

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE LEITE:
UM ESTUDO NA PRINCIPAL BACIA LEITEIRA DO BRASIL**

Daniel Marcelo Velazco-Bedoya

Orientador: Prof. Dr. Alceu Salles Camargo Junior

SÃO PAULO

– 2015 –

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Aldalberto Américo Fischmann
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Roberto Sbragia
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Moacir de Miranda Oliveira Junior
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração

DANIEL MARCELO VELAZCO-BEDOYA

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE:
UM ESTUDO NA PRINCIPAL BACIA LEITEIRA DO BRASIL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Alceu Salles Camargo Junior

Versão corrigida

(versão original disponível na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade)

SÃO PAULO

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Velazco-Bedoya, Daniel Marcelo.

Análise da sustentabilidade da produção de leite: um estudo na principal bacia leiteira do Brasil / **Daniel Marcelo Velazco-Bedoya**. – São Paulo, 2015.

179 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2015.

Orientador: Alceu Salles Camargo Junior.

1. Sustentabilidade. 2. Ciclo de vida. 3. Administração agrícola. 4. Produção de leite. 5. Indicador de sustentabilidade. I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. II. Título.

CDD – 333.7

Nome: Daniel Marcelo Velazco-Bedoya

Título: Análise da sustentabilidade na produção de leite: um estudo na principal bacia leiteira do Brasil

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

**À minha família, que sempre me apoia e
me dá forças para enfrentar novos
desafios.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que sempre foram um grande exemplo para que eu seguisse em frente em busca de novos desafios e que também me apoiaram e ajudaram na superação de cada um deles. Cada puxão de orelha, cada ensinamento foi de grande valia para que conseguisse terminar mais esta etapa!

À minha alma gêmea, Olguinha, que sempre me ajudou e motivou para que terminasse este trabalho. Sempre superamos nossos desafios juntos e, mesmo longe, sinto você do meu lado me apoiando para o que der e vier.

À minha namorada que também me ajudou muito e teve muita paciência (muita mesmo!) durante o decorrer deste projeto para obtenção do título como Mestre em Administração. Sem você eu nunca teria terminado, obrigado por todo o apoio.

À minha segunda mãe, minha madrinha, Ligia Queiroz, que me apoiou durante todo este projeto! E também ao João! Obrigado por tudo!

Ao professor Alceu Salles Camargo Junior, pela sua orientação e confiança durante todo o período de curso para a obtenção do título de Mestre. Pela oportunidade de aprendizado nesta nova forma de conhecer o mundo pela Administração.

Ao departamento de pós-graduação da FEA/USP. À toda a equipe que compõe esse time, sem vocês não seria possível desenvolver este trabalho. E também a todos os colegas da turma de 2013.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e sugestões para o aprimoramento deste estudo.

Ao EDUCAMPO, que forneceu os dados das fazendas produtoras de leite utilizadas como base neste estudo. Em especial ao Rogério Fernandes, que sempre foi disponível para ajudar na extração e detalhamento dos dados de cada uma das fazendas analisadas.

Ao amigo e professor Sergio De Zen, trabalhamos juntos por um longo período e muito do que aprendi em minha carreira acadêmica e profissional só foi possível por essa oportunidade. Agradeço por isso e também por todo apoio nos momentos grandes de mudança que tive neste último ano. Com certeza, seu apoio foi fundamental para que tudo ocorresse bem. O término deste trabalho é resultado de toda a orientação que o Sr. me deu.

Ao amigo e professor Humberto Francisco Silva Spolador, que me encorajou e direcionou a iniciar o curso de pós-graduação. Sempre lembro da frase “Só vale a pena voltar ao ponto inicial, quando você voltar para fazer a diferença!”. Obrigado!

Aos meus amigos e atualmente ex-colegas de trabalho do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). Em especial à Gabriela Ribeiro (Fatura), Wagner Yanaguizawa (Sarga), Mariane Crespolini (Tubs), Natália Grigol (Pre), Camila

Ortelan (Camailas), Mauro Osaki, Victor Ikeda (Bola), Marcos Iguma (Rosk), Augusto Maia (Marginal), Regina Rodrigues (Re), Ana Paula Ponchio e Rildo Okamura (Rildo). Destaco dentre todos algumas pessoas que, além de amigas, me deram muito apoio e ajuda no desenvolvimento deste trabalho, obrigado Tubs e Sarga.

Também ao time de Leite do Cepea, pois foi a partir da nova oportunidade passada pelo Paulo Osaki (Pruda) que fui me aventurar com paixão no mundo do leite! Obrigado ao time que também me apoiou e ajudou ampliar o projeto, em especial ao Pruda, Pre, Iskbin, Stalonge, Toxica, Pitu e Colapso! Sucesso e continuem desenvolvendo esse time que é fantástico!

À família Pik-reta, que me juntei desde que entrei na Esalq/USP! E também aos grandes amigos e irmãos que fiz do Ano Vitrola! Em especial ao William Kimura (Xinai), Malu Aguiar (Diq), Nicolas Scridelli (Nas Coxa), Estela Foltran (Frô), Patrick Van de Weijer (Parmito), Mauricio Loyola (Piti), Wagner Yanaguizawa (Sarga) e Thiago Siqueira (Rahfiq), que também me apoiaram e ajudaram para o término desta dissertação.

Obrigado por toda força e ajuda de Cristiane Leis, Guilherme Raucci (Xuk), Vamilson Prudêncio da Silva Jr, e Thiago Siqueira (Rahfiq) para o desenvolvimento da ACV deste projeto! Com certeza, foram essenciais para o término da dissertação.

Ao professor Gil Anderi, que me abriu as portas para alinhar detalhes da ACV que foi elaborada nesta dissertação, e ao Alex Nogueira, que me ajudou em vários detalhes para também conseguir concretizar a ACV realizada neste trabalho.

Aos meus queridos amigos de Botucatu! Em especial ao Lucas Lima (Xico), que me ajudou muito no desenvolvimento de diversos projetos no decorrer do mestrado, no Cepea e agora na Tripda.

Às caronas que me ajudaram sempre ir e vir de um lugar para outro! Além de me inspirar na criação e desenvolvimento do Caronas.co junto com meu grande amigo Stanley Takamatsu (Kupuí). Essa oportunidade me abriu as portas deste novo mundo de empreendedorismo junto com a Tripda!

A todo o time da Tripda, essa nova fase profissional me ajudou muito no desenvolvimento pessoal! Entrei em um mundo totalmente novo com pessoas brilhantes que nunca imaginei conhecer.

Ao meu estimado cunhado que me ajudou muito com a correção do material escrito.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram nesta jornada!

E, principalmente, a Deus que tece todos os nossos caminhos e me ajudou superar mais este desafio.

Obrigado!

**"Caminante, son tus huellas el camino y
nada más; Caminante no hay camino, se
hace camino al andar[...]"**

Antonio Machado

RESUMO

Fóruns mundiais para a troca de informações de práticas e operações sustentáveis entre governos, pesquisadores e sociedade, têm sido organizados com foco no desenvolvimento de novas tecnologias e práticas gerenciais que visam o desenvolvimento sustentável (econômico, ambiental e social) da produção. Cenário de destaque e que também tem evoluído expressivamente no agronegócio nacional e mundial. Em razão da expressiva representatividade do setor leiteiro no Brasil, este trabalho tem como objetivo analisar a sustentabilidade de fazendas produtoras de leite na principal bacia leiteira do país. A partir da revisão de literatura, foi escolhido o modelo de análise de sustentabilidade utilizado por Dolman et al. (2014) aplicado na avaliação de fazendas de leite na Holanda. Este mesmo ferramental foi ajustado e utilizado na avaliação da produção de leite em Minas Gerais, com base no banco de dados do Projeto EDUCAMPO/Sebrae. Para o desempenho econômico, foi calculada: a renda da atividade e a relação das receitas sobre os custos da atividade. Para o desempenho ambiental, foram calculados indicadores ambientais derivados da ACV (Análise de Ciclo de Vida), cujo perímetro do estudo foi do berço à porteira, sendo estes: a ocupação da terra (OT); o uso de energia não renovável (UENR); o potencial de aquecimento global (PAG); o potencial de acidificação (PA) e o potencial de eutrofização (PE), todos na unidade funcional de um quilograma de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (FPCM). Para o desempenho social, foi considerada a relação da área de mata nativa em cada fazenda, a bonificação recebida pelo leite comercializado e o número de folgas mensais que os funcionários possuem. Ao comparar os indicadores das fazendas de leite de Minas Gerais com os resultados das fazendas holandesas de Dolman et al. (2014), verificou-se um melhor desempenho das fazendas europeias em praticamente todos os indicadores calculados, com exceção dos indicadores de desempenho econômico, esta diferença pode ser atrelada ao tipo de sistema de produção adotado e ao nível de intensificação da produção existente nas duas realidades. Após o comparativo, foi realizada uma análise de *clusters* entre as fazendas do EDUCAMPO. Com essa análise foi possível verificar diferenças nas características estruturais e de produção entre os *clusters* formado a partir dos indicadores de sustentabilidade. Os resultados mostram a grande relevância deste tema na produção de leite, destacando a necessidade do acompanhamento desses indicadores para o melhor direcionamento da gestão nas operações de produção de leite. A sustentabilidade é um direcionamento complexo que exige a junção e a sinergia de diversas áreas para o seu entendimento e desenvolvimento.

