9024/m³ (COT) e de R\$1,3060/m³ (COE) de água captada. Não foi possível estimar o ponto de equilíbrio em nenhum cenário, pois o custo variável do metro cúbico da água captada do telhado do galpão de *free stall* foi superior ao valor cobrado pela outorga de água pelos comitês de gestão de água das diferentes bacias estudadas.

Palavras-chave: Análise de cenários. Bovinocultura leiteira. Indicadores de rentabilidade. Reuso. Sustentabilidade.

ABSTRACT

We aimed at analyzing the economic feasibility of the implantation and use of the infrastructure necessary to collect rainwater from the roof of free stall sheds in a dairy production system in southern Minas Gerais, Brazil. We specifically intended to estimate the total cost (TC), total operating cost (COT), and effective operating cost (COE) of one cubic meter of rainwater, and estimate the balance point of the amount, in cubic meters. The research was conducted on a property located in the south of Minas Gerais, in the period between January and December 2017. We analyzed the following MOP Scenarios: most likely (Scenario 1), optimistic (Scenario 2), and pessimistic (Scenario 3). For the most probable scenario, we considered the grant value of the Rio das Velhas basin was considered since it presents a charge for the grant closest to the hydrographic basin surrounding the Furnas reservoir, in which the property is located. In Scenario 2, we considered the following situations: grant price for water collection and consumption from the Rio Paraíba basin since it is the federal basin with the lowest value. In scenario 3, we considered the water collection and consumption grant from the basin of rivers Piracicaba, Jundiá, and Capivari, which practice the highest prices per cubic meter of water collected and consumed. The implantation of the infrastructure for collecting rainwater from the roof of free stall sheds, under the studied conditions, was not economically feasible in any of the studied scenarios, presenting a negative net present value (NPV) in all scenarios. The simple and discounted payback was superior to the proposed horizon. It was impossible to estimate the IRR (internal rate of return) due to negative values in the net cash flow. The benefit/cost ratios (BCR) were unsatisfactory (inferior to 1). The TC of the free stall roof rainwater collection was R\$ 23,206.59 and R\$ 20,489.25 for the scenarios with interest rates of 8.50 and 6.99%, respectively, while the TOC was R\$ 7,850 in all analyzed scenarios. The unit values were R\$ 9.9024/m³ (COT) and R\$ 1.3060/m³ (COE) of water collected. It was impossible to estimate the balance point in any scenario since the variable cost of cubic meter of water collected from the roof of the free stall shed was superior to the amount charged by the water management committees of the different basins studied.

Keywords: Scenario analysis. Dairy cattle farming. Profitability indicators. Reuse Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Com as mudanças climáticas e a possibilidade de escassez de água, a preocupação com esse recurso natural essencial à vida ganhou muita inquietação dos governantes e da população. Nesse contexto, foi criada a política nacional de recursos hídricos, a qual prevê que a água é um bem de domínio público, é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, instituiu a política nacional de recursos hídricos, diretrizes gerais de utilização, compartilhamento e a cobrança pelo uso da água. Dorigon e Tessaro (2010) afirmaram que a cobrança de uso da água, inclusive no meio rural, cria uma demanda de técnicos e pecuaristas em busca de alternativas, para reduzir o seu consumo, utilizá-la racionalmente e priorizar formas sustentáveis.

Diante da necessidade de conservação de um bem essencial e com risco de escassez, alternativas para conservá-la e para uso eficiente têm sido propostas nas últimas décadas. Dentre elas, a possibilidade de reuso da água, ou uso de águas residuárias e a captação de água da chuva. Brasil (2005) relatou que essas técnicas reduzem a demanda de captação de água dos mananciais. Gris, Bertolini e Johann (2017) afirmaram que a captação de água da chuva pode ocorrer em área urbana e rural; na área rural não há normativas, é indicada a adoção de conceitos e diretrizes da NBR 15.527 de 2007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2007).

Com a implantação da política nacional de recursos hídricos, as expectativas de reforçar a implantação de tecnologias como o reaproveitamento e captação da água da chuva, em propriedades rurais, ganham maior visibilidade e possibilidades de aplicação, porque a cobrança sujeita à outorga pelo uso de recursos hídricos se faz pela captação da água, consumo e lançamento de efluentes (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS, 2009). Para Martins (2011), a substituição de fontes de abastecimento é a melhor indicação, em virtude da restrição de água potável, que deve ser reservada para fins nobres, enquanto águas de chuva e reuso para fins não nobres. Esse autor chamou atenção, ainda, para o fato de contribuir para a conservação da água. Santos (2015) afirmou que a principal vantagem da captação da água da chuva é a redução da exploração dos recursos hídricos disponíveis e com isso a sustentabilidade da atividade local. O custo mais alto que se pode pagar pela água é a falta dela.

Silva, Moreira e Peres (2012) afirmaram que a agricultura é uma das grandes consumidoras de água. Fernandes, Medeiros Neto e Mattos (2007) destacaram que a água é

um componente essencial para a produção animal e sistemas de produção de leite intensivos necessitam de elevada quantidade por dia.

Com isso, estudos sobre captação da água da chuva e seu emprego, no meio agropecuário, pode ser uma alternativa de grande importância para a preservação dos recursos hídricos, impedindo que, no futuro, esse bem tão valioso seja extinto, que as atividades no meio rural fiquem comprometidas e, conseqüentemente, o consumo de alimentos por seres humanos (SILVA; MOREIRA; PERES, 2012). Devido à importância do tema, diversos pesquisadores têm estudado a captação da água da chuva em habitações (MACHIONE; LOPES, 2015; ZOCCOLOTTI; HAUS, 2015); escola (SALES; CALLEGARI; SANTOS JUNIOR, 2009); e indústria metalomecânica (TEIXEIRA et al., 2016) e para a produção animal (PALHARES, 2016; PALHARES; GUIDONI, 2012; SANTOS, 2015). No entanto, não foi encontrado nenhum trabalho de pesquisa com o objetivo de analisar a viabilidade econômica da implantação da infraestrutura da captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*. Assim, objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação da infraestrutura para a captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall* em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais. Especificamente, pretendeu-se, ainda, estimar o custo total (CT), operacional total (COT) e custo operacional efetivo (COE) de um metro cúbico da água captada da chuva, e estimar o ponto de equilíbrio da quantidade, em metros cúbicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma propriedade localizada no sul de Minas Gerais; no período entre janeiro a dezembro de 2017. A propriedade possui uma área de 504 hectares e desenvolve as atividades da cultura de café, criação de suínos e pecuária leiteira, foco deste estudo, que ocupa 100 ha.

O sistema de produção é intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação e em pré-parto, em dois galpões do tipo *free stall*, com dimensões de 90 x 30m (galpão 1) e 60m x 30m (galpão 2), com 230 e 198 camas, respectivamente, com capacidade para alojar, aproximadamente, 428 vacas da raça holandesa, puras por cruzamento ou puras por origem. A produção média diária foi de 11.864,95kg ($\pm 1.388,79$ kg) e, média de 32,28 kg ($\pm 2,68$) kg de leite por vaca em lactação, em três ordenhas. A dieta completa, com silagem de milho (*Zea mays*) e concentrado, era fornecida em pista de alimentação, três vezes ao dia.

Na pesquisa, foram consideradas duas etapas diferentes, no levantamento das informações, conforme proposto por Lopes et al. (2004). Na primeira, utilizando-se um formulário e caderneta de campo, foi realizado o inventário completo da infraestrutura e bens utilizados. Posteriormente, os itens foram alocados em um dos seguintes grupos: benfeitorias, máquinas e equipamentos.

Quanto às benfeitorias (calhas, encanamento de pvc e cisterna para armazenamento da água), cada uma foi medida e registrado um resumo do memorial descritivo. Em função da área, do estado de conservação e do padrão de acabamento, foi estimado um valor por metro quadrado de construção. O valor atual utilizado foi produto do valor do metro quadrado pela área da benfeitoria (LOPES et al., 2004). No grupo máquinas, foi considerado um conjunto motobomba para condução da água para os reservatórios.

Na segunda etapa, o sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para este fim. Os itens que compõem o custo operacional efetivo da captação da água da chuva foram divididos em grupos: mão de obra, impostos considerados fixos, manutenção e despesas diversas. No item manutenção da infraestrutura, foi adotado o percentual de 4% do valor dos bens (HAACK; OLIVEIRA, 2013) e, para a remuneração do capital de giro, adotou-se as taxas de 8,50 e 6,99%, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Tais dados foram cadastrados em uma planilha desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados, bem como analisar a viabilidade econômica da tecnologia captação da água da chuva. Tal planilha contemplou as

duas estruturas do custo de produção: Custo Total, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004), e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976). Neste estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981).

Para estimar a quantidade de água a ser captada e dimensionar o reservatório, foi adotada a Equação 1, considerando o método Azevedo Neto, proposto na ABNT NBR 15.527 de 2007 (ABNT, 2007):

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (1)$$

Onde: V= volume de água aproveitável e o do reservatório, em litros; 0,042 = fator de correção do escoamento superficial, assim como de perdas inerentes ao sistema; P= é a precipitação média anual, em mililitros do município de Ilicínea; A= área de coleta (telhado), em m²; T= é a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. Para a precipitação pluviométrica, foram considerados os dados da série histórica de Guimarães, Reis e Landau (2010) para Ilicínea, MG, no período de 20 anos, foi de 1.397,40mm a precipitação média anual.

Estimada a quantidade de água captada por ano, substitui-se os valores na planilha eletrônica disponibilizada no site do Instituto Mineiro de Gestão de águas (IGAM), da Bacia dos afluentes do Rio das Velhas (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS - IGAM, 2017), considera-se como consumo 60% da quantidade de água captada (NOVELIS, 2017).

Para a estimativa do consumo de água/ano (EQUAÇÃO 2), foi utilizada a recomendação da literatura de uso de 7,36 m³ de água/vaca/mês (SANTOS, 2015), e multiplicou-se pela quantidade média de vacas em lactação, multiplicado pela quantidade de meses do ano (12).

Foi considerada como receita, no fluxo de caixa, a economia na redução do COE pela aquisição da água para limpeza das instalações, em metros cúbicos, multiplicado pelo valor praticado pela companhia de água COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). Foram estimados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR); *payback* simples e descontado, conforme preconizado por Casarotto Filho e Kopittke (1987), e a relação benefício/custo (RBC) utilizada por Haragushi, Siddiqi e Narayanamurti (2019). Na estimativa desses indicadores, foi adotado o horizonte de 10 anos (JUNGES et al., 2009). Para a taxa de desconto (TD), foram simulados dois cenários: 8,50% ao ano, por ser a taxa de financiamento disponível para produtores rurais que se dispõem a

implantar atividades dessa natureza; e de 6,99%, por ser a taxa de juros poupança, no acumulado do ano de 2017 (PORTAL BRASIL, 2017).

Realizou-se a análise de cenários MOP: (mais provável, otimista e pessimista) ou seja cenários 1; 2 e 3, respectivamente, utilizada por Gropelli e Nikbakht (2010). Para o cenário 1 foi considerado preço de outorga para captação e consumo da água da bacia do Rio Paraíba, de R\$0,0152 o valor do m³ captado; não há menção a respeito da cobrança por consumo. No cenário otimista (2), consideraram-se as seguintes situações: os valores de cobrança da outorga de captação e consumo da água da bacia dos rios Piracicaba, Jundiá, Capivari, que foram de R\$0,0130/m³ e R\$0,0262/m³, para água captada e consumida, respectivamente. No pessimista (3), considerou-se a cobrança da outorga da Bacia do Rio das Velhas, por ser a bacia com cobrança de outorga mais próxima da bacia hidrográfica do entorno do reservatório de Furnas, na qual a propriedade está inserida, de R\$0,01/m³ e R\$0,02/m³ para a água captada e consumida, respectivamente, foi o menor valor considerado nas simulações. Para esta última, multiplica-se pelo fator de correção de 0,025, por se tratar de uso da água para produção animal (CÂMARA TÉCNICA DO CBHSF, 2017). Todos os valores referentes ao metro cúbico de água foram cotados, considerando os valores cobrados pela COPASA na região de Ilícinea, em julho de 2017.

Os índices econômicos foram comparados, por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo dos recursos necessários, para a captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, é apresentado na Tabela 1. Tais recursos foram úteis nas análises e discussões dos resultados encontrados nesta pesquisa. O maior valor foi em benfeitorias, que correspondeu a 68,15% dos investimentos. Apesar de apresentar um percentual menor (18,20%), quando comparado ao grupo benfeitorias, a área para implantação da cisterna deve ser considerada, pois se não for utilizada para esta finalidade poderá ser para outra atividade produtiva. Comparações a respeito dos valores e percentuais, para a realização da implantação de infraestrutura para a captação da água da chuva não foi possível pois, nos poucos trabalhos encontrados, não há detalhamento com a divisão dos investimentos (SALES; CALLEGARI; SANTOS JUNIOR, 2009; SANTOS et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2016), e em alguns faltam algumas informações, como o investimento em calhas para captação e/ou área onde está implantada a cisterna (SALES; CALLEGARI; SANTOS JUNIOR, 2009; TEIXEIRA et al., 2016). Além disso, as avaliações são para outras atividades econômicas como indústria de refrigerantes (SANTOS et al., 2016), metalomecânica (TEIXEIRA et al., 2016), residências (MACHIONE; LOPES, 2015; ZOCCOLOTTI; HAUS, 2015) e escola (SALES; CALLEGARI; SANTOS JUNIOR, 2009). Outro ponto que dificulta a comparação é que os pesquisadores não consideram o valor da terra, o que pode estar subestimando o investimento e pode levar a um equívoco no aconselhamento de expansão pois, apesar de parecer que a área é pequena, o seu valor é alto, principalmente quando o investimento é no perímetro urbano, onde a terra é mais valorizada.

Tabela 1 - Recursos disponíveis para implantação da infraestrutura para captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em R\$ e US\$.

Especificação	Valor (R\$)	Valor (US\$)	(%)
Valor do patrimônio em terra	40.000,00	12.539,18	18,20
Valor do patrimônio sem terra	179.749,20	56.347,71	81,80
Valor em benfeitorias	149.749,20	46.943,32	68,15
Valor em máquinas	30.000,00	9.404,39	13,65
Valor em equipamentos	0,00	0,00	0,00
Valor total imobilizado	219.749,20	68.886,90	100,00
Valor imobilizado por vaca alojada	419,97	129,43	0,23

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$ 3,26, cotação média de 01/01 a 31/12/2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

O valor imobilizado/vaca alojada, de R\$419,97 (0,23%, da infraestrutura para captação da água da chuva), representou somente 2,05% dos R\$20.466,11 (US\$6.277,95) imobilizado/vaca alojada do sistema de produção, sem considerar a terra.

A estimativa de captação de água de chuva foi de 475.659,59 litros/ano, o que representou 1,50% dos 31.795.200,00 litros previstos para realizar a limpeza da sala de ordenha, considerando uma perda de 40% do volume de água captado (NOVELIS, 2017).

O fluxo de caixa do projeto, considerando o horizonte de 10 anos, pode ser observado na Tabela 2. O fluxo de caixa descontado é o que apresenta o maior rigor técnico e conceitual para expressar o valor econômico. Esse método de cálculo está voltado para apuração da riqueza absoluta do investimento - valor presente de um fluxo de benefícios econômicos líquidos de caixa esperados no futuro, estando consistente com a maximização do valor da empresa (ASSAF NETO, 2012). Em todos os cenários estudados, o investimento em infraestrutura para captação de água da chuva em galpões de *free stall* não se mostrou promissor economicamente, porque apresentou VPL negativo (-R\$231.907,22; -R\$231.718,01 e -R\$231.292,72, para os cenários 1; 2 e 3, respectivamente, com TD de 8,50%; e de -R\$232.113,64; -R\$231.924,11 e -R\$232.150,76, para os mesmos cenários com TD de 6,99%, respectivamente). O *pay back* simples e descontado ficaram acima do horizonte proposto. Não houve a possibilidade de estimar a TIR devido aos valores negativos no fluxo líquido de caixa. As relações benefício/custo (RBC) não foram satisfatórias (menores que 1), variando de -0,04 a -0,05, indicando que os custos do projeto são maiores que os benefícios que ele pode proporcionar. Tal fato significa que o investidor está investindo mais do que

poderá obter de retorno financeiro (CHENÇO, 2016). Esses resultados evidenciam que, em termos práticos, ocorrerá destruição do patrimônio e que o produtor deve analisar outras alternativas de investimentos se o principal objetivo for o retorno financeiro. Mas, cabe a ressalva da importância da conservação do meio ambiente, que é um dos pilares da sustentabilidade. Assim, se houver a necessidade ou a intenção de minimizar os impactos ambientais pode ser uma alternativa, especialmente se houver ameaça de falta de água que comprometa a continuidade da produção.

Tabela 2 - Fluxo de caixa para a implantação de infraestrutura do projeto de viabilidade econômica (R\$) da implantação da infraestrutura para a captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em diferentes cenários.

(continua)

	Cenário 1: mais provável						Cenário 2: otimista						Cenário 3: pessimista					
	Anos																	
1. Receitas	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
1.1 Economia relacionada a outorga com água captada	0,00	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	0,00	10,31	10,31	10,31	10,31	10,31	0,00	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93
1.2 Economia relacionada a outorga de consumo de água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,77	20,77	20,77	20,77	20,77	0,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Total das receitas (1.1+1.2)	0,00	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	0,00	31,08	31,08	31,08	31,08	31,08	0,00	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32
2. Saídas																		
2.1 Investimentos																		
2.1.1 Benfeitorias	149.749,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149.749,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149.749,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.2 Máquinas	30.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.3 Equipamentos e implementos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.4 Área	40.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal investimentos (2.1.1+...+2.1.4)	219.749,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	219.749,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	219.749,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Despesas operacionais	1.138,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.138,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.079,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total das Saídas (R\$) (2.1+2.2)	220.888,12	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	220.888,12	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39
Fluxo Líquido de Caixa (FLC)	-220.888,12	-1.126,87	-1.126,87	-1.126,87	-1.126,87	-1.126,87	-220.888,12	-1.107,85	-1.107,85	-1.107,85	-1.107,85	-1.107,85	220.828,59	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39
Fluxo Líquido de Caixa descontado *	-220.888,12	-1.125,92	-1.124,96	-1.124,00	-1.123,05	-1.122,10	-220.888,12	-1.106,91	-1.105,97	-1.105,03	-1.104,09	-1.103,15	-220.828,59	-1.071,06	-1.071,06	-1.071,06	-1.071,06	-1.071,06

Tabela 2 - Fluxo de caixa para a implantação de infraestrutura do projeto de viabilidade econômica (R\$) da implantação da infraestrutura para a captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em diferentes cenários.

(conclusão)

	Cenário 1: mais provável					Cenário 2: otimista					Cenário 3: pessimista				
	Anos														
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
1. Receitas															
1.1 Economia relacionada a outorga com água captada	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	10,31	10,31	10,31	10,31	10,31	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93
1.2 Economia relacionada a outorga de consumo de água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,77	20,77	20,77	20,77	20,77	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Total das receitas (1.1+1.2)	12,05	12,05	12,05	12,05	12,05	31,08	31,08	31,08	31,08	31,08	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32
2. Saídas															
2.1 Investimentos															
2.1.1 Benfeitorias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.2 Máquinas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.3 Equipamentos e implementos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1.4 Área	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal investimentos (2.1.1+...+2.1.4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Despesas operacionais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total das Saídas (R\$) (2.1+2.2)	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.138,92	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39
Fluxo Líquido de Caixa (FLC)	-1.126,87	-1.126,87	-1.126,87	-1.126,87	-1.126,87	-1.107,85	-1.107,85	-1.107,85	-1.107,85	-1.107,85	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39	1.079,39
Fluxo Líquido de Caixa descontado*	-1.121,14	-1.120,19	-1.119,24	-1.118,29	-1.117,34	-1.102,21	-1.101,28	-1.100,34	-1.099,41	-1.098,47	-1.071,06	-1.071,06	-1.071,06	-1.071,06	-1.071,06

Fonte: Da autora (2018).

*Taxa de desconto adotada: 8,50%.

É importante destacar que os sistemas de produção agropecuários necessitam de investimentos para amenizar os impactos ambientais; mas se não conciliados com a redução nos custos, pode inviabilizar a atividade produtiva. Dessa forma, há a necessidade de se conhecer o sistema de produção e seus custos, pois, assim, é possível utilizar todo o potencial produtivo, maximizar os lucros e identificar os pontos de estrangulamento e corrigi-los, garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental, uma vez que se consiga diminuir os impactos ambientais ocasionados pelas atividades desenvolvidas.

Na literatura científica, não foram encontrados estudos de viabilidade econômica para a captação da água da chuva em telhados de galpões de *free stall*. Estudos de captação de água de chuva em outras situações (captação de água de chuva em residências, escolas e setor industrial), também não apresentaram resultados promissores, como o caso de Zocolotti e Haus (2015), que estudaram a captação da água da chuva no modelo habitacional unifamiliar popular da Caixa Econômica Federal, bem como o estudo de Sales, Callegari e Santos Junior (2009), que apontaram que a necessidade de investimentos em reservatórios (cisternas) onera o sistema, o que tornou a atividade inviável economicamente em uma escola. No presente estudo, o investimento em cisterna representou 60,10% do total em benfeitorias, e 40,96% do total, podendo ter contribuído, em grande parte, para que o sistema não apresentasse viabilidade econômica. Machione e Lopes (2015), estudando a viabilidade econômico-ambiental da captação da água pluviais em construções residenciais de 100m², obtiveram resultados medianos devido ao extenso tempo de retorno dos valores investidos, mas afirmaram que, com a escassez de água, cada vez maior, a viabilidade ambiental termina por sobressair-se às demais.

No estudo de Teixeira et al. (2016), de duas alternativas para captação da água da chuva em uma indústria metalomecânica, na região metropolitana de Curitiba/PR, somente a alternativa com armazenamento em geomembrana apresentou viabilidade econômica. No entanto, a pesquisa não considerou os custos com bombeamento, tubulações e emissão de poluentes, o que pode estar subestimando os valores.

Na Tabela 3, pode ser observado um resumo da análise de rentabilidade da captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, nos cenários propostos. A expectativa de receita total anual foi de R\$12,05; R\$31,08 e R\$8,32 para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Valores tão pequenos se justificam, pois o pagamento por captação e consumo de água do sistema de outorga, adotado no Brasil, apresenta valores insignificantes, são centavos por 1m³ de água. Eles correspondem à soma dos valores apurados com a economia da captação que foi de 100%; 33,26% e 95,31% para os cenários 1, 2 e 3,

respectivamente. Quanto à economia com despesas de consumo da água que foi captada, estimaram-se 66,74% e de 4,69% para os cenários 2 e 3, respectivamente; no 2 não há cobrança pelo consumo estabelecida pelo comitê de gestão do recurso hídrico da bacia, somente pela água captada. Nos cenários 1 e 3, a receita foi composta pelo valor da economia com a redução na captação e consumo de água, pois seria por estes itens que o comitê das bacias consideradas cobram. No cenário 1 (bacia dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari), a cobrança é somente pela captação da água, o que resulta valor zero para captação da água (TABELA 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de rentabilidade para a implantação da infraestrutura para a captação de água de chuva do telhado de galpões de free stall, em um sistema de produção de leite no Sul de Minas Gerais, no ano de 2017, em R\$, considerando duas taxas de desconto (TD), em diferentes cenários.

Especificação	Cenário 1: mais provável		Cenário 2: otimista		Cenário 3: pessimista	
	TD de 8,50%	TD 6,99%	TD de 8,50%	TD 6,99%	TD de 8,50%	TD 6,99%
Receitas	12,05	12,05	31,08	31,08	8,32	8,32
Economia com captação de água	12,05	12,05	10,31	10,31	7,93	7,93
Economia no consumo de água	0,00	0,00	20,77	20,77	0,40	0,40
Custo operacional total	7.850,30	7.850,30	7.850,30	7.850,30	7.850,30	7.850,30
Custo operacional efetivo	1.035,38	1.035,38	1.035,38	1.035,38	1.035,38	1.035,38
Custo com depreciação	6.814,92	6.814,92	6.814,92	6.814,92	6.814,92	6.814,92
Custo total	23.206,59	20.489,25	23.206,59	20.489,25	23.206,59	20.489,25
Custos fixos	22.153,60	19.439,39	22.153,60	19.439,39	22.153,60	19.439,39
Custos com depreciação	6.814,92	6.814,92	6.814,92	6.814,92	6.814,92	6.814,92
Remuneração da terra	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Remuneração do capital investido	15.278,68	12.564,47	15.278,68	12.564,47	15.278,68	12.564,47
Remuneração do empresário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custos variáveis	1.052,99	1.049,86	1.052,99	1.049,86	1.052,99	1.049,86
Custo operacional efetivo	1.035,38	1.035,38	1.035,38	1.035,38	1.035,38	1.035,38
Remuneração do capital de giro	17,60	14,47	17,60	14,47	17,60	14,47
Margem bruta	-1.023,33	-1.023,33	-1.004,31	-1.004,31	-1.027,06	-1.027,06
Margem líquida	-7.838,25	-7.838,25	-7.819,23	-7.819,23	-7.841,98	-7.841,98
Resultado (lucro ou prejuízo)	-23.194,54	-20.477,20	-23.175,51	-20.458,17	-23.198,26	-20.480,92
Custo operacional efetivo/m ³ de água captada	1,3060	1,3060	1,3060	1,3060	1,3060	1,3060
Custo operacional total/m ³	9,9024	9,9024	9,9024	9,9024	9,9024	9,9024
Custo variável/m ³	1,3282	1,3243	1,3282	1,3243	1,3282	1,3243
Custo fixo/m ³	27,9447	24,5210	27,9447	24,5210	27,9447	24,5210
Custo total/m ³	29,2729	25,8453	29,2729	25,8453	29,2729	25,8453
Preço/m ³ (captada + consumida)	0,0152	0,0152	0,0392	0,0392	0,0105	0,0105
Preço/m ³ da água captada	0,0152	0,0152	0,0130	0,0130	0,0100	0,0100
Preço/m ³ da água consumida	-	-	0,0262	0,0262	0,0050	0,0050
Ponto de equilíbrio (m ³ água/ano)	**	**	**	**	**	**
Quantidade de m ³ de água captados	475,66	475,66	475,66	475,66	475,66	475,66

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$3,19, cotação média de 01/01 a 31/12/2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018); Valores dos insumos e produtos utilizados foram obtidos no comércio local do Sul de Minas Gerais (Período de referência: fevereiro de 2018); ** Não foi possível estimar, pois o valor de mercado está inferior ao custo unitário variável.