Palavras-chave: produção de leite; avaliação do ciclo de vida; indicadores de sustentabilidade; análise de conglomerados; gestão de operações sustentáveis.

ABSTRACT

World forums for information exchange of best practices and sustainable operations among governments, researchers and society have been organized focusing on the development of new technologies and management practices aiming the sustainable (economic, environmental and social) production development. This featured scenario has also evolved significantly in discussing sustainability in the domestic and global agribusiness operations. Therefore, due to the significant representation of the dairy sector in Brazil, this study aims to analyze the sustainability of dairy farms in the main dairy region of the country. In the literature review, the main frameworks for assessing the sustainability of milk production around the world were assessed. Within this range, it has been chosen the model proposed and utilized by Dolman et al. (2014) to evaluate the sustainability of dairy farms of EDUCAMPO Program database in Minas Gerais, Brazil. For economic performance it has been calculated: income of activity and the ratio of revenue over the costs of the activity. The environmental performance indicators have been derived from a cradle to farm-gate LCA (Life Cycle Assessment): land occupation (LO); non-renewable energy use (NREU); global warming potential (GWP); acidification potential (AP) the eutrophication potential (EP), and all those indicators were calculated in the functional unit of one kilogram of fat-protein-corrected milk (FPCM). For social performance, it has been considered the amount of native forest present in the farm, plus the bonus received by the milk sold and the number of monthly days off that the employees have. When compared with the results of the Dutch milk farms of Dolman et al. (2014), there has been a better performance of almost all indicators of the European reality than the calculated for the Brazilian farms. Nevertheless, the economic performance has been better in the Brazilian reality. This difference can be linked to the type of production system and the level of intensification of existing production in both realities. The analysis of clusters between farms in MG showed that structural and production characteristics affects each sustainable cluster performance. These results shows the great importance of this matter in milk production. Hence, the need for monitoring these indicators could lead to the better management of the operations in the sustainability view. Sustainability is a complex focus that requires the addition and synergy of several areas for its understanding and development. Projects like EDUCAMPO are critical to keep the continuously improvements in the farming operations of the national milk industry.

Keywords: *dairy farm production; life cycle assessment; sustainability indicators; cluster analysis; sustainable operations management.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV – Análise de Ciclo de Vida

AFE – Análise de Fronteiras Estocásticas

AGE/MAPA – Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

AICV – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

Al – Alumínio

APP – Área de Preservação Permanente

BCB – Banco Central do Brasil

BDMEP – Banco de Dados de Meteorologia para Ensino e Pesquisa

CBT – Contagem Bacteriana Total

CCS – Contagem de Células Somáticas

CED – Demanda Acumulada de Energia; *Cummulative Energy Demand*

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CH₄ – Metano

CML – *Center of Environmental Science of Leiden University (Life Cycle Methodology)*

MSI – Matéria Seca Ingerida

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CO₂ – Dióxido de Carbono

COE – Custo Operacional Efetivo

COT – Custo Operacional Total

CT – Custo Total

DEA – Análise por Envoltória de Dados; *Data Envelopment Analysis*

dLUC – Mudança Direta de Uso do Solo; *Direct Land Use Change*

EB – Energia Bruta

EC – Comissão Europeia; *European Commission*

ECM – Leite Corrigido pela Energia; *Energy Corrected Milk*

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

EST – Extrato Seco Total

EUA – Estados Unidos da América

FADN – *Farm Accountancy Data Network*

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação; *Food and Agriculture Organization*

FEA – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

FESLM – *Framework for Evaluating Sustainable Land Management*

FPCM – Leite Corrigido pelo Teor de Gordura e Proteína; *Fat-Protein-Corrected Milk*

GEE – Gases de Efeito Estufa

GIRA – *Grupo Interdisciplinario de Tecnologia Rural Apropriada*

Gord – Gordura

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICV – Inventário de Ciclo de Vida

IDEA – *Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*

IFCN - *International Farm Comparison Network*

IFPRI – *International Food Policy Research Institute*

INC – *Internal Nutrient Cycle*

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, *Intergovernmental Panel on Climate Changes*

ISA – Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas

LCA – *Life Cycle Assessment*

LMM – *Minerals Policy Monitoring Programme*

MCT – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MERCOSUL – Mercado Comum do Sul

MESMIS – *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad*

MG – Minas Gerais

MJ – Mega Joules

MOTIFS – *Monitoring Tool for Integrated Farm Sustainability*

MS – Matéria Seca

MSI – Matéria Seca Ingerida

N – Nitrogênio

N₂O – Óxido Nitroso

NDT – Nutrientes Digestíveis Totais

NH₃ – Amônia

NH₄ - Amônio
NO – Óxido Nítrico
NO₂ – Dióxido de Nitrogênio
NO₃- – Nitrato
NO_x – Óxidos de Nitrogênio
OECD – *Organization for Economic Cooperation and Development*
OT – Ocupação da Terra
P – Fósforo
PA – Potencial de Acidificação
PAG – Potencial de Aquecimento Global
PB – Proteína Bruta
PCI – Potencial Calorífico Inferior
PCS – Potencial Calorífico Superior
PE – Potencial de Eutrofização
PIB – Produto Interno Bruto
PO₄ – Fosfato
PPM – Produção Pecuária Municipal
Prot – Proteína
RI – Retorno pelo Investimento
RISE – *Response Inducing Sustainability Evaluation*
RL – Reserva Legal
RT – Receita Total
SAFE – *Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework*
SAG – Sistema Agroindustrial
SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SHL – *Swiss College of Agriculture*
SNS – Suprimento de Nitrogênio no Solo
SO₂ – Dióxido de Enxofre
SPD – Sistema de Plantio Direto
SVA – *Sustainable Value Approach*
TCS – Teor de Carbono Orgânico no Solo
TNA – Total de Nitrogênio Amoniacal
TPS – Teor de Fósforo no Solo
UA – Unidade Animal