O CT do metro cúbico da água de R\$29,27 e R\$25,85, para os cenários com taxa de desconto de 8,50% e 6,99%, respectivamente, estão muito acima dos valores estabelecidos para as taxas de outorga, praticados por todos os comitês de gestão das bacias hidrográficas e pela Agência Nacional de águas, que existe no país. Atualmente, os maiores valores (R\$0,0130/m³ captado e R\$0,0262/m³ consumido) são praticados nas bacias dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari. Ao que parece, os valores cobrados pela captação e consumo de água no Brasil, até o momento, é somente para se ter controle de quem consome, e se conhecer qual a finalidade de consumo (se consumo humano, animal ou irrigação).

Santos (2015), em pesquisa realizada em Inconfidentes (MG), com gado de leite, onde foi considerado somente os valores dos materiais e mão de obra necessários para a implantação do sistema de captação de água, estimou o valor de R\$45,46/m³ de água captada, o que correspondeu a um percentual inferior a 55,17% do menor custo observado neste estudo (R\$25,85/m³), quando se adotou taxa de juros de 6,99%. Vale ressaltar que, assim como neste estudo, o custo de um metro cúbico de água foi bem superior ao cobrado pela companhia de abastecimento de água (COPASA), que no estudo de Santos (2015) foi de R\$4,72/m³. Para este estudo não foi verificado valor comparativo, porque todo o abastecimento de água da propriedade é por meio de poço artesiano, não havendo opção por fornecimento por uma companhia de água. No entanto, o valor cobrado pela COPASA, na categoria de usuário comercial, na região de Ilícinea MG, a partir de julho de 2017, foi de R\$10,303/m³ (valor referente ao abastecimento de água) (COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS - COPASA, 2017), valor inferior ao CT em todos os cenários estudados. Assim, neste estudo em específico, se fosse possível captar água da COPASA seria mais interessante do que realizar financiamento bancário com esta taxa de juros (8,50%) para realizar a implantação da infraestrutura para captar a água da chuva do telhado de *free stall*. Scollan e Moran (2010) ainda advertiram que em muitas regiões do mundo a água não é valorada economicamente o que caracteriza um subsídio aos produtores e o uso perdulário do recurso.

No entanto, as projeções futuras por demanda de água devem elevar os valores de captação e consumo, uma vez que a lei da oferta e da procura é quem regula o mercado e, com a falta de água no mundo, alternativas dessa magnitude podem vir a se tornar viável em um futuro não muito distante, principalmente quando o valor cobrado, ou a ser cobrado, pela água se tornar representativo no custo de produção do leite. Tal fato levará técnicos e produtores a repensar nas práticas agropecuárias e os procedimentos para a economia de água. Nesse sentido, Palhares, Afonso e Gameiro (2018) propuseram e avaliaram um método para calcular o custo da água na produção pecuária, considerando as melhores práticas em matéria de

gestão de resíduos. Como resultado, verificaram que as dietas com tecnologias nutricionais mais avançadas, e com melhores gestão de resíduos, tiveram o menor custo total de água, independentemente do tamanho da fazenda.

Considerando que não foi possível estimar o ponto de equilíbrio, pois o valor de mercado (R\$0,015) está abaixo do custo variável unitário (R\$1,3243) (TABELA 3) do metro cúbico de água, neste trabalho, estimou-se o preço de equilíbrio, que foi de R\$29,87 e de R\$25,85/m³ de água para as taxas de desconto de 8,50 e 6,99%, respectivamente. Ou seja, apenas haverá viabilidade econômica na implementação dessa tecnologia se o valor cobrado pela captação mais consumo for superior a R\$25,85/m³ de água, considerando a menor taxa de juros adotada.

Alterações no preço de equilíbrio dependem da quantidade de água de chuva captada, que, por sua vez, depende da precipitação pluviométrica; ou seja, independe do pecuarista, exceto no que diz respeito à eficiência da captação. No entanto, o preço de equilíbrio também é função do custo total, que é a soma do custo fixo e variável. Esses sim podem ser minimizados pelo pecuarista. Este último, segundo Lopes et al. (2015), pela otimização de alguns insumos, o que não seria aplicável no presente estudo pois não há aquisição de insumos. E ainda que houvesse, nas condições estudadas, o valor não seria expressivo, pois os custos variáveis representaram apenas 1,95% do CT; ou seja, os custos fixos foram bem mais representativos (98,05%). O valor do custo variável refere-se às despesas com reparo e manutenção de benfeitorias e máquinas. Dessa forma, esforços deveriam ser concentrados na redução destes, buscando-se redução dos valores investidos na infraestrutura para captação da água da chuva, que poderá ser obtido por meio de uma boa pesquisa de mercado (orçamentação) (LOPES et al., 2013, 2018), e a procura por materiais alternativos, o que necessitaria de pesquisas científicas poderiam ser alternativas que contribuam para reduzir o custo fixo e, conseqüentemente, o preço de equilíbrio. Fontes de financiamentos com juros baixos e longos períodos de carências e pagamentos também poderiam ser opções para incentivar os pecuaristas a adotarem tecnologias ambientalmente corretas, que minimizam os impactos da pecuária leiteira.

Apesar de não ter apresentado viabilidade econômica, em nenhum dos cenários, a captação da água da chuva é uma das medidas que diminuem o impacto ambiental na atividade leiteira e merece atenção para novos estudos que venham a propor alternativas que diminuam os seus custos, entre eles do armazenamento da água captada da chuva, para assim se tornar uma alternativa viável economicamente.

Fato importante a se destacar é que os sistemas de produção agropecuários necessitam de investimentos para amenizar os impactos ambientais e, quando essas alternativas promovem a redução nos custos, podem ser promissoras para garantir a sustentabilidade econômica e ambiental das atividades agropecuárias. Estudos de viabilidade econômica com alternativas que minimizem o impacto ambiental na atividade leiteira, além, da captação de água de chuva devem ser realizados. Entre eles, pode-se citar a recuperação de areia de *free stall* e a implantação de fontes alternativas de geração de energia elétrica (biogás, fotovoltaica e eólica).

Verifica-se que a sustentabilidade na produção animal tem sido a preocupação de vários pesquisadores e objeto de estudo em várias pesquisas tais como: a utilização do conceito de DfD (*Design for Deconstruction*), que tem o potencial de limitar o impacto ambiental da construção apoiando a desmontagem e a reutilização de materiais de construção no final da vida, reduzindo o uso de concreto (LESO et al., 2018); utilização da terra bruta (tijolos de barro não queimados) como material para construção de instalações, em substituição à materiais mais caros, mas com características térmicas inferiores e maior impacto ambiental (BARBARI et al., 2014a, 2014b); a palha de cereais embalada em fardos retangulares, como ocorre diretamente após a colheita no campo, está cada vez mais usada em edifícios como elemento de enchimento de paredes, uma vez que apresenta alta sustentabilidade (CONTI et al., 2017); instalações projetadas levando em consideração as necessidades de animais ao ar livre e a escolha de materiais de construção adequados e disponíveis na própria região (ROSSI et al., 2018). No entanto, em nenhum desses estudos foi avaliada a viabilidade econômica, que irão direcionar o pecuarista para as tecnologias que, além de diminuir o impacto econômico da atividade, irão contribuir para redução dos custos de produção da atividade.

4 CONCLUSÕES

A implantação da infraestrutura da captação da água da chuva do telhado de galpões de *free stall*, nas condições estudadas, não apresentou viabilidade econômica em nenhum dos cenários estudados, apresentando valor presente líquido (VPL) negativo em todos os mesmos cenários. O *pay back* simples e descontado ficaram acima do horizonte proposto. Não houve a possibilidade de estimar a TIR devido aos valores negativos no fluxo líquido de caixa. As relações benefício/custo (RBC) não foram satisfatórias (menores que 1).

Os CT da captação de água de chuva de telhado de *free stall* foram de R\$23.206,59 e de R\$20.489,25, para os cenários com juros de 8,50 e 6,99%, respectivamente, enquanto o COT foi de R\$7.850,30 em todos os cenários analisados. Em relação aos valores unitários, foram de R\$9,9024/m³ (COT) e de R\$1,3060/m³ (COE) de água captada.

Não foi possível estimar o ponto de equilíbrio em nenhum cenário, pois o custo variável (R\$0,5585/m³) do metro cúbico da água captada do telhado do galpão de *free stall* foi superior ao valor cobrado pela outorga de água pelos comitês de gestão de água das diferentes bacias estudadas.

REFERÊNCIAS

- ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanços um enfoque econômico-financeiro**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Dólar americano**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpeq.asp?id=txcotacao>>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- BARBARI, M. et al. Proposal for a simple method of structural calculation for ordinary earthen buildings in rural areas. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 12, n. 2, p. 897-903, 2014a.
- BARBARI, M. et al. Simple methods and tools to determine the mechanical strength of adobe in rural areas. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 12, n. 2, p. 904-909, 2014b.
- BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=1-173-34-2005-11-28-54>>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- CÂMARA TÉCNICA DO CBHSF. **Câmara Técnica do CBHSF aprova nova metodologia de cobrança para o uso da água**. 2017. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/ctoc-aprova-metodologia-de-cobranca-para-irrigacao-e-reajuste-de-ppu-em-20-para-todos-setores-usuarios/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão**. 3. ed. São Paulo: R. dos Tribunais, 1987. 255 p. (Manuais Vértice, 3).
- CHENÇO, E. C. **Fundamentos em finanças**. Curitiba: IESDE Brasil AS, 2016. 352 p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS. **Deliberação Normativa CBH-Velhas nº 185**, de 26 de agosto de 2009. Aprova a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, na forma da Deliberação Normativa do CBH Velhas nº 03, de 20 de março de 2009, com redação dada pela Deliberação Normativa do CBH Velhas nº 04, de 06 de julho de 2009. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://agenciapeixevivo.org.br/wp-content/uploads/2010/02/images_arquivos_legislacaoambiental_CERH_deliberao%20cerh-mg%20n%20185-2009.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2018.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Tabela de tarifa**: vigência a partir de 30/07/2017. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/2ceffeba-7dd1-4d10-9b96-370373ef78e2/Tb_de_tarifa-2017.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=2ceffeba-7dd1-4d10-9b96-370373ef78e2>. Acesso em: 13 nov. 2019.

CONTI, L. et al. Simplified method for the characterization of Rectangular Straw Bales (RSB) thermal conductivity. In: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, 245., 2017. **Proceedings...** 2017. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/245/5/052035/pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

DORIGON, E. B.; TESSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI - Oeste catarinense. **Unoesc & Ciência - ACBS**, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 13-22, 2010.

FERNANDES, D. R. M. F.; MEDEIROS NETO, V. B. de; MATTOS, K. M. da C. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007. 1 CD-ROM.

GRIS, V. G. C.; BERTOLINI, G. R. F.; JOHANN, J. A. Cisternas rurais: viabilidade econômica e percepção de agricultores do município de Palotina-PR. **Revista Nera**, Presidente Prudente, n. 37, p. 169-194, 2017.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 496 p.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J.; LANDAU, E. C. **Índices pluviométricos em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EMBRAPA, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

HAACK, S. C.; OLIVEIRA, G. G. de. Análise de viabilidade econômica e financeira de projetos sustentáveis no setor energético: estudo de caso para implantação de biodigestores no semiárido baiano. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, p. 363-382, jun. 2013. Número especial.

HARAGUCHI, M.; SIDDIQI, A.; NARAYANAMURTI, V. Stochastic cost-benefit analysis of urban waste-to-energy systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 224, p. 751-765, July 2019.

HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/>>. Acesso em: 1 ago. 2016.

JUNGES, D. M. et al. Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no Município de Toledo (PR). **Revista de Economia**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 7-30, jan./abr. 2009.

LESO, L. et al. Criteria of design for deconstruction applied to dairy cows housing: a case study in Italy. **Agronomy Research**, Oxford, v. 16, p. 794-805, 2018.

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, jul./ago. 2004.

LOPES, M. A. et al. Custo da implantação e utilização de dois métodos de identificação de bovinos leiteiros. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 6, p. 757-764, 2013.

LOPES, M. A. et al. Resultados econômicos da recria e engorda de novilhas de corte: um estudo de caso no município de Curvelo - MG, nos anos de 2008 e 2009. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Caracas, v. 23, n. 3/4, p. 89-98, 2015.

LOPES, M. A. et al. Technical and economic efficiency of bovine weighing methods. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 1167-1180, maio/jun. 2018.

LOPES, M. A. et al. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, v. 18, n. 1, p. 1-19, 2016.

MACHIONE, E. D. C.; LOPES, M. A. Análise da viabilidade econômico-ambiental da implantação de construções de 100m² de cobertura no município de Colina-SP. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2015.

MARTINS, P. G. **Sistema de aproveitamento das águas pluvias e biodigestor**. Joaçaba: Ed. UNOESC, 2011. 104 p. Trabalho de pesquisa.

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

NOVELIS. **Relatório de sustentabilidade Novelis 2017**. Atlanta, 2017.

PALHARES, J. C. P. (Org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos: Cubo, 2016. 183 p.

PALHARES, J. C. P.; AFONSO, E. R.; GAMEIRO, A. H. Reducing the water cost in livestock with adoption of best practices. **Environment, Development and Sustainability**, Amsterdam, v. 1, p. 1-11, 2018.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 244-254, 2012.

PORTAL BRASIL. **Caderneta de poupança**: índices mensais: rendimentos creditados no dia 1º de cada mês. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ROSSI, G. et al. Poultry farming solutions for a sustainable development of marshlands areas of South Iraq. **Agronomy Research**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 574-581, 2018.

SALES, J. C. A.; CALLEGARI, T. V.; SANTOS JUNIOR, E. L. Viabilidade da utilização da água de chuva no Censa - Campos, RJ. **Perspectivas Online**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 9, p. 22-36, 2009.

SANTOS, L. S. **Potencial de aproveitamento da água de chuva na produção de leite**: um estudo de caso. 2015. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

SANTOS, M. et al. Análise da viabilidade econômica de um sistema de captação de água da chuva: estudo de cada de uma indústria de refrigerantes. **Revista Produção Industrial & Serviços**, Maringá, v. 3, n. 1, p. 50-63, 2016.

SCOLLAN, N.; MORAN, D. **The environmental impact of meat production systems**: Report to the International Meat Secretariat. Aberystwyth: [s.n.], 2010.

SILVA, T. P. P. da; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Serão os carrapaticidas agrotóxicos?: implicações na saúde e na percepção de riscos de trabalhadores da pecuária leiteira. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 311-325, 2012.

TEIXEIRA, C. A. et al. Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba PR. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 638-648, 2016.

ZOCOLOTTI, F. M.; HAUS, T. L. Análise de viabilidade ambiental e econômica para um sistema de captação de água da chuva no modelo habitacional unifamiliar popular da Caixa Economica Federal. **Memorial TCC - Caderno de Graduação**, Curitiba, p. 403-422, 2014/2015.

ARTIGO 4 - IMPACTO DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE CORRETAS NO CUSTO DE PRODUÇÃO DO LEITE E NA RENTABILIDADE DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO EM CONFINAMENTO TOTAL

ARTICLE 4 - IMPACT OF THE ADOPTION OF ENVIRONMENTALLY CORRECT TECHNOLOGIES ON THE COST OF DAIRY PRODUCTION AND PROFITABILITY OF A TOTAL CONFINEMENT PRODUCTION SYSTEM

Marcos Aurélio Lopes¹, Fabiana Alves Demeu², Eduardo Mitke Brandão Reis³, Francisval de Melo Carvalho⁴, André Luiz Ribeiro Lima⁴, Gideon Carvalho de Benedicto⁴, Gastão Lemos Barbosa⁵

¹Professor Titular do departamento de Medicina Veterinária da UFLA, ²Professora do Instituto Federal de Rondônia, Bolsista Pró Doutoral Capes, Doutoranda UFLA, ³Professor da Universidade Federal do Acre, ⁴Professor do departamento de Economia da UFLA, ⁵Médico veterinário autônomo

Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo com o Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.

RESUMO

Objetivou-se analisar o impacto econômico da adoção de algumas tecnologias ambientalmente corretas no custo de produção do leite e na rentabilidade de um sistema de produção, bem como estimar o custo ambiental e a sua representatividade no custo operacional efetivo, no custo operacional total e no custo total. Especificamente, pretendeu-se, ainda, analisar a rentabilidade do centro de custo produção de leite, identificar os componentes que exercem maiores representatividades sobre os custos finais da atividade e estimar o ponto de equilíbrio (kg de leite/ano). Os dados foram coletados no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017 em um sistema de produção de leite localizado ao Sul de Minas Gerais, em confinamento total, do tipo *free stall*. O custo de produção do leite foi estimado segundo a metodologia do custo operacional e custo total, considerando o centro de custos produção de leite, que envolveu as vacas em lactação e as secas. O centro de custo leite apresentou viabilidade econômica, com margens bruta e líquida, bem como resultado positivo, assim como lucratividade e rentabilidade positivas. O custo ambiental operacional total de um quilograma de leite foi estimado em R\$0,015 e representou 1,505% do custo operacional total; o custo operacional efetivo ambiental foi de R\$0,006, e correspondeu a 0,622% do custo operacional total; enquanto que o custo ambiental total, estimado em R\$0,032, representou 3,325% do custo total. Os itens componentes do custo operacional efetivo que exerceram maiores representatividades foram, em ordem decrescente, a alimentação, mão-de-obra, sanidade, hormônio produtivo (BST), manutenção de veículos, máquinas e implementos, manutenção de benfeitorias, energia e areia para cama do *free stall*. O ponto de equilíbrio foi estimado em 1.104.038,54 kg de leite/ano, ou 3.024,76 kg de leite/dia, enquanto que a produção foi de 4.271.383,00 kg de leite/ano e 11.702,42 kg de leite/dia.

Palavras-chave: Meio ambiente. Bovinocultura. Custo ambiental. Rentabilidade.

ABSTRACT

We aimed at analyzing the economic impact of the adoption of a few environmentally correct technologies on the cost of dairy production and on the profitability of a production system, as well as estimating the environmental cost and its representativeness in the effective operational cost, total operational cost, and total cost. We specifically intended to analyze the profitability of the dairy production cost center, identify the components that have greater representativeness over the final costs of the activity, and estimate the balance point (kg of dairy/year). We collected the data from January 2016 to December 2017 in a dairy production system located in the south of Minas Gerais, Brazil, of a free stall-type total confinement. The cost of dairy production was estimated according to the methodology of operating cost and total cost, considering the cost center of dairy production, which involved lactating and dry cows. The dairy cost center showed economic feasibility, with gross and net margins, as well as a positive result and positive profitability and rentability. The total environmental operating cost of a kilogram of milk was estimated at R\$ 0.015 and represented 1.505% of the total operating cost. The effective environmental operating cost was R\$ 0.006, and corresponded to 0.622% of the total operating cost, while the total environmental cost, estimated at R\$ 0.032, represented 3.325% of the total cost. The component items of effective operating cost that exercised the greatest representativeness were, in decreasing order, food, labor, health, production hormone (bST), vehicle, machine, and implement maintenance, improvement maintenance, energy, and sand for the free stall beds. The balance point was estimated at 1,104,038.54 kg of milk/year, or 3,024.76 kg of milk/day, while production was 4,271,383.00 kg of milk/year and 11,702.42 kg of milk/day.

Keywords: Environment. Cattle farming. Environmental cost. Profitability.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é um importante componente do agronegócio do país. Em 2018, os laticínios sob inspeção sanitária captaram 24,45 bilhões de litros (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA, 2019). Minas Gerais é o maior produtor nacional com 26,4% da produção (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2017). Paralelamente aos aspectos financeiros da atividade, com importante participação no PIB brasileiro, o agronegócio do leite desempenha, ainda, função social de extrema relevância para o país, pois muitos produtores têm o leite como a principal fonte de renda da propriedade (BERGAMASCHI; MACHADO; BARBOSA, 2010), o que contribui para a fixação de milhares de famílias no campo e a geração de milhões de empregos diretos e indiretos.

As questões ambientais como o desmatamento e a queima da vegetação natural, uso e ocupação do solo, poluição por dejetos e agrotóxicos, emissão de gases de efeito estufa (GEE), contaminação de águas e degradação do solo necessitam ser observadas e avaliadas por técnicos e produtores devido às exigências da legislação, especialmente as questões de tratamento de efluentes, pois a inexistência de tratamento de efluentes é uma das principais causas de negativa de licenciamento ambiental. O país possui 17 leis ambientais, das quais podem-se destacar: Lei da Área de Proteção Ambiental (BRASIL, 1981); Lei dos agrotóxicos (BRASIL, 1989); Lei da Política Agrícola (BRASIL, 1991); Lei de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998). As leis brasileiras preveem até reclusão ao produtor, caso não sejam cumpridas.

Cumprir a legislação ambiental brasileira pode gerar custos, o que resultaria em maior custo de produção. Souza, Silva e Bastos (2010) afirmam que os custos ambientais são representados por todos os custos dos recursos utilizados pelas atividades desenvolvidas com o propósito de controle, preservação e recuperação do setor. Gonçalves e Heliodoro (2005) e Kraemer (2001) apontam que são compostos por custos externos e internos relacionados com a defesa ambiental nos quais estão incluídos os custos de prevenção, planejamento e controle. Kraemer (2001) destaca que a adição de informações de custos ambientais enriqueceria e permitiria aos usuários avaliar a grandeza dos investimentos ambientais comparativamente ao patrimônio e aos resultados no período.

A atividade leiteira nem sempre tem apresentado resultados positivos (ASSIS et al., 2017; LOPES et al., 2004), tornando inviável qualquer exigência que eleve os custos de produção, os quais podem piorar ainda mais a situação do produtor.

O custo de produção do leite já é estudado há alguns anos, como a análise econômica da exploração do leite (ASSIS et al., 2010; MOURA et al., 2010); indicadores econômicos e de rentabilidade do centro de custo produção do leite (LOPES; SANTOS, 2013; SANTOS; LOPES, 2012, 2014); custo de produção da cria e recria (LOPES et al., 2010). No entanto não houve a preocupação de averiguar o impacto e a representatividade das medidas de mitigação ambiental, na atividade leiteira, bem como sua viabilidade econômica. Nos estudos realizados, não foram considerados os custos ambientais e seus impactos no custo operacional efetivo, em razão da economia com energia elétrica gerada a partir do biogás, a recuperação da areia da cama de *free stall*, captação da água de chuva e sua utilização, bem como o uso dos resíduos/efluentes como fertilizantes. Também vale a pena destacar que não há, na literatura, estudos a respeito da estimativa do custo ambiental para a atividade leiteira.

Assim, pretendeu-se analisar o impacto da adoção de algumas tecnologias ambientalmente corretas no custo de produção do leite e na rentabilidade de um sistema de produção em confinamento total, bem como estimar o custo ambiental e a sua representatividade no custo operacional efetivo, no custo operacional total e no custo total. Especificamente, pretendeu-se analisar a rentabilidade da atividade leiteira de um sistema de produção de leite localizado ao Sul de Minas Gerais, identificar os componentes que exercem maiores representatividades sobre os custos finais da atividade e estimar o ponto de equilíbrio (kg de leite/ano).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma propriedade localizada no Sul do Estado de Minas Gerais; no período entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017. Ela possui uma área de 504 hectares e desenvolve as atividades da cafeicultura, criação de suínos e a pecuária leiteira, foco deste estudo, que ocupa 100 ha, onde foram implantadas infraestruturas para captação de água da chuva, recuperação de areia e implantação e utilização de um biodigestor tipo canadense, para geração de energia elétrica; denominadas, neste trabalho, de tecnologias ambientalmente corretas.

O sistema de produção é intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação e em pré-parto, em dois galpões do tipo *free stall*, com dimensões de 90 x 30m (galpão 1) e 60m x 30m (galpão 2), com 230 e 198 camas individuais, respectivamente, com capacidade para alojar, aproximadamente, 428 vacas da raça holandesa, puras por cruzamento ou puras por origem. A produção total média diária foi de 11.864,95 ($\pm 1.388,79$) L e, aproximadamente, 32,28 ($\pm 2,68$) L de leite por vaca em lactação, em três ordenhas. A dieta completa, com silagem de milho (*Zea mays*) e concentrado, era fornecida em pista de alimentação, três vezes ao dia.

A fazenda foi escolhida, levando-se em consideração os seguintes critérios: disponibilidade e qualidade dos dados zootécnicos e econômicos; consentimento e interesse do pecuarista na realização da pesquisa e facilidade de acesso por parte dos pesquisadores às fontes de evidências (LOPES et al., 2015).

O sistema de produção foi visitado e os arquivos consultados para coleta de dados referentes às despesas operacionais efetivas e receitas, utilizando-se cadernetas de campo preparadas para este fim. 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 em questão.

Os itens que compõem o custo operacional efetivo foram divididos em grupos: alimentação, insumos de reprodução, sanidade, hormônios reprodutivos, ordenha, mão de obra, energia, impostos e despesas diversas; enquanto que as receitas foram compostas pela venda do leite, animais, subprodutos (esterco vendido ao biodigestor) e objetos obsoletos, conforme Lopes et al. (2004).

Para a remuneração do capital de giro, adotou-se a taxa de 6,99%, considerando o valor de 20% do COE, conforme preconizado por Lopes et al. (2016). Para a remuneração da terra foi adotado o valor de dois litros de leite dia/ha (R\$70,00/ha/mês).

Tais dados foram cadastrados em uma planilha desenvolvida especificamente para o processamento eletrônico dos dados. Tal planilha contemplou as duas estruturas do custo de produção: Custo Total de Produção, que envolve o custo fixo e variável, utilizada por Lopes et al. (2004), e Custo Operacional, proposta por Matsunaga et al. (1976).

Neste estudo, foi adotado o método de depreciação linear (HOFFMANN et al., 1981). Para a depreciação de matrizes adotou a metodologia utilizada por Santos e Lopes (2012), e para aquisição de novilhas foi adotado o valor inicial, de R\$8.000,00 (US\$2.453,99), correspondente ao preço médio praticado para a venda de uma novilha na fazenda durante o período de estudo; e a vida útil (5 anos) foi estimada em função da taxa de descarte involuntário. Como valor final, adotou-se o valor da venda de uma vaca gorda (550 kg de peso vivo), ao preço de arroba de R\$105,54 (US\$32,27). O biodigestor atende a bovinocultura e a suinocultura; assim, o rateio foi proporcional a expectativa da geração de energia elétrica em função dos dejetos gerados. No caso da bovinocultura, estimou-se 11,73% e 12,12%, para os anos de 2016 e 2017, respectivamente.