UENR – Uso de Energia Não Renovável

UF – Unidade Funcional

USP – Universidade de São Paulo

uta – Unidade de Trabalho no ano

uta fam – Unidade de Trabalho no Ano de Mão de Obra Familiar

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 – Os três períodos do SAG do leite no Brasil e suas principais características. | 10 |
| Quadro 2 - Classificação de sistemas de produção de leite proposto por Assis et al. (2005). | 19 |
| Quadro 3 – Tipo de Indicadores. | 30 |
| Quadro 4 – Critério para avaliação dos indicadores de sustentabilidade e para escolha apropriada de um grupo de indicadores em relação às análises e objetivos..... | 32 |
| Quadro 5 – Descrição geral dos <i>frameworks</i> de avaliação de sustentabilidade com foco em propriedades agropecuárias: objeto de estudo, usuários alvo, objetivos e sistemas estudados. | 38 |
| Quadro 6 – Diferentes abordagens utilizadas para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite. (continua...) | 48 |
| Quadro 7 – Diferentes abordagens utilizadas para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite. (conclusão)..... | 49 |
| Quadro 8 – Relação dos trabalhos utilizados como base para escolha do <i>framework</i> , tipos de indicadores, o nível de análise, os critérios de seleção considerados e a adequação de cada um desses trabalhos em relação aos critérios de seleção..... | 73 |
| Quadro 9 – Relação dos indicadores de sustentabilidade utilizados por Dolman et al. (2014). | 77 |
| Quadro 10 – Fatores e processos de produção considerados para o cálculo dos indicadores de desempenho ambiental das fazendas de leite na Holanda. | 82 |
| Quadro 11 – Indicadores de desempenho econômico, ambiental e social calculados nas propriedades produtoras de leite de Minas Gerais e suas respectivas unidades de análise. | 97 |
| Quadro 12 – Disponibilidade de dados na base do EDUCAMPO para estimativa dos indicadores de sustentabilidade nas fazendas de leite de Minas Gerais. | 98 |
| Quadro 13 – Principais diretrizes das categorias de impacto ambiental consideradas. | 158 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Total de estabelecimentos agropecuários que produziram leite e volume total de produção por estrato de produção diária no Brasil, 2006. | 16 |
| Tabela 2 – Ranking das maiores empresas de laticínios no Brasil, 2012..... | 20 |
| Tabela 3 – Produção, importação, exportação, população e consumo aparente per capita de leite no Brasil de 1997 a 2012. | 21 |
| Tabela 4 – Produção de leite (mil litros) por mesorregião de Minas Gerais em 2012 e dados de teor de gordura (Gord.), proteína (Prot.) e extrato seco total (EST) em %, médio da região. | 68 |
| Tabela 5 – Resultados obtidos por Dolman et al. (2014). Médias e desvio padrão (σ) dos desempenhos econômico, ambiental e social das fazendas produtoras de leite INC e <i>Benchmarking</i> (2008 e 2009) na Holanda. | 86 |
| Tabela 6 – Valores médios e desvio padrão (σ) das características estruturais e de produção das fazendas de leite <i>Benchmark</i> e INC avaliadas por Dolman et al. (2014)) na Holanda. (2008 e 2009). | 87 |
| Tabela 7 – Valores médios, desvio padrão (σ) e valores mínimos e máximos das principais características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015. | 91 |
| Tabela 8 – Valores médios, desvio padrão (σ) e teste de médias entre as características estruturais e de produção das fazendas da Holanda (<i>Benchmark</i> e INC) (Dolman et al., 2014) e do EDUCAMPO..... | 103 |
| Tabela 9 – Produção total de leite diária e anual (kg FPCM), mão de obra contratada (uta) e eficiência da mão de obra (kg FPCM/uta.dia) das fazendas da Holanda (<i>Benchmark</i> e INC) (Dolman et al., 2014) e do EDUCAMPO. | 104 |
| Tabela 10 – Valores médios, desvio padrão (σ) e teste de médias entre os indicadores de sustentabilidade das fazendas da Holanda (<i>Benchmark</i> e INC) (Dolman et al., 2014) e as fazendas de Minas Gerais. | 107 |
| Tabela 11 – Valores médios, desvio padrão (σ) e teste de médias entre os indicadores de desempenho ambiental (ACV) das fazendas da Holanda (<i>Benchmark</i> e INC) (Dolman et al., 2014) e as fazendas de Minas Gerais..... | 111 |
| Tabela 12 – Impactos ambientais para diferentes referenciais de ACV na produção de leite. | 112 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 13 – <i>Clusters</i> , valores médios dos indicadores de sustentabilidade e resultados do teste ANOVA para cada uma das verificações..... | 118 |
| Tabela 14 - Valores médios das características estruturais, de produção e de desempenho econômico que tiveram diferenças estatísticas, para os <i>clusters</i> formados entre as 50 fazendas do EDUCAMPO para o ano safra 2014/2015. | 125 |
| Tabela 14 – Composição nutricional dos diferentes componentes da dieta das fazendas de leite do EDUCAMPO..... | 152 |
| Tabela 15 – Combustíveis, suas respectivas densidades e poder caloríficos, considerados neste estudo. | 156 |
| Tabela 16 – Fatores de caracterização do impacto ambiental. | 160 |
| Tabela 17 – Impactos ambientais calculados por Prudêncio da Silva (2011) para a produção de Soja e Milho nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, considerando e não considerando os fatores de impacto de mudança de uso da terra pelo desmatamento. | 161 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Composição do sistema agroindustrial do leite..... | 11 |
| Figura 2 – Evolução da produção anual, número de vacas ordenhadas e produtividade por vaca..... | 12 |
| Figura 3 – Concentração da produção de leite nos estados do Brasil..... | 14 |
| Figura 4 – Áreas que possuem concentração da produção de leite no Brasil, 2010..... | 17 |
| Figura 5 – Projeção da produção, consumo, importação e exportação de leite no Brasil (2013 a 2023) – em milhões de litros. | 22 |
| Figura 6 – Os três diferentes níveis (ambiental, tecno-econômico e sóciopolítico) em que a produção agropecuária opera. | 25 |
| Figura 7 – <i>Framework</i> evolucionário da elaboração e acompanhamento de indicadores de sustentabilidade. | 35 |
| Figura 8 – Avaliação da sustentabilidade no nível da propriedade rural considerando as diferentes dimensões ambiental, econômica e social, dividido em diferentes subgrupos de acordo com a revisão elaborada desses indicadores..... | 37 |
| Figura 9 – Decomposição da sustentabilidade global de fazendas de leite em aspectos e atributos. | 46 |
| Figura 10 – Principais etapas para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite. | 61 |
| Figura 11 – Divisão socioeconômica do estado de Minas Gerais. | 68 |
| Figura 12 – Temperaturas mínima, média e máxima de janeiro a dezembro, na média dos anos de 2000 a 2014, nas estações climáticas convencionais da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais..... | 70 |
| Figura 13 – Estrutura da ACV e suas quatro fases..... | 79 |
| Figura 14 – Limite “ <i>cradle to farm gate</i> ” (ou “do berço até a porteira”) da Análise de Ciclo de Vida (ACV) para análise do desempenho ambiental. | 80 |
| Figura 15 – Estágios do Ciclo de Vida incluídos na avaliação do impacto ambiental na produção de leite..... | 81 |
| Figura 16 – Produtividade anual das vacas em lactação (em 1.000 kg FPCM/vaca.ano), área total, área destinada à produção agropecuária e área de mata nativa em hectares (ha) para as fazendas de leite em Minas Gerais. | 93 |