Os índices produtivos e econômicos foram comparados, por meio de análises descritivas, utilizando o aplicativo MS Excel[®] e agrupados em tabelas, objetivando uma melhor comparação, discussão e apresentação dos resultados (LOPES et al., 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo dos recursos disponíveis no centro de custos produção de leite, em um sistema de produção no Sul de Minas Gerais, é apresentado na Tabela 1. Tais recursos foram úteis nas análises e discussão dos resultados encontrados nesta pesquisa. O “patrimônio em terra”, que representou, em média, 35,11% do total imobilizado, para os anos 2016 e 2017, foi bem próximo dos 38,21% obtidos por Lopes et al. (2012); abaixo dos 42,32% de Santos e Lopes (2014); e dos 53,26% de Silva et al. (2019). As diferenças podem ser devido aos valores das terras em função da localização das propriedades, tipo de solo, bem como nível de intensificação da produção. Assim, a melhor utilização da terra é uma das questões que devem ter atenção de técnicos e pecuaristas, o que pode justificar a intensificação dos sistemas de produção, principalmente em locais onde o valor da terra é mais elevado.

Tabela 1 - Recursos disponíveis no centro de custo produção de leite em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$ e %.

Especificação	Valor (R\$)	(continua)	
		(% em relação ao total)	(% em relação as tecnologias ambientalmente corretas)
Valor total do patrimônio em terra (R\$)	4.936.800,00	35,11	-
Valor do patrimônio em terra ocupada com tecnologias ambientalmente corretas (R\$)	63.000,00	1,28	9,84
Valor total do patrimônio sem terra (R\$) (A + B + C + D + E + F + G)	9.123.700,50	64,89	-
Valor do patrimônio em tecnologias ambientalmente corretas sem terra (R\$) (I + II + III + IV + V + VI + VII + VIII + IX)	577.197,88	6,33	90,16
Valor do patrimônio sem considerar a terra e os animais (A + B + C + E + F + G)	6.353.700,50	45,19	-
A - Valor total em benfeitorias (R\$)	4.416.887,33	48,41	100,00
Valor total em benfeitorias com tecnologias ambientalmente corretas (I + II + III)	260.037,88	100,00	2,85
I - Biodigestor	132.374,00	50,91	1,45
II - Recuperação da areia	47.707,68	18,35	0,52
III - Captação da água da chuva	79.956,20	30,75	0,88
B - Valor total em equipamentos e implementos (R\$)	749.744,50	8,22	-

Tabela 1 - Recursos disponíveis no centro de custo produção de leite em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$ e %.

Especificação	Valor (R\$)	(conclusão)	
		(% em relação ao total)	(% em relação as tecnologias ambientalmente corretas)
Valor total em equipamentos, implementos e ferramentas com tecnologias ambientalmente corretas (IV + V + VI)	59.400,00	100,00	0,65
IV - Biodigestor	5.000,00	8,42	0,05
V - Recuperação da areia	54.400,00	91,58	0,60
VI - Captação da água da chuva	0,00	0,00	0,00
C - Valor total em máquinas (R\$)	501.000,00	5,49	-
Valor total em máquinas com tecnologias ambientalmente corretas (VII + VIII + IX)	257.760,00	100,00	2,83
VII - Biodigestor	210.000,00	81,47	2,30
VIII - Recuperação da areia	17.760,00	6,89	0,19
IX - Captação da água da chuva	30.000,00	11,64	0,33
D - Valor em animais (R\$)	2.770.000,00	30,36	-
E - Valor em semoventes (R\$)	0,00	0,00	-
F - Valor em móveis (R\$)	1.050,00	0,01	-
G - Valor em veículos (R\$)	0,00	0,00	-
Valor total imobilizado (R\$) + A + B + C + D + E + F + G)	13.112.827,71	100,00	-
	577.197,88	4,40	100,00
Área destinada à bovinocultura (ha)	98,74	98,74	0,02
Área ocupada com tecnologias ambientalmente corretas (ha)	1,26	1,26	1,26
Área total (ha)	100,00	100,00	100,00
Total imobilizado / ha (R\$ /ha)	131.128,28	1,00	-
Total imobilizado em tecnologias ambientalmente corretas/ ha (R\$ /ha)	5.771,98	0,04	100,00
Imobilizado por matriz em lactação (R\$/matriz)*	37.137,64	2,83	-
Imobilizado em tecnologias ambientalmente corretas por matriz em lactação (R\$/matriz)*	817,04	0,14	0,14
Imobilizado por litro de leite vendido (R\$/kg)*	1,59	0,00	-
Imobilizado com tecnologias ambientalmente corretas por litro de leite vendido (R\$/kg)*	0,07	0,00	0,00
Imobilizado/capacidade de vaca alojada (R\$/cama)	19.102,87	0,15	0,15
Imobilizado com tecnologias ambientalmente corretas/capacidade de vaca alojada (R\$/cama)	1.348,59	0,010	0,010

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$3,26, cotação média de 01/01 a 31/12/2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

*Média dos anos 2016 e 2017.

A maior representatividade foi o “patrimônio sem considerar a terra” (64,89%) (TABELA 1). Tal valor é superior aos obtidos por Santos e Lopes (2014) (61,79%; média de

três sistemas de produção); Santos e Lopes (2012) (57,68%; média de três sistemas de produção); e Silva et al. (2019) (46,74%). Essa superioridade, provavelmente, pode ser devido aos investimentos em tecnologias ambientalmente corretas (R\$577.197,88) que representaram 6,33% do total. Esse valor, se somado ao do resultado obtido por Santos e Lopes (2012) (57,68%+ 6,33%) daria 64,01% (57,68+6,33), ou seja, bastante semelhante ao obtido nesta pesquisa. A preservação ambiental é necessária, mas requer investimentos e ocasiona um impacto financeiro ao sistema de produção.

Dos investimentos em tecnologias ambientalmente corretas, quando considerada a soma da representatividade dos investimentos totais (benfeitorias + equipamentos e implementos + máquinas), o biodigestor foi a tecnologia que teve maior representatividade (3,81%), seguido da recuperação da areia (1,31%) e da captação de água de chuva (1,21%). O detalhamento dos investimentos pode ser observado na Tabela 1.

A média dos anos de 2016 e 2017 do total imobilizado, sem considerar os valores da terra e dos animais, foi de R\$6.353.700,50 (TABELA 1), o que correspondeu a 45,18% dos investimentos da propriedade; valor bem semelhante ao do estudo de Silva et al. (2019) (46,74%).

Os animais tiveram representatividade média (anos de 2016 e 2017) de 30,36%, do patrimônio sem a terra; valor bem abaixo da média dos três sistemas de produção estudados por Santos e Lopes (2012) (48,05%). Na ocasião daquele trabalho, os autores evidenciaram a importância do cuidado que se deve ter com os animais, como, por exemplo, no momento da aquisição, no manejo diário, no ambiente adequado, entre outros, visando proporcionar condições para que possam ter a máxima produtividade e, conseqüentemente, proporcionarem maior retorno do capital. Os valores investidos em matrizes são considerados como custos fixos; portanto, devem atingir altas produções por animal para que possam ser “diluídos”, representando baixos percentuais do custo total.

O valor imobilizado por ha, de R\$131.128,28, foi superior ao estimado por Santos e Lopes (2014) (R\$25.990,47), mesmo considerando a inflação acumulada pelo IPCA (IBGE, 2018) (R\$73.743,51). Segundo esses pesquisadores, esse indicador pode ser utilizado para avaliar a intensificação do uso da terra.

Um resumo da análise de rentabilidade pode ser observado na Tabela 2. A receita total correspondeu à soma dos valores apurados com a venda de leite, animais e subprodutos (biofertilizante). O leite foi o item que contribuiu com a maior representatividade da receita (95,48 e 95,14%, respectivamente, para os anos 2016 e 2017); acima dos 93,15% de Silva et al. (2019); e abaixo dos 98,16% obtidos na pesquisa de Santos e Lopes (2012, 2014); seguido

da venda de biofertilizante (média de 2,415%). Os valores e as representatividades foram muito semelhantes nos dois anos (TABELA 2). Embora muitos pecuaristas não dão a devida importância aos subprodutos (esterco, biofertilizante) como fonte de receita, o esterco pode apresentar até 3,20% (LOPES; SANTOS; AMADO, 2008) do faturamento. Neste estudo não foi considerado como subproduto devido a sua utilização no biodigestor para a produção de biogás e, conseqüentemente, a geração de energia elétrica.

Tabela 2 - Resumo da análise de rentabilidade no centro de custo produção de leite em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$ e %.

Especificação	Ano: 2016		Ano: 2017	
	Valor total	%	Valor total	%
Receitas (R\$)	6.720.611,10	100,00	6.691.390,02	100,00
Leite (R\$)	6.416.695,45	95,48	6.366.474,37	95,14
Animais (R\$)	142.000,00	2,11	163.000,00	2,44
Subprodutos - biofertilizante (R\$)	161.915,65	2,41	161.915,65	2,42
Custo operacional total (COT) (R\$)	3.960.781,88	100,00	4.110.055,34	100,00
Custo operacional efetivo (COE) (R\$)	3.166.409,50	79,94	3.279.251,93	79,79
Custo com depreciação (R\$)	794.372,38	20,06	830.803,41	20,21
Custo total (CT) (R\$)	3.977.759,73	100,00	4.127.026,11	100,00
Custos fixos (CF) (R\$)	807.661,36	22,79	844.092,40	24,51
Remuneração da terra (R\$)	6.911,52	0,16	6.911,52	2,05
Remuneração do capital investido (R\$)	6.377,47	0,15	6.377,47	1,89
Remuneração do empresário (R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00
Impostos considerados fixos (R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciação (R\$)	794.372,38	19,97	830.803,41	20,21
Custos variáveis (CV) (R\$)	3.170.098,37	79,70	3.282.933,71	79,55
Custo operacional efetivo sem impostos (R\$)	3.166.409,50	79,60	3.279.251,93	79,46
Remuneração do capital de giro (R\$)	3.688,87	0,09	3.681,78	0,09
Margem bruta (R\$)	3.554.201,60	0,00	3.412.138,09	0,00
Margem bruta / kg Leite (R\$)	0,87	-	0,77	-
Margem líquida (R\$)	2.759.829,22	-	2.581.334,68	-
Margem líquida/ kg leite (R\$/kg)	0,67	-	0,58	-
Resultado (lucro ou prejuízo) (R\$)	2.742.851,37	-	2.564.363,91	-
Resultado (lucro ou prejuízo) / kg leite (R\$)	0,67	-	0,58	-
Lucratividade 1* (%)	40,81	-	38,32	-
Rentabilidade 1* (%)	16,85	-	15,64	-
Lucratividade 2 (%)	41,07	-	38,58	-
Rentabilidade 2 (%)	16,95	-	15,75	-
Quantidade de leite produzido total (kg)	4.102.910,00	100,00	4.439.856,00	100,00
Ponto de equilíbrio (kg de leite/ano)	1.008.419,01	-	1.199.658,06	-
Preço médio do leite (R\$)	1,57	-	1,44	-

Fonte: Da autora (2018).

* Indicadores calculados utilizando a receita total; Lucratividade 1: resultado / receita total; Lucratividade 2: margem líquida / receita total; Rentabilidade 1: resultado / (custo operacional efetivo + imobilizado total); Rentabilidade 2: margem líquida / (custo operacional efetivo + imobilizado total) (LOPES et al., 2011a).

A receita com animais foi de 2,11 e 2,44% para os anos 2016 e 2017, respectivamente; acima dos 1,84% de Santos e Lopes (2012, 2014) e abaixo dos 6,85% de Silva et al. (2019). Para Lopes e Santos (2013), a contribuição desse item na receita tende a ser maior nos sistemas de produção que estão passando, principalmente, pelas seguintes situações: pequeno produtor cujos animais não são especializados para produção de leite, mas são, teoricamente, animais de dupla aptidão; produtores que passam por uma crise financeira e, em momento de alta no preço da arroba de vaca, venda de animais para o corte; também pode ocorrer em propriedades que possuem animais especializados, e os que comercializam melhor, como não é o caso da propriedade, justifica-se o baixo percentual com a venda de animais. Lopes et al. (2004) afirmaram que a receita com a venda de animais é muito variável, podendo chegar a 28,08%. Entretanto, segundo Lopes e Santos (2013), ela depende das metas do sistema de produção, da necessidade de levantar receitas, enquanto Demeu et al. (2011) destacam as questões relacionadas aos aspectos referentes à saúde do rebanho. Cardoso, Nogueira e Arendonk (1999) consideram descartes voluntários de até 10% como níveis ótimos quando existe venda de animais para outros rebanhos. Entretanto, Carneiro Júnior et al. (2015) enfatizam que a taxa de descarte de vacas deverá ser realizada de acordo com o número de novilhas disponíveis no rebanho, desde que sejam saudáveis e de boa conformação. Recomenda-se no mínimo 20% de taxa de descarte anual em rebanhos estabilizados, o que tem sido meta do sistema de produção pesquisado.

O centro de custos produção de leite apresentou custo operacional total (COT) positivos (TABELA 2), o que demonstra que foi possível pagar todas as despesas operacionais e fazer a reserva referente à depreciação. Estudos de Silva et al. (2019) também observaram COT positivos. Tais fatos demonstram que o centro de custos de produção de leite, em sistema de *free stall* no Brasil, podem ser rentáveis, se forem administrados com eficiência.

O custo operacional efetivo (COE) foi de R\$3.166.409,50, no ano de 2016 e de R\$3.279.251,93, em 2017 (TABELA 2) e representou o desembolso feito pelo produtor para custear a atividade. O valor mais elevado neste item no ano de 2017 foi, principalmente, devido a maior quantidade de vacas em lactação quando comparada a 2016, o que aumenta os custos que apresentam desembolso direto como alimentação, mão de obra, energia elétrica, sanidade. Outro fator que pode ter influenciado é a alta de preços de alguns insumos. O detalhamento dos valores mensais que compõe o COE pode ser observado na Tabela 3. Eles auxiliam técnicos e pecuaristas no planejamento do fluxo de caixa, mostrando em quais meses

ocorrem os maiores (dezembro; R\$320.957,96) e menores (fevereiro; R\$238.166,53) desembolsos.

Tabela 3 - Representatividade média mensal no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, do centro de custo produção de leite em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais de cada item do custo operacional efetivo (COE), em %, em uma propriedade no Sul de Minas Gerais.

Item	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Desvio Padrão
Alimentação	71,15	71,94	66,44	65,10	69,45	72,06	69,57	63,09	69,64	67,63	74,32	60,02	68,37	4,12
Concentrados	64,01	58,73	56,93	54,70	57,86	61,13	62,50	51,44	57,04	53,43	60,61	47,65	57,17	4,76
Volumosos	7,14	13,21	9,51	10,40	11,59	10,92	7,07	11,65	12,60	14,20	13,72	12,37	11,20	2,34
Energia	2,29	3,44	2,10	3,86	3,00	3,08	3,37	2,82	3,02	4,23	3,45	1,98	3,05	0,68
Mão de obra	7,93	7,74	8,70	8,97	7,89	8,75	7,63	7,60	9,46	8,19	8,33	13,48	8,72	1,61
Ordenha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sanidade	8,61	7,25	9,02	8,04	8,11	7,04	6,85	8,17	7,02	6,84	6,36	11,48	7,90	1,39
¹ BST	4,37	3,28	5,35	6,26	2,41	4,43	4,85	2,80	4,51	4,10	2,19	4,92	4,12	1,23
Inseminação artificial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Impostos fixos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Despesas diversas	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Manutenção de veículos, máquinas e implementos	2,08	4,55	4,78	3,81	4,52	3,65	5,36	4,25	4,81	2,21	3,85	4,05	3,99	0,99
Manutenção de benfeitorias	2,59	1,35	2,69	3,83	4,15	0,80	2,05	10,84	1,38	6,36	1,08	3,83	3,41	2,84
Areia de cama	0,95	0,45	0,93	0,13	0,46	0,19	0,33	0,44	0,13	0,44	0,42	0,23	0,43	0,27
Total (%)	100,00	0,00												
Total (R\$)	245.541,77	238.166,53	250.961,42	240.953,06	271.008,47	257.738,04	273.860,14	284.145,58	271.888,10	292.120,32	275.489,03	320.957,96	268.569,20	23.892,35

Fonte: Da autora (2018).

US\$1.00 igual a R\$3,26, cotação de 04/05/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

¹BST=somatropina bovina.

A depreciação representou 19,97% e 20,21% do custo operacional total (TABELA 2), nos anos de 2016 e 2017, respectivamente; acima dos 4,97% e 2,83% de Santos e Lopes et al. (2012, 2014), respectivamente; e dos 4,94% de Silva et al. (2019). Tal diferença pode ter ocorrido devido aos investimentos em infraestrutura, em especial aquelas com a finalidade de minimizar os impactos ambientais, que representou, em média (ano 2016 e 2017), 4,88% do total da depreciação. Outro fator que justifica percentuais maiores em depreciação é a quantidade e qualidade dos animais, por serem animais puros por cruzamento ou puros de origem, as novilhas são comercializadas por um valor elevado (R\$ 8.000,00), e para o cálculo de depreciação foi considerado o descarte involuntário de 20% do rebanho/ano e vida útil de cinco anos. Esses fatores resultaram em uma depreciação alta, quando somente o custo com depreciação de matrizes representou 61,72% e 64,40% da depreciação, respectivamente, para os anos 2016 e 2017. A questão da quantidade de animais é um dos fatores que refletiu diretamente no aumento do percentual deste estudo (TABELA 2) pois o único item que alterou na depreciação foi as matrizes e resultou em 0,45% de aumento no COT. Provavelmente uma das justificativas pelo maior percentual em relação aos outros estudos citados, uma vez que nesta pesquisa a quantidade de matrizes foi maior. É importante destacar que, na pesquisa de Silva et al. (2019) não foi considerada a depreciação de matrizes, justificando o baixo percentual obtido por esses pesquisadores. Simulando-se um cenário no qual a depreciação de matrizes não fosse considerada, no presente estudo, ela seria de 8,76 e 8,49%, para os anos de 2016 e 2017, respectivamente. Ainda, se excluído o valor médio da depreciação relacionada às tecnologias ambientalmente corretas, de 4,88%, ter-se-ia um valor de depreciação abaixo ao da pesquisa dos autores citados, que seria de 3,88 e 3,61%, para os anos de 2016 e 2017 respectivamente. Esse menor valor se justifica pela maior produtividade, diluindo os custos fixos, como a depreciação.

O custo total (CT), que constitui a soma dos custos fixos e variáveis, foi de R\$3.977.759,73 e R\$4.110.055,34 (TABELA 2) para os anos de 2016 e 2017, respectivamente. O custo fixo apresentou maior representatividade no ano de 2017 (24,51%) quando comparado ao ano de 2016 (22,79%). Lopes et al. (2011a) enfatizaram que, independentemente da quantidade de leite produzido, não havendo aquisição nem venda de bens e nem aumento de impostos, eles permanecerão constantes. Para que sejam menos representativos no custo total, tanto a produção como a produtividade devem ser aumentadas, atingindo uma economia de escala, o que justifica maior eficiência econômica da propriedade no ano de 2017 quando comparada ao ano de 2016 (TABELA 2). O aumento da eficiência produtiva, otimizando o uso dos bens para produção e a produção em escala são alternativas

para diluição dos custos fixos. Segundo Ferrazza et al. (2015) e Lopes et al. (2006), essas práticas podem diminuir o custo operacional total (COT) por kg de leite. O custo variável representou 79,70% do custo total no ano de 2016 e 79,55% (TABELA 2) no ano de 2017.

O centro de custo produção de leite teve margens bruta e líquida, bem como resultado positivos, o que demonstra que a atividade conseguirá sobreviver em longo prazo se continuar administrada da mesma forma e não sofrer nenhum imprevisto.

Ao se analisar o indicador de eficiência econômica resultado (receita bruta menos custo total), nos dois anos de análise, verifica-se valores positivos (R\$3.554.201,60 e R\$3.412.138,09, para os anos 2016 e 2017, respectivamente) (TABELA 2), evidenciando que a atividade conseguiu remunerar todo o capital. A implicação desse resultado é que atitudes devem ser tomadas principalmente no sentido de aprimorar, para que melhore ainda mais a rentabilidade e lucratividade da atividade. Um fato a chamar atenção nesse sentido é o investimento que foi realizado em calhas para captação de água de chuva do telhado de *free stall*, pois aumentaram os custos e não apresentou nenhum retorno econômico. Estudos de viabilidade econômica poderiam ter sido realizados e, do ponto de vista da gestão econômica, desaconselhados tais investimentos.

Os indicadores de lucratividade 1 e rentabilidade 1 foram maiores no ano de 2016, quais sejam, de 40,81% e 16,85%, respectivamente, confirmando o bom desempenho da atividade no centro de custo produção de leite. Indicadores altos assim não são tão comuns, o que pode ser devido do valor de comercialização do leite (R\$1,57), reflexo da alta produção diária (12.163,98L/dia) e da boa qualidade do leite que apresentou média de CCS abaixo de 300.000 células/mL. Tais valores permitem ao pecuarista receber bonificações por volume (DEMEU et al., 2011, 2015, 2016; LOPES et al., 2012, 2016, 2017) e qualidade (DEMEU et al., 2011, 2015, 2016; LOPES et al., 2011b, 2012, 2016, 2017). Nesse período, o preço médio pago ao pecuarista em Minas Gerais, segundo o CEPEA, foi de R\$1,38 em 2016 e R\$1,31 em 2017; ou seja, os valores recebidos foram 13,768% e 9,924% maiores que os preços médios recebidos pelos pecuaristas no Estado de Minas Gerais. Lopes et al. (2011b) verificaram que houve diminuição na receita quando ocorreu aumento da CCST resultando em diminuição na produção de leite, e conseqüentemente menor volume de leite comercializado, o que também impactou em menor valor pago pelo volume comercializado, ou seja, CCST alta resulta em menor valor de comercialização por quilo de leite devido a menor qualidade e quantidade.

A lucratividade 1 foi de 40,81 e 38,32% para os anos 2016 e 2017, respectivamente (Resultado/receita total) (TABELA 2) significa que, para cada R\$100,00 de receita, houve um ganho de R\$40,81 e R\$38,32, para os anos 2016 e 2017, respectivamente. Ao analisar a

lucratividade 2 (margem líquida/receita total), observou-se ganho ainda maior, que chegou a de R\$41,07% (TABELA 2) para cada R\$ 100,00 de receita. Os valores foram maiores em função desse indicador não contemplar a remuneração da terra, do capital investido, do empresário e da remuneração do capital de giro (LOPES et al., 2011a).

Quando analisada a rentabilidade 1 (resultado/custo operacional efetivo + total imobilizado), observou-se rendimento de 16,85 e 15,64% (TABELA 2), maior que a da caderneta de poupança. Analisando a rentabilidade 2 (margem líquida/custo operacional efetivo + total imobilizado), observou-se o valor de 16,95 e 15,75%, acima da caderneta de poupança. Um importante fator que contribui para as altas lucratividades e rentabilidades foi a otimização da infraestrutura.

Os pontos de equilíbrio foram de 1.008.419,01 kg/ano e 1.199.658,01 kg/ano, para os anos de 2016 e 2017, respectivamente (TABELA 2); e as produções totais foram de 3.094.490,99 e 3.240.197,94 kg/dia acima do ponto de equilíbrio. Os resultados e as análises dos indicadores econômicos apontam que está havendo bom uso da maioria dos recursos de produção, se não todos.

Os itens que o compõem o COE foram divididos em grupos, pois, de acordo com Lopes e Lopes (1999), isso permite o monitoramento das despesas do sistema de produção de leite, auxiliando o técnico e o produtor em uma análise mais detalhada. A alimentação foi o item de maior representatividade média, nos dois anos ($68,37\% \pm 4,12$) (TABELA 3); acima dos 59,37% de Silva et al. (2019); 53,19% (SANTOS; LOPES, 2012) e 53,17% (SANTOS; LOPES, 2014). A alimentação, em todos os meses, foi o item que apresentou o maior percentual do custo operacional efetivo (TABELA 3), o que, ao longo do ano, tem efeito direto pela eficiência de compras, produtividade dos animais e também do mercado de insumos ligados à alimentação. O menor valor médio desse componente ocorreu no mês de abril, devido ao menor preço da soja, coincidentemente, o mês de menor COE médio registrado. A justificativa para este comportamento do preço da soja, nos dois anos analisados, é devido ao período em que os armazéns de soja e milho estão cheios, devido a estocagem da soja e milho safrinha, o que resultou em menores preços no mês de abril e/ou meses próximos a ele (AGROLINK, 2018), e, conseqüentemente, menores gastos com este insumo, o que reduziu o custo com alimentação neste mês em específico.

A eficiência na compra de insumos é um fator de grande influência no custo de produção da propriedade. Se há um planejamento e condições de estocagem, valores bem mais acessíveis são praticados e, conseqüentemente, obtém-se redução nos custos de produção. Outro fator que deve ser avaliado com cautela é a possibilidade de compra dos

principais grãos e farelos que irão compor a ração, na época da safra. Se a economia for significativa e justificar o investimento, é uma alternativa para se baixar os custos de produção.

A mão de obra foi o segundo item de maior representatividade do COE ($8,72\% \pm 1,61\%$) (TABELA 3); abaixo do percentual de Santos e Lopes (2012) (15,81%); dos 14,10% de Silva et al. (2019); e dos 15,89% de Santos e Lopes (2014). A eficiência da mão de obra do sistema de produção pesquisado muito provavelmente foi devido ao emprego de máquinas e equipamentos para a realização das mais variadas tarefas como distribuição de ração e areia da cama, assim como a revira da areia da cama, tanto no *free stall* como nas áreas de recuperação de areia. Até uma moto adaptada com lâmina foi construída com a finalidade de empurrar a ração em alguns momentos do dia para estimular o consumo de alimentos. A quantidade de leite produzida por colaborador também é outro item importante de se destacar, pois no ano de 2016 a média desse indicador foi de 936,74L/colaborador/dia e em 2017 de 1.013,67L/colaborador/dia; de uma forma geral, mesmo não podendo comparar com os estudos de outros autores é uma quantidade expressiva, uma vez que a maioria das propriedades leiteiras brasileira não produzem essa quantidade de leite por dia. Aumentos na produtividade contribuem para a otimização da mão de obra, reduzindo o COE, com consequente aumento na rentabilidade, bem como representatividade dela no custo de produção do leite (LOPES et al., 2004).