| | |
|---|-----|
| Figura 17 – Produtividade por vaca ordenhada em kg FPCM/vaca.dia e eficiência da produção do rebanho produtivo em relação ao total de vacas e ao total do rebanho em %. | 93 |
| Figura 18 – Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT), Custo Total (CT) e Receita em reais por litro de leite (R\$/litro) das fazendas do EDUCAMPO em Minas Gerais. | 95 |
| Figura 19 – Disposição geográfica da amostra de fazendas do EDUCAMPO que foram consideradas neste estudo. Onde A = Campos das Vertentes; B = Central Mineira; C = Jequitinhonha; D = Metropolitana de Belo Horizonte; E = Noroeste de Minas; F = Norte de Minas; G = Oeste de Minas; H = Sul/Sudoeste de Minas; I = Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba; J = Vale do Mucuri; K = Vale do Rio Doce e; L = Zona da Mata. (n = número de fazendas por mesorregião). | 95 |
| Figura 20 – Apresentação em Box-Plot dos valores de área total e área de produção agropecuária (em hectares), e distribuição das áreas (área de forrageira, área de mata nativa, área agrícola/anual e área de pastagem/perene) em %, na média das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 106 |
| Figura 21 – Apresentação em Box-Plot do indicador de desempenho econômico “retorno pelo investimento” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 109 |
| Figuras 22 e 23 – Apresentação em Box-Plot dos indicadores de desempenho ambiental de OT (m ² .ano/kg FPCM), UENR (Mj/kg FPCM), PAG (kg CO ₂ eq/kg FPCM), PA (g SO ₂ eq/kg FPCM e) e PE (g NO ₃ eq/kg FPCM), das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 110 |
| Figura 24 – Apresentação em Box-Plot dos valores dos indicadores de desempenho social das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 116 |
| Figura 25 – Conglomerados e suas respectivas fazendas (EDUCAMPO). | 117 |
| Figura 26 – Apresentação em Box-Plot do indicador de desempenho econômico, “Renda pelo Investimento (R\$/R\$ 100 de custos)” entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 119 |
| Figuras 27 e 28 – Apresentação em Box-Plot dos indicadores de desempenho ambiental de OA (m ² .ano/kg FPCM), UENR (Mj/kg FPCM), PAG (kg CO ₂ eq/kg FPCM), PA (g SO ₂ eq/kg FPCM) e PE (g NO ₃ eq/kg FPCM), entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 121 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29 – Apresentação em Box-Plot do indicadores de desempenho social externo, “área de preservação de mata nativa (%)”, entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 123 |
| Figura 30 - Apresentação em Box-Plot do tamanho (ha) e relação das áreas (%), entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 126 |
| Figura 31 - Apresentação em Box-Plot do total de vacas e o total de vacas lactantes (#), entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 126 |
| Figura 32 - Apresentação em Box-Plot da conversão do consumo de concentrados e uso de corretivos por unidade de área entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 127 |
| Figura 33 - Apresentação em Box-Plot da “produção de leite por hectare” e “produção anual por vaca” nos conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015). | 128 |
| Figura 34 – Os diferentes pontos de emissão, seus caminhos e os principais processos de produção em uma fazenda produtora de leite. | 150 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 2 |
| 1.1 | Justificativa | 4 |
| 1.2 | Objetivo da pesquisa e principais contribuições..... | 6 |
| 2 | A INDÚSTRIA DE LEITE NO BRASIL | 9 |
| 3 | SUSTENTABILIDADE: SUA AVALIAÇÃO NAS OPERAÇÕES AGROPECUÁRIAS..... | 24 |
| 3.1 | Produção agropecuária e sustentabilidade | 24 |
| 3.2 | O uso de indicadores de sustentabilidade | 26 |
| 3.3 | Indicadores de sustentabilidade na agropecuária..... | 35 |
| 4 | SUSTENTABILIDADE: SUA AVALIAÇÃO NA PRODUÇÃO DE LEITE..... | 43 |
| 4.1 | O equilíbrio da sustentabilidade | 43 |
| 4.2 | Avaliação da sustentabilidade..... | 46 |
| 4.2.1 | Características estruturais, gerenciais, tecnológicas e sustentabilidade..... | 52 |
| 4.2.2 | Emissões de gases de efeito estufa..... | 59 |
| 4.2.3 | Diversidade metodológica..... | 60 |
| 4.3 | Principais pontos na avaliação da sustentabilidade na produção de leite | 61 |
| 5 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 64 |
| 5.1 | Caracterização geral da pesquisa | 64 |
| 5.2 | Delimitação, amostra da pesquisa e banco de dados | 65 |
| 5.3 | Caracterização da produção de leite em Minas Gerais – foco da pesquisa | 67 |
| 5.4 | Procedimentos para seleção de <i>frameworks</i> na literatura sobre sustentabilidade na produção de leite..... | 71 |
| 6 | METODOLOGIA DOLMAN ET AL. (2014) PARA ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE..... | 77 |
| 6.1 | Indicadores de sustentabilidade da metodologia Dolman et al. (2014) | 78 |
| 6.1.1 | Indicadores de desempenho econômico..... | 78 |
| 6.1.2 | Indicadores de desempenho ambiental..... | 78 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.1.3 | Indicadores de desempenho social | 84 |
| 6.2 | Principais resultados de Dolman et al. (2014) na avaliação da sustentabilidade de fazendas de leite na Holanda | 86 |
| 7 | ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE EM MINAS GERAIS | 89 |
| 7.1 | Perfil das unidades produtoras de leite do EDUCAMPO | 90 |
| 7.2 | A sustentabilidade na produção de leite em Minas Gerais | 96 |
| 7.3 | Comparativo dos indicadores de sustentabilidade da produção de leite de Minas Gerais com Holanda | 98 |
| 7.4 | Análise do desempenho sustentável entre as fazendas EDUCAMPO | 100 |
| 8 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 102 |
| 8.1 | Características da produção de leite das fazendas do EDUCAMPO e Dolman et al. (2014) | 102 |
| 8.2 | Análise da sustentabilidade das fazendas do EDUCAMPO e comparativo com Dolman et al. (2014) | 106 |
| 8.2.1 | Indicadores de desempenho econômico | 108 |
| 8.2.2 | Indicadores de desempenho ambiental | 109 |
| 8.2.3 | Ocupação da terra (OT) | 113 |
| 8.2.4 | Uso de Energia Não-Renovável (UENR) | 113 |
| 8.2.5 | Potencial de Aquecimento Global (PAG) | 114 |
| 8.2.6 | Potencial de Acidificação (PA) | 115 |
| 8.2.7 | Potencial de Eutrofização (PE) | 115 |
| 8.2.8 | Indicadores de desempenho social | 116 |
| 8.3 | Conglomeração (<i>Clusters</i>) das fazendas de leite do EDUCAMPO | 117 |
| 8.3.1 | Formação dos conglomerados e indicadores de desempenho sustentável . | 117 |
| 8.3.2 | Análise das características estruturais de produção nos <i>clusters</i> formados | 123 |
| 9 | CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS | 130 |
| | REFERÊNCIAS | 134 |

| | |
|---|-----|
| APÊNDICE | 146 |
| APÊNDICE A – Memorial de Cálculos dos indicadores de sustentabilidade nas fazendas produtoras de leite de Minas Gerais. | 146 |
| - Indicadores de desempenho econômico | 146 |
| - Indicadores de desempenho ambiental (ACV)..... | 147 |
| - Unidade funcional, escopo e alocação | 148 |
| - Inventário do ciclo de vida (ICV) | 149 |
| - Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV)..... | 157 |
| - Interpretação dos resultados | 162 |
| - Indicadores de desempenho social | 163 |
| ANEXOS | 165 |
| ANEXO A – Termo de Compromisso – Banco de Dados EDUCAMPO..... | 166 |
| ANEXO B – Variáveis Disponíveis no Banco de Dados do EDUCAMPO | 168 |
| ANEXO C – Preço Unitário Médio dos Insumos em Minas Gerais (Maio/2014 a Abril/2015) | 173 |
| ANEXO D – Teste ANOVA entre as principais características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015 | 174 |
| ANEXO E – Valores médios das características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015. | 177 |

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento social e o crescimento econômico são historicamente creditados à atividade das empresas, porém elas são também fortemente associadas aos impactos negativos no meio ambiente, em razão do uso irracional de recursos não renováveis, uso excessivo de recursos renováveis, contaminação do solo e água e emissão de gases de efeito estufa (GUTBERLET, 2000). Essa preocupação se difundiu rapidamente no final dos anos 1980, de forma que tendo o decorrer do século XX sido marcado pelo rápido desenvolvimento tecnológico e foco na automação industrial, espera-se que o século XXI seja marcado e direcionado pela sustentabilidade da produção (O'BRIEN, 1999). Portanto, nesse novo cenário, as empresas devem reagir ao ambiente regulatório cada vez mais difícil ou responder às pressões do mercado adotando práticas de gestão ambiental (RONDINELLI; VASTAG, 1996) e também social, para que assim possam se estabelecer e também desenvolver competitivamente.

Além dessas mudanças, outras preocupações emergiram. Nas últimas décadas, relatórios de repercussão mundial foram publicados abordando projeções de consumo e demanda de alimentos devido ao crescimento econômico e da população em nível global. Esses relatórios geralmente buscavam responder as seguintes questões: “Qual será a demanda de alimentos nos próximos anos”, “Quem será responsável por alimentar o mundo?”, “Como poderemos suprir essa nova demanda?”, “Quanto devemos produzir para suprir essa demanda futura?”, “Como produzir sustentavelmente?”, entre outras. Questões que iniciam com expressões básicas usadas constantemente no nosso dia-a-dia, mas de difícil resposta.

Nesse contexto surge o conceito de sustentabilidade, que busca dar diretrizes a respostas de perguntas que iniciam principalmente com a expressão “Como?”. A ideia de *desenvolvimento sustentável* foi cunhada no Relatório Brundtland (*Nosso Futuro Comum*), publicado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ONU) e foi definida naquele ano como: “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem afetar a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (AGUILAR-JIMÉNEZ; TOLÓN-BECERRA; LASTRA-BRAVO, 2011; WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987, p. 40). O conceito de *produção sustentável* emergiu apenas em

1992, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro (“Rio 92”), quando se concluiu que a maior causa para a deterioração contínua do meio ambiente são os padrões insustentáveis de consumo e produção. Enquanto que o consumo sustentável afeta os consumidores, a produção sustentável é relacionada às companhias e organizações que fornecem produtos e serviços (VELEVA; ELLENBECKER, 2001). Com isso, foi elaborado um plano de ação que convocou governos e organizações para a implantação de medidas mais sustentáveis de padrões de consumo e produção (UNITED NATIONS, 1992).

Assim, nessa “nova onda”, a população (formada por produtores e consumidores, em geral) tem reconhecido que os lucros e a rentabilidade não são os únicos fatores que devem ser desenvolvidos para o sucesso das atividades econômicas e também para o futuro do nosso Planeta Terra. Esta ideologia vem ao encontro do princípio do *Triple Bottom Line* (3 PL’s – *People, Planet and Profit* – chamado em português como o “tripé da sustentabilidade”) que considera as dimensões econômicas, sociais e ambientais como fatores que resultarão na sustentabilidade global de uma determinada atividade. Isto ressalta ainda mais a importância do entendimento da conexão entre esses pilares para que seja possível alcançar o desenvolvimento sustentável, enfoque que tem promovido diversos estudos multidisciplinares em busca do equilíbrio da sustentabilidade nos mais diferentes setores de produção (KLEINDORFER; SINGHAL; VAN WASSENHOVE, 2005). Apesar disso, hoje em dia, um número significativo de empresas ainda veem as mudanças climáticas apenas como questões científicas ou sociais, enquanto na realidade guardam grande potencial estratégico para elas (HOFFMAN, 2004).