As despesas com sanidade são aquelas relacionadas ao uso de medicamentos curativos (antibióticos, antitóxicos etc.), preventivos (vacinas, antibióticos usados na terapia de vacas secas, antiparasitários e outros) e exames sanitários. O valor médio ($7,90\% \pm 1,39$) (TABELA 3) foi acima dos 6,08% de Silva et al. (2019); dos 5,22% de Santos e Lopes (2014) e 5,11% de Santos e Lopes (2012). Aparentemente, não houve nenhuma justificativa para percentuais acima do encontrado em outras pesquisas, mas por se tratar de percentuais, tal fato pode ser devido a melhor utilização de outros itens do custo de produção como mão de obra e despesas diversas que diminuem os percentuais destes itens e, conseqüentemente, aqueles nos quais não se obteve melhor eficiência terão seus percentuais aumentados.

Alto percentual gasto com sanidade requer a atenção de técnicos e pecuaristas, para averiguar se há algum problema sanitário no rebanho e procurar alternativas, para sanar com a maior rapidez possível, pois doenças comprometem a produtividade dos animais, aumentam os gastos com medicamentos e podem até levar à perda de animais. Não há na literatura um valor considerado ideal para sanidade, e preconizar valor igual a zero para este item seria uma

incoerência, pois um percentual deve ser investido em prevenção, uma vez que, segundo Demeu et al. (2015), ela se torna mais econômica do que o uso de medicamentos curativos.

No grupo energia, o valor médio ($3,05\% \pm 0,68$) está abaixo dos 4,72% de Santos e Lopes (2012) e dos 4,21% de Santos e Lopes (2014). O fato do percentual desse item estar menor pode ser justificado pela utilização do biogás para geração de energia elétrica, o que diminui o desembolso financeiro para aquisição desse importante insumo.

A representatividade do grupo despesas diversas ($0,005\% \pm 0,1$) (materiais de escritório, produtos de limpeza, impostos). Nesta pesquisa ela foi pequena porque separou-se os custos com manutenção de veículos, máquinas e implementos, assim como a manutenção de benfeitorias. Tais itens têm sido inseridos no grupo despesas diversas, por outros pesquisadores. A manutenção de veículos, máquinas e implementos foi de 3,99 ($\pm 0,99$) e a manutenção das benfeitorias de 3,41 ($\pm 2,84$), totalizando 7,45%; valor semelhante aos 7,59% de Santos e Lopes (2014). Pequena diferença pode ser justificada pelas condições da infraestrutura que possui pouco tempo de implantação, o que conseqüentemente gera baixa manutenção.

A representatividade no COE com areia da cama de *free stall* teve média de 0,43% ($\pm 0,27$) e de 0,37% ($\pm 0,025$) no COT (TABELA 3). Fato que deve ser destacado é que, muito provavelmente, neste estudo, a média de recuperação da areia das camas de *free stall* foi de 96,69%, o que representaria uma média de 319,80m³ de areia por ano; já a areia adquirida foi, em média, 484,17m³/ano. Na pesquisa de Silva et al. (2019), a aquisição de areia para *free stall* representou 0,42% e 0,40% do custo operacional efetivo e custo operacional total, respectivamente; muito próximo aos percentuais desta pesquisa. A questão do valor do frete da areia também pode ter influenciado o resultado final, uma vez que quanto mais longe a propriedade se encontra do areial, mais caro se torna o frete. No presente estudo, ele representou 42,86% do valor total do metro cúbico da areia, não foi possível fazer comparações com outros estudos por não ter detalhamento a respeito desse dado.

Quanto à representatividade do grupo ordenha (aquisição de soluções pré e pós-*dipping*, detergentes ácidos e alcalinos, papel toalha, desinfetantes e demais produtos utilizados na ordenha). Não foi possível identificar gastos com estes itens. Mas foi possível observar que há sua utilização na propriedade, no entanto não é possível afirmar se há o cuidado de se anotar e contabilizar todos os gastos que a fazenda realiza minuciosamente. Gerir a propriedade rural, como uma empresa rural, não é uma tarefa fácil e organizar e contabilizar todos os itens que, muitas vezes, aparentam não ser de alta representatividade, é uma tarefa árdua, que nem sempre é possível cumprir. De forma semelhante ocorreu com o

item impostos considerados fixos, como o ITR e IPVA, em que não foi possível ter acesso ao valor desembolsado com esses tipos de impostos. Com relação às despesas do grupo reprodução (sêmen, nitrogênio líquido, materiais para inseminação, entre outros), não há percentual neste trabalho pois elas foram consideradas no centro de custos cria.

Na Tabela 4, podem ser observados os valores dos custos por litro de leite produzido. Destaque deve ser dado aos custos ambientais, no que tange aos investimentos e desembolsos relacionados à implantação das tecnologias ambientalmente corretas para minimizar os impactos ambientais ocasionados pela produção de leite. O custo ambiental operacional total (CAOT), por kg de leite, foi de R\$0,0156 e refere-se aos valores com depreciação (R\$0,0095) mais o custo ambiental operacional efetivo (CAOE), que foi de R\$0,0061 por litro de leite (TABELA 3). O CAOE foi o somatório dos valores do desembolso com mão de obra, manutenção de máquinas, equipamentos e benfeitorias relacionados somente às tecnologias ambientalmente corretas. Ele representou apenas 0,792% do COE em 2016 e 0,765%, em 2017 (TABELA 3), enquanto que no CAOT foi de 1,615 e 1,556%, para os anos de 2016 e 2017, respectivamente; a depreciação com tecnologias ambientalmente corretas representou 0,981% e 1,425% do COT. Verifica-se que as representatividades são muito baixas, pelos altos benefícios proporcionados.

Tabela 4 - Custos médios unitários no centro de custo produção de leite, em uma propriedade com sistema de *free stall* no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, em R\$ e %.

Especificação	Ano: 2016		Ano: 2017	
	Valor	%	Valor	%
Custo operacional total	0,965	99,573	0,926	99,589
Custo operacional efetivo do leite	0,772	79,603	0,739	79,786
Custo com depreciação	0,194	20,056	0,187	20,131
Custo total	0,969	100,000	0,930	100,000
Custo fixo	0,203	20,943	0,190	20,453
Custo variável	0,773	79,696	0,739	79,458
Custo ambiental operacional total (CAOT)	0,0156	1,615	0,0188	2,036
Custo ambiental operacional efetivo (CAOE)	0,0061	0,792	0,0057	0,765
Depreciação de tecnologias ambientalmente corretas	0,0078	1,012	0,0072	0,978
Custo ambiental total (CAT)	0,033	100,000	0,030	100,000
Custo ambiental fixo (CAF)	0,019	56,490	0,017	56,490
Custo ambiental variável (CAV)	0,014	43,510	0,013	43,510
Preço médio do leite	1,57	-	1,44	-

Fonte: Da autora (2018).

No que diz respeito aos valores absolutos, aparentemente, esses poucos centavos investidos na preservação ambiental, parecem insignificantes, mas, do ponto de vista de

gestão, são importantes e devem ser considerados, pois, em uma propriedade com produção anual de 4.439.856,00 litros, eles somam R\$69.261.75 (4.439.856,00L x R\$0,0156) ao ano o que, em muitos casos, pode representar a sobrevivência da atividade. Resultados de pesquisas têm demonstrado que o centro de custo leite apresentou resultado positivo (SILVA et al., 2019); outros têm mostrado que ele apresenta margem líquida positiva e resultado negativo; e apenas a margem bruta positiva com margem líquida e resultado negativos (SANTOS; LOPES, 2012); e o mais preocupante, estudos demonstrando que nem mesmo a margem bruta foi positiva (SANTOS; LOPES, 2014).

O custo ambiental total (CAT) por litro de leite foi de R\$0,033, em 2016, e de R\$0,0030, em 2017 (TABELA 3), e representou 3,385% e 3,262% do custo total (CT), nos anos de 2016 e 2017, respectivamente. Ele foi composto pela soma dos custos ambientais fixos (CAF) de R\$0,019 e R\$0,017, para os anos 2016 e 2017, respectivamente, mais os custos ambientais variáveis (CAV) de R\$0,014, em 2016, e R\$0,013, em 2017. Quanto à composição do CAF (R\$0,0019), foi referente à remuneração da terra e do capital investido, bem como da depreciação; e representou 1,912% e 1,842 do custo total, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente; enquanto o CAV, que representou 1,472% e 1,419% do custo total, para os anos de 2016 e 2017, respectivamente, o valor refere-se à manutenção da infraestrutura, de máquinas, equipamentos e remuneração do capital de giro. O CAV representou 1,847% e 1,786% do CV, para os anos de 2016 e 2017, respectivamente; enquanto o CAF representou 9,13% e 9,01% do CF para os anos de 2016 e 2017, respectivamente. O alto percentual do custo fixo relacionado as tecnologias ambientalmente corretas é devido especialmente a depreciação, que representou 4,03 e 3,86% da depreciação total.

Com a implantação do biodigestor ocorre a geração de energia elétrica a partir do biogás na propriedade; assim, espera-se redução no item energia elétrica. Nesta pesquisa ela representou em média (anos de 2016 e 2017) de 3,45% do COE (TABELA 3); valor muito semelhante aos obtidos por Silva et al. (2019) (4,74%); Santos e Lopes (2012) (4,72%); Santos e Lopes (2014) (4,21). No entanto, foi possível verificar, consultando os arquivos da propriedade, uma redução média de aproximadamente 50% do consumo da energia elétrica comprada da CEMIG, quando comparado aos valores antes da implantação do biodigestor. A representatividade nesse item, muito semelhante em relação aos outros autores pode ter ocorrido em virtude de diferenças relacionadas a climatização do galpão do *free stall*, uma vez que, neste estudo, os ventiladores e aspersores eram acionados por sensores para manter o conforto térmico dos animais.

A aquisição de areia é o outro item em que se espera redução nos valores e, assim, contribua para a redução nos custos de produção. No trabalho de Silva et al. (2019), a representatividade relacionada a este item no COE foi de 0,42%, enquanto neste estudo a média para os anos de 2016 e 2017 foi de 0,43% ($\pm 0,27$) (TABELA 3). O percentual de reaproveitamento médio da areia no período de 2016 e 2017 foi de 96,69%, o que correspondeu a um aproveitamento de 840,08m³ de areia por ano. Essa quantidade comercializada a um valor médio de R\$28,57 e o frete de R\$21,43, resultaria em uma economia de R\$42.004,07 por ano, 57,14% (R\$24.001,13) do valor com areia e 42,86% (R\$18.002,94) correspondente ao frete. Muito provavelmente, o frete contribuiu para que, neste estudo, o percentual fosse superior. Os valores foram próximos, mas uma comparação mais adequada seria possível se houvesse o tamanho da cama, o que não foi relatado no trabalho de Silva et al. (2019). Neste trabalho, as camas possuíam medidas de 2,30m x 1,20m x 0,28m, comprimento e largura normalmente possuem medidas mais padronizadas; no entanto, a profundidade pode variar um pouco mais. Em conversas com os responsáveis técnicos da fazenda ficou claro a preocupação com a profundidade e revira das camas para proporcionar o conforto térmico dos animais. Assim, a profundidade pode ter influenciado na quantidade de areia final adquirida, podendo ser mais elevada nos casos em que as camas são mais altas, ou mesmo que possuam maiores medidas. Foi possível verificar, consultando dados do fornecedor e da propriedade, que houve redução média de, aproximadamente, 60,59% de aquisição de areia do ano de 2015 (2,03m³/cama) para a média dos anos de 2016 e 2017 (1,23m³/cama). Tal redução está atribuída a recuperação da areia.

Tecnologias ambientalmente corretas que contribuem para a redução dos custos no sistema de produção podem ser alternativas para a sustentabilidade ambiental e econômica dos sistemas de produção. Neste estudo, foram implantadas aquelas referentes ao biodigestor, recuperação da areia das camas de *free stall* e a captação da água da chuva. No entanto, cuidados devem ser tomados para que não sejam feitos investimentos que fiquem ociosos ou não contribuam para diminuir os custos de produção da propriedade. Vale salientar que essa última tecnologia ainda não estava concluída, portanto, no momento esta infraestrutura está ociosa.

Na Tabela 5, é possível verificar alguns índices técnicos/gerenciais e econômicos do centro de custo produção de uma propriedade com sistema de produção de *free stall*, de uma propriedade no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017. O ano de 2016 apresentou em média 85,67% ($\pm 75,00$) do total de vacas em lactação em relação a vacas secas, enquanto 2017 teve 82,96% ($\pm 53,57$) (TABELA 5), dados bem próximos ao

considerado ideal (83%) (CARNEIRO et al., 2010), o que indica que o sistema de produção está bem eficiente no manejo reprodutivo.

Tabela 5 - Índices técnicos/gerenciais e econômicos do centro de custo produção de uma propriedade com sistema de produção de *free stall*, de uma propriedade no Sul de Minas Gerais, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017.