Pode-se inferir, portanto, que os critérios ambiental, social e econômico são relevantes para o desempenho das empresas no futuro. Além disso, o agronegócio se destaca como um setor de grande relevância, por prover bens alimentares e também como agente modificador do meio ambiente devido ao uso intensivo de recursos naturais (YUNLONG; SMIT, 1994).

Nesse cenário, o grande desafio do setor está em conseguir suprir a demanda alimentar crescente no mundo, levando em consideração, além dos aspectos econômicos, os aspectos sociais e ambientais que decorrem do aumento da produção (RIGBY et al., 2001; YUNLONG; SMIT, 1994). Por esta razão, há diversos questionamentos que são relacionados à sustentabilidade dos sistemas convencionais de produção agropecuária

dentro desse novo período de desenvolvimento e modernização da agricultura (RIGBY et al., 2001)

Assim, a partir do início da década de 1990, diversos indicadores e *frameworks* têm sido elaborados com a finalidade de monitorar o progresso e a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuária (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; RIGBY et al., 2001). Este desenvolvimento é tratado por Riley (2001) como uma “explosão de indicadores” resultantes do crescimento da preocupação da sociedade em relação à sustentabilidade.

A elaboração e utilização de indicadores de sustentabilidade em sistemas agropecuários costuma ser influenciada por diversos fatores. Além de serem muitas vezes correlacionados, os indicadores também diferem conforme o tipo de sistema produtivo e época em que são empregados. Esta complexidade ressalta ainda mais a necessidade de que sejam elaborados *frameworks* de aspectos holísticos e dinâmicos (RIPOLL-BOSCH et al., 2012). Concomitantemente, a sua aplicabilidade é pouco explorada pela falta de experiência dos pesquisadores, agentes do setor e *stakeholders*, em transpassar na prática os conceitos que foram elaborados teoricamente. Ferramentas que devem ser utilizadas como base para abordagens gerenciais de processos nas organizações e também na cadeia produtiva que está sendo avaliada (SCHIEFER, 2002).

1.1 Justificativa

A indústria do leite tem grande destaque no Brasil e no mundo devido a sua significativa relevância nos aspectos econômicos, ambientais e sociais. É importante destacar que o segmento primário (fazendas), dentro desse Sistema Agroindustrial (SAG)¹, é um grande gerador de renda e emprego no campo, estando presente em praticamente todo o território nacional, além de ser uma das principais fontes de proteína para a população.

A grande representatividade desse SAG no Brasil decorre da extensão territorial do país e também das características edafoclimáticas que favorecem esta atividade, sendo

¹ Sistema agroindustrial (SAG) refere-se “ao conjunto de segmentos envolvidos na produção, transformação e distribuição de produtos de origem agropecuária – desde a indústria de insumos ao consumidor. Diferente do conceito de cadeias produtivas, a análise sistêmica focaliza na coordenação do sistema e as relações tecnológicas e econômicas que se estabelecem entre as atividades produtivas do sistema [...]” (ZYLBERSZTAJN; FARINA, 1999)

encontrados, portanto, sistemas produtivos com as mais variadas características nos seus diversos fatores de produção, como: genética, alimentação, manejo dos animais e do pasto, sistema de ordenha, entre outros.

Dessa forma, dentro do território nacional, é possível encontrar propriedades com a produção de leite focada para o consumo próprio (subsistência), baseadas em técnicas de produção pouco desenvolvidas – chegando a ser primitivas – o que reflete na baixa produtividade da atividade (médias inferiores a 10 litros por animal por dia). Enquanto no outro extremo há propriedades com nível tecnológico bastante elevado, utilizando sistemas semi-intensivos e intensivos de produção, chegando a produzir mais de 50 mil litros por dia com animais de alta produção que detém médias acima de 20 litros/cabeça/dia (ZOCCAL; ALVES; GASQUES, 2011).

A dispersão dessa atividade no território nacional pode ser verificada pelos dados do Censo Agropecuário elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), que revelam que apenas em 67 dos 5564 municípios brasileiros não é produzido leite.

Desta forma, o Brasil destaca-se como um dos maiores produtores de leite do mundo. Em 2012 o país chegou a produzir pouco mais de 32 bilhões de litros de leite, o equivalente a uma renda de R\$ 26,7 bilhões (IBGE, 2014). É importante destacar que dentre as regiões produtoras de leite, Minas Gerais se sobressai por ser a principal bacia leiteira do país em termos de volume e difusão tecnológica. Em 2012, essa região respondeu por 27,5% do total produzido no Brasil, o equivalente a 8,9 bilhões de litros (IBGE, 2014).

Do ponto de vista econômico, de acordo com levantamentos realizados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea/Esalq-USP) em parceria com a Confederação Nacional da Agricultura (CNA), em 2013, o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro teve 22,54% representado pelo Agronegócio (renda produzida na produção no campo, nas indústrias de processamento e na distribuição). Desse total, 30,45% é carregado pelas pecuárias (bovinocultura de leite, carne, suinocultura, aves, etc.), o que significa uma participação de 6,87% no PIB do Brasil (CEPEA, 2014b).

Analisando-se as pecuárias de forma isolada, nota-se um crescimento anual progressivo do PIB da pecuária de leite, em média, de 2010 a 2013, este setor tem crescido a uma taxa de 8,5% ao ano, de acordo com a Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério de

Agricultura, Pecuária e Abastecimento (AGE/Mapa, 2014). Cenário que mostra claramente a evolução que o setor de lácteos tem registrado no país nos últimos anos.

Nesta conjuntura, verifica-se que além da expressiva relevância social e econômica que esse setor possui, concomitantemente, há uma crescente preocupação global da produção agropecuária nos pilares econômico, ambiental e social, que são alicerçados no *Triple Bottom Line (people, profit and planet)*. Tornando-se necessário, portanto, o fornecimento de leite à sociedade com base em uma produção com enfoque sustentável.

Esse desafio engloba a pesquisa, as políticas públicas, a indústria e, principalmente, o produtor rural. Incentivando, dessa forma, o desenvolvimento da temática da sustentabilidade na produção de leite brasileira a partir do ponto de vista estratégico da gestão de operações sustentáveis.

1.2 Objetivo da pesquisa e principais contribuições

Levando em consideração os aspectos apresentados, o problema desta pesquisa é centrado na seguinte questão: **Quais os aspectos da sustentabilidade da produção de leite em Minas Gerais?** Portanto, o objetivo geral desta pesquisa é: **analisar a sustentabilidade das fazendas produtoras de leite na principal bacia leiteira do país, tomando por base aos principais indicadores de sustentabilidade encontrados na literatura.** Com a finalidade alcançar este objetivo, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- i. Levantar na literatura disponível os principais *frameworks* e indicadores de sustentabilidade empregados na produção leiteira;
- ii. Selecionar, dentre os vários *frameworks* encontrados na literatura, os mais relevantes em termos de abrangência das dimensões da sustentabilidade na produção leiteira, assim como por sua aplicabilidade;
- iii. Relacionar as variáveis existentes na base de dados com o *framework* e indicadores de sustentabilidade escolhidos no objetivo específico “ii”;
- iv. Avaliar a sustentabilidade da produção de leite em Minas Gerais com base no *framework* escolhido;
- v. Comparar os resultados encontrados nas fazendas de Minas Gerais com os resultados do *framework* escolhido;

- vi. Identificar, dentre as fazendas de Minas Gerais, os principais fatores que afetam a sustentabilidade na produção de leite;
- vii. Analisar os pontos fortes e fracos da produção leiteira em Minas Gerais, com base nos resultados encontrados;
- viii. Propor diretrizes, a partir dos resultados obtidos, que busquem melhorar o desempenho ambiental, econômico e social da produção de leite.

Dentre as principais contribuições propostas por este estudo, podemos ressaltar o caráter inédito da avaliação da sustentabilidade numa amostra significativa de fazendas produtoras de leite no Brasil, tendo sido verificados pontos fortes e fracos do segmento, além de terem sido discutidos caminhos para alcançar níveis desejados de sustentabilidade para essas fazendas. Além disso, também foi possível entender a dinâmica da sustentabilidade em razão de características, estruturais, gerenciais e tecnológicas das fazendas apresentadas. O ferramental utilizado foi elaborado com o intuito de propiciar um *framework* para avaliação da sustentabilidade em fazendas de leite no Brasil.

Este trabalho está dividido em nove partes. A presente seção traz a introdução do tema a ser abordado, suas justificativas e o objetivo desta pesquisa. A segunda parte apresenta como a indústria do leite é organizada no Brasil, além das principais características do setor primário desse sistema agroindustrial. O terceiro capítulo discute a definição da sustentabilidade na produção agropecuária e a importância do acompanhamento e avaliação da sustentabilidade por meio de indicadores. A quarta seção traz uma revisão de literatura dos *frameworks* e indicadores de sustentabilidade aplicados na produção de leite. O capítulo cinco apresenta os materiais e métodos utilizados neste trabalho, incluindo a discussão acerca do processo da escolha do ferramental utilizado na avaliação da sustentabilidade das fazendas de leite de Minas Gerais. O capítulo seis detalha o *framework* escolhido e os resultados obtidos com a aplicação dessa ferramenta em fazendas na Holanda. O sétimo capítulo apresenta e define o processo dos cálculos dos indicadores para a realidade brasileira e também descreve as premissas das análises estatísticas utilizadas na avaliação dos resultados. Na seção de resultados e discussões são expostos os resultados obtidos do banco de dados de MG, sua comparação com os resultados encontrados na Holanda e um comparativo entre as fazendas de MG da amostra utilizada. Por final, a última parte do trabalho, intitulada Considerações Finais, traz os

principais resultados encontrados, assim como as limitações e contribuições desta pesquisa.

2 A INDÚSTRIA DE LEITE NO BRASIL

O início da produção de leite no Brasil ocorreu com a colonização do que viria a ser o país, sendo os animais utilizados para trabalho e fornecimento de alimentos aos novos habitantes que chegavam no território. Desde então, o setor sofreu significativas transformações e se configurou no território nacional da forma como é visto hoje. Foi no final do século XVIII que veio o início de seu florescimento, com a decadência do mercado de café no Vale Paraíba. Apesar dessa evolução, até meados do século XIX a produção leiteira era pouco explorada, passando apenas no início do século XX a se estruturar a indústria do leite no país, após investimentos em tecnologia para produção no campo e a instalação de plantas de processamento (ALVES, 2001).

O SAG do leite no Brasil pode ser caracterizado por três fases. De acordo com Januário (2014), a primeira fase se inicia em 1945, quando o Estado passou a regular o preço do leite pago ao produtor e pelo consumidor. Esta ação decorreu da importância social e econômica do setor no país, de forma que o governo teve controle, assim, da produção e da comercialização do produto no país.

Já a segunda fase ocorreu no final da década de 1980 e início da década de 1990, quando houve uma mudança expressiva tanto nos segmentos de produção como de consumo neste setor. Impulsionados por um conjunto de câmbios ocorridos no início daquela década, destacam-se o fim do tabelamento do preço do leite, a abertura econômica do país, a criação do Mercosul, a implantação do Plano Real, a incorporação de derivados (como o leite UHT) nos hábitos de alimentação da população e também a imposição de regras de qualidade (GOMES, 1999; JANUÁRIO, 2014).

Por fim, a terceira fase, iniciou em 2002 com a criação da IN 51² – que foi posteriormente reformulada em 2012 e intitulada IN 62³. A razão da criação destas normativas foi o

² “A IN 51 foi instituída visando à definição de regulamentos técnicos e operacionais para a produção, identidade, classificação e qualidade dos tipos de leite, assim como para definir condições de resfriamento, armazenamento e transporte. Entretanto, devido às dificuldades de adaptação dos pequenos produtores, que formam a maior parte dos pecuaristas brasileiros, a instrução acabou sendo prorrogada por duas vezes.” (JANUÁRIO, 2014).

³ “[...]A IN 51 foi substituída pela IN 62 que trouxe mudanças em seu texto, tais quais: os requisitos de qualidade do leite foram alterados, a IN 62 definiu um novo cronograma para adaptação gradativa dos produtores, e muda os limites da Contagem Bacteriana Total (CBT) e Contagem de Células Somáticas (CCS) [...] estabelece o controle sistemático de parasitas e mastites e o controle rigoroso de brucelose e tuberculose com o objetivo de obter certificado de livres destas doenças.” (JANUÁRIO, 2014).

estabelecimento de regras de controle da qualidade na produção do leite, além de tornar a indústria de leite brasileira mais competitiva no mercado nacional e internacional (JANUÁRIO, 2014).

Essas três fases são bem diferenciadas, já que houve, em cada uma delas, mudanças na formação do preço do leite, diferenciação na estrutura de mercado e de produção, alterações do mercado consumidor e da conformação da agroindústria, e também do atacado/varejo, conforme apresentado no Quadro 1 (JANUÁRIO, 2014).

Quadro 1 – Os três períodos do SAG do leite no Brasil e suas principais características.

| Características | Período I: 1945 - 1990 | Período II: 1991-2001 | Período III: 2002-2012 |
|--|--|---|---|
| Preço do Leite | Controle do preço pelo estado no varejo | Desregulamento do setor, tanto para o consumidor quanto para o produtor | Aumento da demanda de lácteos, aumento das importações |
| Estrutura de Mercado e Produção | Economia fechada, políticas de substituição de importações | Aumento da produção e da produtividade. Melhoria da produtividade, melhoria do rebanho (genética). Redução da regulamentação governamental. | Atratividade para investimentos dos pecuaristas e processadores |
| Mercado Consumidor | Aumento do consumo de leite | Maior oferta de produtos nacionais e importados | Aumento do poder aquisitivo da população e ampliação do consumo |
| Agroindústria | Predominância de produção de pequena escala. Presença de micro, pequena e grandes empresas nacionais. Entrada de empresas multinacionais. Diferentes tecnologias de produção: Leite tipo B, C | Domínio do mercado por multinacionais. Inovação tecnológica. Surgimento de contratos na indústria | Regulamentação sanitária (mais rígida). Pressão de frentes privadas por melhoria da qualidade do leite. Produção mais estável e Normatização (IN 51 e 62) |
| Atacado e Varejo | Presença do poder de distribuição das padarias e mercearias | Domínio das grandes redes varejistas. Aumento da produção do leite UHT | Distribuição nacional e internacional dos produtos lácteos. Importação de produtos lácteos |

Fonte: Januário (2014).

Devido a essas mudanças e evolução dessa indústria, hoje o sistema agroindustrial de leite é estruturado em quatro grandes elos, o dos fornecedores (insumos, máquinas e equipamentos), da produção primária (propriedades produtoras de leite), do

processamento (indústrias/cooperativas) e da distribuição (atacado e varejo), distribuídos em praticamente todo o território nacional, como apresentado na (Figura 1) (JANK; GALAN, 1998). Seguindo essa estrutura, este estudo teve foco na produção primária, que é definida por estabelecimentos agropecuários que tem como produto final o leite, segmento conhecido habitualmente como produção “dentro da porteira”.