Índices técnicos/gerenciais e econômicos	2016		2017	
	Média	DP	Média	DP
Vacas em lactação/total de vacas (%)	85,67	75,00	82,96	53,57
Vacas em lactação/area para produção de leite (UA/ha)	60,04	0,35	64,22	0,23
Produção de leite/vaca em lactação (kg/dia)	32,79	3,14	31,88	2,14
Produção de leite/total de vacas (kg/dia)	28,20	58,10	793,45	1.479,80
Produção de leite/área(kg/ha/ano)	41.554,35	0,00	44.966,94	0,00
Produção de leite dia/mão de obra (kg/serviço)	949,75	0,00	956,99	0,00
Relação vaca lactação/homem	28,85	0,00	30,02	0,00
Ponto de equilíbrio diário (kg leite)	1.679,78	0,00	3.060,03	0,00
Ponto de equilíbrio anual (kg de leite)	613.119,52	0,00	1.116.909,53	0,00
Margem bruta anual por vaca em lactação (R\$/vaca)	10.876,25	0,00	10.226,24	0,00
Margem bruta R\$/ha/ano	38.141,12	0,00	37.306,48	0,00
Margem líquida anual/vaca em lactação (R\$/vaca)	8.582,03	0,00	8.000,86	0,00
Margem líquida R\$/ha/ano	30.095,70	0,00	29.188,04	0,00
Resultado por vaca em lactação (R\$/vaca lactação)	7.292,87	0,00	7.441,40	0,00
Resultado (R\$/ha/ano)	25.574,82	0,00	27.147,06	0,00
Depreciação/COT (%)	21,19	0,00	21,64	0,00
COE/COT (%)	78,81	0,00	78,36	0,00
Custo fixo/custo total (%)	22,79	0,00	24,51	0,00
Custo variável/custo total (%)	77,21	0,00	75,49	0,00
Depreciação/custo total (%)	18,93	0,00	20,56	0,00

Fonte: Da autora (2018).

¹DP = Desvio padrão.

A produção de leite por hectare foi maior em 2017 (44.966,94 kg/ha/ano), devido ao fato de ter apresentado alta média de produção por animal (31,88L/dia) e taxa de lotação (64,22UA/ha \pm 0,23) (TABELA 5). Essa produtividade é bem superior quando comparada com os estudos de Santos e Lopes (2012) (média de 10.470,39L/ha/ano); Santos e Lopes (2014) (9.175,70L/ha/ano) e de Silva et al. (2019) (30.187L/ha/ano).

O indicador relação vaca em lactação/homem também apresentou maior relação em 2017 (30,02), quando comparada a 2016 (28,85). Embora a quantidade de funcionários contratados tenha sido a mesma, os valores foram diferentes devido ao aumento da quantidade de vacas em lactação em 2017. Essa relação foi muito próxima aos 28,42 do estudo de Santos

e Lopes (2012) e acima dos 20,78 de Santos e Lopes (2014). Mas, a quantidade de leite produzida por dia em relação à quantidade de colaboradores neste trabalho foi de 949,75L/colaborador/dia no ano de 2016 e de 956,99L/colaborador/dia no ano de 2017.

A relação depreciação/COT, segundo Lopes e Santos (2013), é um método indireto de medir a eficiência de utilização dos recursos disponíveis para a produção de leite. Para os autores, quanto menor a porcentagem da depreciação em relação ao custo operacional total, maior é a rentabilidade do sistema de produção. Neste estudo, o ano de 2017 também apresentou menor percentual, indicando que a propriedade conseguiu melhorar a utilização dos recursos em relação a 2016 (TABELA 5). Na literatura, encontrou-se a relação depreciação/COT de 3,00% (SANTOS; LOPES, 2014), e de 4,97% (SANTOS; LOPES, 2012); valores bem inferiores aos 21,19 e 21,64% (TABELA 5) para os anos 2016 e 2017, respectivamente, encontrado neste estudo. Muito provavelmente porque houve investimentos em algumas tecnologias com o objetivo de preservar o meio ambiente, o que não é muito comum na maioria dos sistemas de produção de leite no país. Mas, vale salientar que o item que mais onerou foi a depreciação de matrizes, considerada nesta pesquisa, e não considerada na pesquisa de Silva et al. (2019). Ela não pode ser desprezada quando se gerencia o sistema de produção de leite utilizando a metodologia de centros de custos, quando as matrizes são “compradas” do centro de custos cria e cria dos animais. Situação diferente de estudos do custo de produção da atividade leiteira, em que os custos da cria e cria já são embutidos na atividade (LOPES et al., 2004).

4 CONCLUSÕES

O centro de custo de produção de leite apresentou viabilidade econômica, com margens bruta e líquida, resultado, assim como lucratividade e rentabilidade positivos.

O custo ambiental operacional total, estimado em R\$0,016 e R\$0,014, representaram 1,615% e 1,556% do custo operacional total, anos de 2016 e 2017, respectivamente. O custo operacional efetivo ambiental foi de R\$0,006 nos dois anos estudados; e correspondeu a 0,633 e 0,765% do custo operacional total, respectivamente, nos anos de 2016 e 2017. O custo ambiental total, estimados em R\$0,033 e R\$0,030, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente, representou 3,385% e 3,262% do custo total.

Os itens componentes do custo operacional efetivo que exerceram maiores representatividades no centro de custo produção de leite foram, em ordem decrescente, a alimentação, mão-de-obra, sanidade, hormônio produtivo (BST), manutenção de veículos, máquinas e implementos, manutenção de benfeitorias, energia e areia de cama do *free stall*.

O ponto de equilíbrio médio foi de 1.104.038,42 kg de leite/ano, ou 3.024,76 kg de leite/dia, enquanto que a produção foi de 4.271.383,00 kg de leite/ano e 11.702,42 kg de leite/dia.

REFERÊNCIAS

- AGROLINK. **Cotações de commodities agrícolas, com preços atualizados diariamente em todos os estados brasileiros**. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/User/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbweTempState/Downloads/AGROLINK%20%20soja%20(1).pdf>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- ASSIS, L. P. et al. Análise econômica e de custos de produção da atividade leiteira durante 10 anos em uma propriedade do Alto Vale do Jequitinhonha. **Custos e @gronegocio On line**, Recife, v. 13, n. 2, p. 176-200, 2017.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Dólar americano**. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- BERGAMASCHI, M. A. C. M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R. T. **Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2010. 12 p. (Comunicado Técnico).
- BRASIL. **Lei nº 6.902**, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6902.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 7.802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília, DF, 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm>. Acesso em: 10 out. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 8.171**, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. Brasília, DF, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- BRASIL. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

CARDOSO, V. L.; NOGUEIRA, J. R.; ARENDONK, J. A. M. van. Optimum replacement and insemination policies for Holstein cattle in the Southeastern region of Brazil: the effect of selling animals for production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 1449-1458, 1999.

CARNEIRO, M. A. et al. **Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2010. (Circular Técnica, 64).

CARNEIRO JÚNIOR, J. M. et al. **Descarte técnico de vacas leiteiras**. [Brasília, DF]: EMBRAPA, 2015.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Pesquisa trimestral IBGE fecha o ciclo produtivo 2018**. [Brasília, DF], 2019. (Comunicado Técnico).

DEMEU, F. A. et al. Efeito da produtividade diária de leite no impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, 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**, Viçosa, MG, v. 62, n. 2, p. 167-174, mar./abr. 2015.

DEMEU, F. A. et al. Influência do descarte involuntário de matrizes no impacto econômico da mastite em rebanhos leiteiros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 195-202, jan./fev. 2011.

FERRAZZA, R. A. et al. Índices de desempenho zootécnico e econômico de sistemas de produção de leite com diferentes níveis tecnológicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 485-496, jan./fev. 2015.

GONÇALVES, S. S.; HELIODORO, P. A. A contabilidade ambiental como um novo paradigma. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 1, n. 3, p. 81-93, set./dez. 2005.

HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: estatística da produção pecuária**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=mg&tema=pecuaria2015>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Precos_Indices_de_Precos_ao_Consumidor/IPCA/Fasciculo_Indicadores_IBGE/ipca-inpc_201807caderno.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2018.

KRAEMER, M. E. P. Contabilidade ambiental o passaporte para a competitividade. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 25-40, 2001.

LOPES, M. A. et al. Custos de produção de fêmeas bovinas da raça holandesa nas fases de cria e recria em um sistema de produção de leite no sul de Minas Gerais. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 67, n. 4, p. 9-15, ago. 2010.

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 da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

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

LOPES, M. A. et al. Estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite no município de Nazareno, MG. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 58-69, jan./mar. 2011a.

LOPES, M. A. et al. Influência da contagem de células somáticas sobre o impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 4, p. 493-499, 2011b.

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

LOPES, M. A. et al. Resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1177-1189, set./out. 2004.

LOPES, M. A. et al. Resultados econômicos de um sistema de produção de leite na região de Varginha - Sul de Minas Gerais. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 68, n. 1, p. 7-15, jan./jun. 2011c.

LOPES, M. A. et al. Resultados econômicos de um sistema de produção de leite no município de Itutinga - MG. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 69, n. 1, p. 23-31, jan./jun. 2012.

LOPES, M. A. et al. Uso de ferramentas de gestão na atividade leiteira: um estudo de caso no sul de Minas Gerais. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, v. 18, n. 1, p. 26-44, 2016.

LOPES, M. A.; LOPES, D. de C. F. Desenvolvimento de um sistema computacional para cálculo do custo de produção do leite. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 1-12, 1999.

LOPES, M. A.; SANTOS, G. dos. Análise de rentabilidade de fazendas leiteiras em regime de semiconfinamento com alta produção diária. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 65-74, maio/jun. 2013.

LOPES, M. A.; SANTOS, G. dos; AMADO, G. B. Viabilidade econômica da adoção e implantação da rastreabilidade em sistemas de produção de bovinos no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 288-294, jan./fev. 2008.

- MATSUNAGA, M. et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MOURA, J. F. P. de et al. Análise econômica da exploração de leite no cariri paraibano. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v. 32, n. 2, p. 225-231, 2010.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Indicadores de rentabilidade do centro de custo produção de leite em sistemas intensivos de produção. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 69, n. 1, p. 1-11, jan./jun. 2012.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Indicadores econômicos de sistemas de produção de leite em confinamento total volume de produção diária. **Ciencia Animal Brasileira**, Goiânia, v. 15, n. 3, p. 239-248, 2014.
- SILVA, G. R. O. et al. Profitability analysis of compost barn and free stall milk-production systems: a comparison. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 1165-1184, 2019.
- SOUZA, R. G.; SILVA, F. M.; BASTOS, A. C. Desempenho de um conjunto motogerador adaptado a biogás. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 190-195, jan./fev. 2010.

APÊNDICE A - ANÁLISES DE LABORATÓRIO

CERTIFICADO DE ENSAIO N°: 152/17
 REQUERENTE: Fabiana Alves Demeu
 ENDEREÇO: Rua Antônio Evangelista de Souza 66- Belisandro - Lavras - MG



RESPONSÁVEL PELA COLETA: Fabiana Alves Demeu
 TIPO DE AMOSTRA: Efluente

DATAS		
Recebimento	Conclusão	Emissão
19/06/17	22/06/17	22/06/17
AMOSTRAS		
N° DA AMOSTRA	DATA DA COLETA	IDENTIFICAÇÃO
152/210/17	19/06/17	Efluente

RESULTADOS

Parâmetros Analisados	N° Amostra 152/210/17	Normas COPAM
Fósforo Total (mg/L)	22,38	-
Nitrogênio Total (mg/L)	1145	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1020	20

Obs: Os parâmetros analisados para as condições de tratamento e padrões de lançamentos de efluentes estão de acordo com a deliberação conjunta COPAM/CERH-MG N°1 de 05 de Maio de 2008, seção II, art. 29.

Marcos Antônio de Sousa
 Marcos Antônio de Sousa
 Técnico de laboratório

Fátima Resende Luiz Fia
 Prof.ª Fátima Resende Luiz Fia
 Coordenadora do LAADEG

CERTIFICADO DE ENSAIO N°: 175/17
 REQUERENTE: Fabiana Alves Demeu
 ENDEREÇO: Rua Antônio Evangelista de Souza 66- Belisandro – Lavras



RESPONSÁVEL PELA COLETA: Fabiana Alves Demeu
 TIPO DE AMOSTRA: Efluente

DATAS		
Recebimento	Conclusão	Emissão
12/07/17	20/07/17	20/07/17
AMOSTRAS		
N° DA AMOSTRA	DATA DA COLETA	IDENTIFICAÇÃO
175/255/17	12/07/17	Efluente

RESULTADOS

Parâmetros Analisados	N° Amostra 152/210/17	Normas COPAM
pH	8,38	6,0 a 9,0
DBO (mg/L)	2000	60
DQO (mg/L)	7057	180
Fósforo Total (mg/L)	37,79	-
Nitrogênio Total (mg/L)	2101	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1662	20
Oxigênio Dissolvido(mg/L)	147	-
Sólidos Totais (mg/L)	16552	-
Sólidos Voláteis (mg/L)	9937	-

Obs: Os parâmetros analisados para as condições de tratamento e padrões de lançamentos de efluentes estão de acordo com a deliberação conjunta COPAM/CERH-MG N°1 de 05 de Maio de 2008, seção II, art. 29.

Marcos Antônio de Sousa
 Marcos Antônio de Sousa
 Técnico de laboratório

Fátima Resende Luiz Fia
 Prof.^a Fátima Resende Luiz Fia
 Coordenadora do LADEG