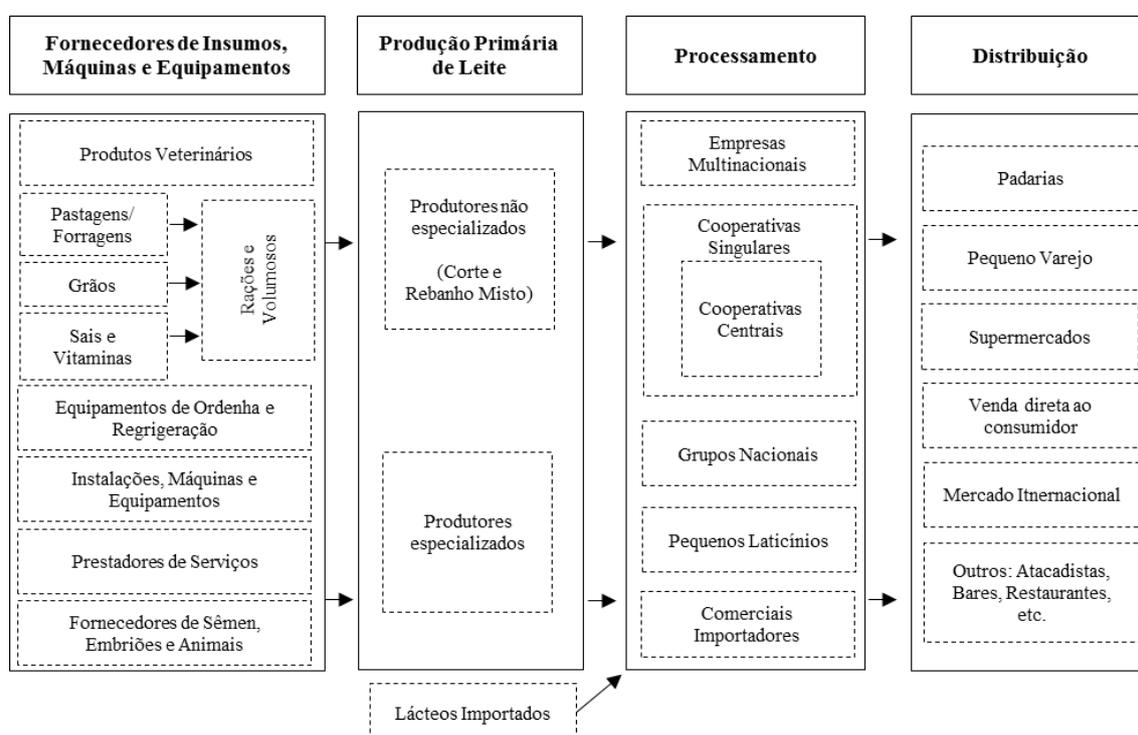


Figura 1 – Composição do sistema agroindustrial do leite.

Fonte: Adaptado de Jank e Galan (1998).

Atualmente, a partir dos levantamentos da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (*Food and Agriculture Organization* – FAO, 2014), verifica-se que em 2012 o Brasil deteve a 4ª posição no *ranking* mundial de produção de leite, estando apenas atrás dos Estados Unidos (90,8 milhões de toneladas), Índia (54 milhões de toneladas) e China (37,4 milhões de toneladas). Naquele ano, a produção global chegou a 625 milhões de toneladas de equivalente leite, aumento de expressivos 27% em relação ao total produzido no ano 2000 (493 milhões de toneladas).

O incremento na produção de leite também foi verificado no Brasil. Em um período pouco maior de análise, de 1997 a 2012, a produção quase dobrou (aumento de 73%), passando de 18,7 bilhões de litros para 32,3 bilhões de litros. Analisando-se a evolução da produção primária, verifica-se que a produção de leite no Brasil evoluiu de 1997 a 2012 como resultado, principalmente, do aumento do número de vacas ordenhadas e da produtividade

por animal (litros de leite por vaca ordenhada) (IBGE, 2014). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), em média, de 1997 a 2012, a produção no campo dentro do país cresceu 4,9% ao ano, o número de vacas ordenhadas, 2,25%, e a produtividade por animal, 1,96%. No entanto, esse padrão de aumento da produção atrelado principalmente ao número de animais ordenhados, muda ao encurtar uma década desse período de análise (2007 a 2012). Neste intervalo mais recente, é possível observar que o aumento na produção de leite esteve atrelado principalmente à produtividade por animal. Ainda de acordo com o IBGE, a produção no campo aumentou, em média, 5,9% ao ano nesse período e a variação percentual da produtividade por animal quase que dobrou – média de 3,62% a.a. Enquanto que o número de vacas ordenhadas ainda seguiu em alta, mas a variação percentual foi menor quando comparada com o período maior de análise (1997 a 2012), tendo um incremento anual médio de 1,99% ao ano (Figura 2).

Esta mudança no padrão do aumento da produção, que na primeira análise (1997 a 2012) era puxada principalmente pelo aumento do número de vacas ordenhadas, enquanto na segunda (2007 a 2012) passa a ter maior destaque a produtividade por animal, indica uma evolução nas tecnologias produtivas dentro da atividade primária associadas ao melhor manejo das pastagens, alimentação, manejo reprodutivo e genética dos animais (CEPEA, 2014a).

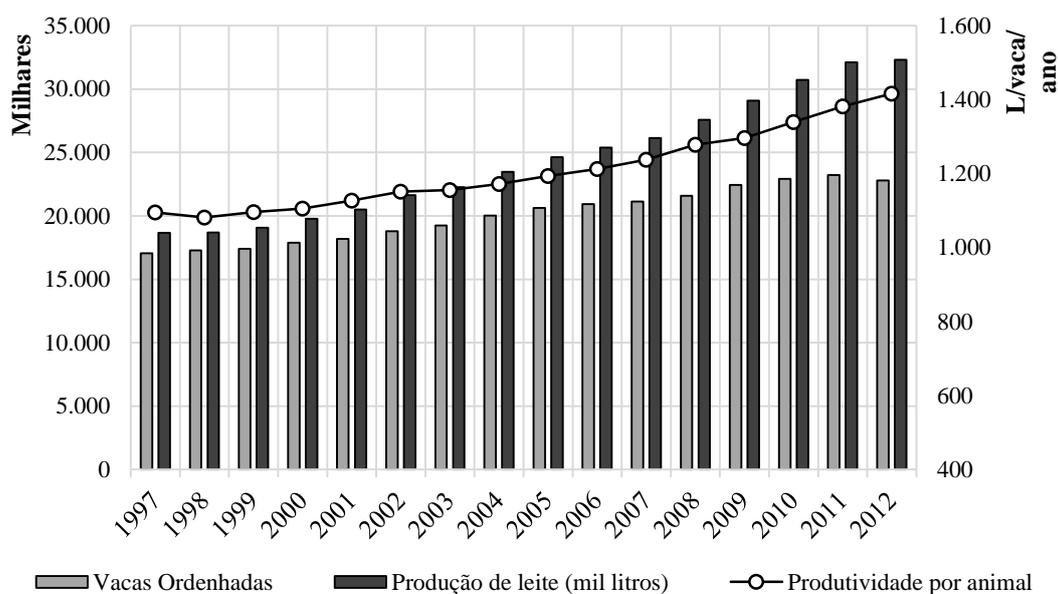


Figura 2 – Evolução da produção anual, número de vacas ordenhadas e produtividade por vaca. Fonte: IBGE (2014).

Apesar da produtividade por animal ter aumentado nos últimos anos, este indicador de desempenho ainda possui valor bem abaixo do potencial. No Brasil, em 2012, a produtividade por animal foi cerca de 1.400 litros/vaca ordenhada/ano (IBGE, 2014), enquanto que em países onde a produção é mais desenvolvida, a produtividade por vaca é superior a 5.000 litros/vaca ordenhada/ano (FAO, 2014), o que demonstra que grande parte do rebanho destinado à produção de leite no Brasil ainda não é especializado para a atividade, além de outras particularidades que englobam os diversos fatores de produção dentro de uma propriedade produtora de leite. De acordo com a FAO (2014), entre os países produtores de leite, o Brasil detém a 100ª posição no ranking de produtividade por animal, estando muito abaixo e distante de países que são referências na produção global desse produto, como Israel, Estados Unidos, China e Nova Zelândia.

Este resultado é reflexo da baixa capacitação técnica do setor, do baixo potencial genético dos animais, da produção em pastagem degradadas, da deficiência alimentar, da falta de manutenção nas instalações e do manejo precário da sanidade na ordenha dos animais, refletindo negativamente na quantidade e na qualidade do leite produzido (BRASIL, 2011).

Dentre as regiões produtoras de leite, a maior produção concentra-se na região sudeste, 11,6 bilhões de litros de leite, ou 35,9% do total produzido no Brasil, em 2012. A região sul detém a segunda posição, com 33,2% da produção nacional (10,7 bilhões de litros), seguida da região centro-oeste (14,9% ou 4,8 bilhões de litros), nordeste (10,8% ou 3,5 bilhões) e, por final, a região norte com apenas 5,1% do total produzido no Brasil em 2012. Dentre os estados produtores, Minas Gerais destaca-se como o maior produtor de leite com 8,9 bilhões de litros, em seguida, com menos da metade que o estado mineiro, está o Rio Grande do Sul (4,05 bilhões de litros), seguido por Paraná (3,9 bilhões de litros), Goiás (3,5 bilhões) e Santa Catarina (2,7 bilhões) (Figura 3) (IBGE, 2014).

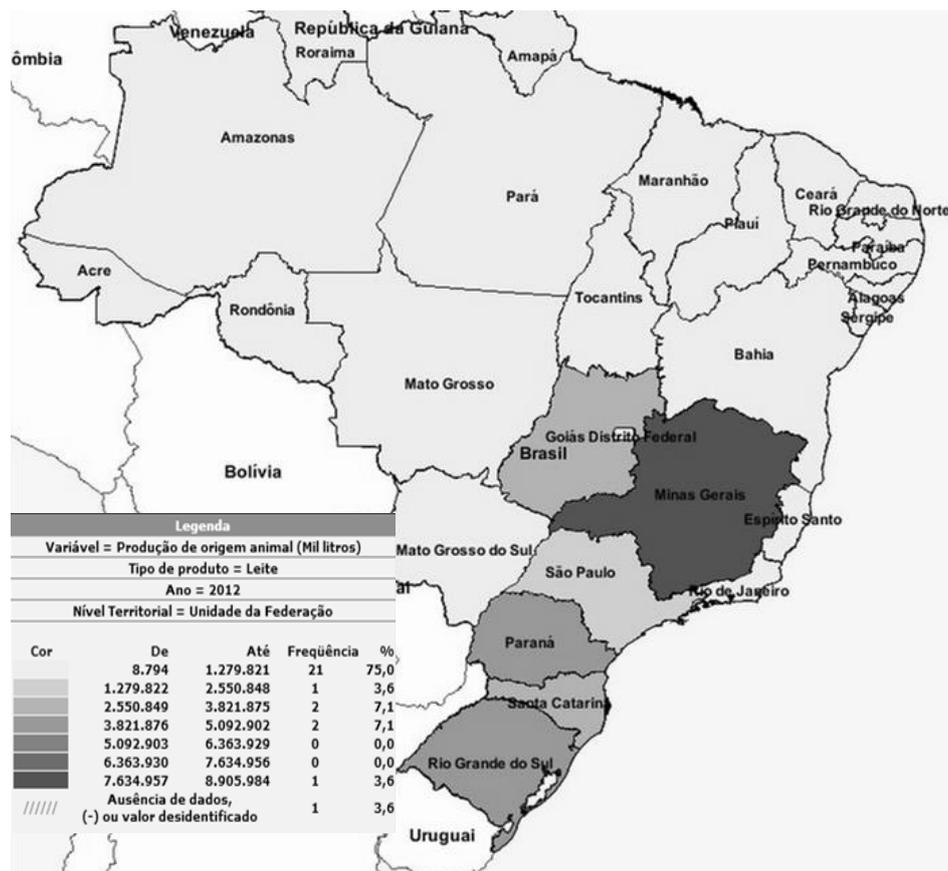


Figura 3 – Concentração da produção de leite nos estados do Brasil.
Fonte: IBGE (2014).

Toda esta produção brasileira está distribuída em 1,3 milhões de estabelecimentos rurais, ou aproximadamente 25% dos 5,2 milhões de imóveis rurais existentes no Brasil (IBGE, 2006). Distribuída em todo o território nacional, esta atividade emprega diretamente, em média, três pessoas por fazenda, sejam elas mão de obra contratada e/ou produtores, envolvendo aproximadamente cinco milhões de pessoas somente no setor primário da cadeia (ZOCCAL; ALVES; GASQUES, 2011).

Essa dispersão, agregada à grande variedade dos sistemas produtivos de leite, explicitam a heterogeneidade da produção no campo, impossibilitando, muitas vezes, a execução de políticas e estratégias efetivas para o desenvolvimento desse setor primário. Diversidade que é notada no tamanho das propriedades, no volume de produção, na produtividade e no emprego de tecnologia. Sendo possível encontrar perfis de propriedades leiteiras de cunho familiar, cujo sistema geralmente é pouco produtivo e emprega tecnologias produtivas defasadas, mas também propriedades altamente tecnificadas com alto nível de gestão empresarial e produtividade (ZOCCAL; ALVES; GASQUES, 2011).

Além disso, o fator genético possui grande importância quando é necessário entender a produção nacional e o potencial interno desta indústria, além de explicar também a heterogeneidade da produção de leite no país. A maioria do rebanho brasileiro é composto por raças mestiças (74%), com produção média de 1.100 kg por lactação, enquanto que 20% são vacas sem qualquer especialização, com produção média de 600 kg por lactação e, apenas, 6% são de vacas especializadas, que produzem em média 5.400 kg por lactação. Assim, estima-se que 75% do leite produzido no país provém de raças mestiças leiteiras com algum grau de sangue zebu. É importante ressaltar que na pecuária leiteira, os gados mestiços são derivados do cruzamento de uma raça pura de origem europeia e que seja especializada na produção de leite (Holandesa, Pardo-Suíça, Jersey) com outra raça de origem indiana, que formam o grupo zebu, que é tipicamente utilizado no país para produção de carne. No Brasil, as raças europeias puras são predominantes na região Sul, o que reflete na especialização e nível de produtividade elevado dessa região. Mesmo assim, o primeiro do ranking nacional na produção de leite, MG, possui um rebanho predominantemente cruzado de Gir com Holandês em diferentes níveis graus sanguíneos. Este cruzamento favorece pela rusticidade dada pelo Zebu que promove uma maior adaptabilidade para regiões mais quentes onde os animais passam a maior parte do dia sob sistema de pastejo (BRASIL, 2010).

Em relação ao sistema de produção, Primavesi et al. (2012) apontaram que no Brasil é predominante o sistema baseado em pastagens (extensivo) e apenas 2,4% do total de leite produzido no país é decorrente de sistemas intensivos de produção (confinamento).

Dentre o universo de propriedades leiteiras no Brasil, um grande número (~80%) de estabelecimentos é responsável por uma pequena parcela da produção de leite (~25%) enquanto que, por outro lado, um percentual menor (~20%) que é responsável pela maior parte da produção nacional (~75%). De acordo com dados do IBGE (2006), é possível verificar que pecuaristas com produção inferior a 50 litros de leite por dia respondem por 79,7% do total dos produtores e sua participação em relação à quantidade produzida é de 26% do volume nacional. Enquanto que, por outro lado, a maior parte da quantidade do leite brasileiro provém de sistemas com produção entre 50 e 200 litros/dia e acima de 200 litros/dia, respondendo ambos por 39% e 35% do total do leite produzido no país, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Total de estabelecimentos agropecuários que produziram leite e volume total de produção por estrato de produção diária no Brasil, 2006.

| Estrato da produção de leite (L/dia/estabelecimento) | Estabelecimentos com produção de leite | | % da Produção | Produtividade (litros/vaca/ano) |
|---|--|-------------|---------------|---------------------------------|
| | N | (%) | | |
| < 10 L | 610.255 | 45,18% | 4,60% | 309 |
| 10 a 20 L | 198.171 | 14,67% | 5,20% | 956 |
| 20 a 50 L | 267.743 | 19,82% | 16,10% | 1.246 |
| 50 a 200 L | 230.639 | 17,07% | 39,30% | 1.618 |
| 200 a 500 L | 35.209 | 2,61% | 18,80% | 2.344 |
| >500 L | 8.792 | 0,65% | 16,00% | 3.389 |
| Total | 1.350.809 | 100% | 100% | 1.883 |

Fonte: IBGE. Censo Agropecuário (2006).

Diante desse cenário Zoccal, Alves e Gasques (2011), utilizando dados da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) do IBGE, dividiram dentro do território nacional as principais regiões onde a produção de leite está mais concentrada. Os autores separaram essas áreas em quatro grandes regiões produtoras: A, B, C e D (Figura 4).

A primeira delas, a **Região A**, localizada no Sudeste, de relevo bastante acidentado, abrange as mesorregiões produtoras de leite nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, o rebanho é formado por aproximadamente 6 milhões de cabeças e a produção animal média anual é de 1.547 L/vaca/ano. Responde por 28% do leite produzido no país.

A **Região B** é ligada à Região A, localizada no Planalto e em região de Cerrado, e é composta pela região sul do estado de Goiás, o Triângulo Mineiro e o Noroeste de São Paulo. Tem produção média anual de 1.322 L/vaca/ano.

Já a **Região C** é localizada na região Sul do país e possui as maiores densidades de produção situadas no norte do Rio Grande do Sul, oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná. É estimado um rebanho de 3,7 milhões de cabeças com produção animal média de 2.628 L/vaca/ano. Possui elevada representatividade, com 30% do leite produzido no país. Além disso, é interessante destacar que esses estados têm apresentado aumento significativo ano a ano na produção de leite, devido à difusão tecnológica e especialização dos produtores dessas regiões.

Por fim, a **Região D**, é localizada no Nordeste do país, no agreste de Alagoas e Pernambuco e o Sertão do Sergipe. Possuem um rebanho aproximado de 900 mil cabeças

e produção animal média de 1.313 L/vaca/ano. Esta região responde por 4% do volume de leite brasileiro.

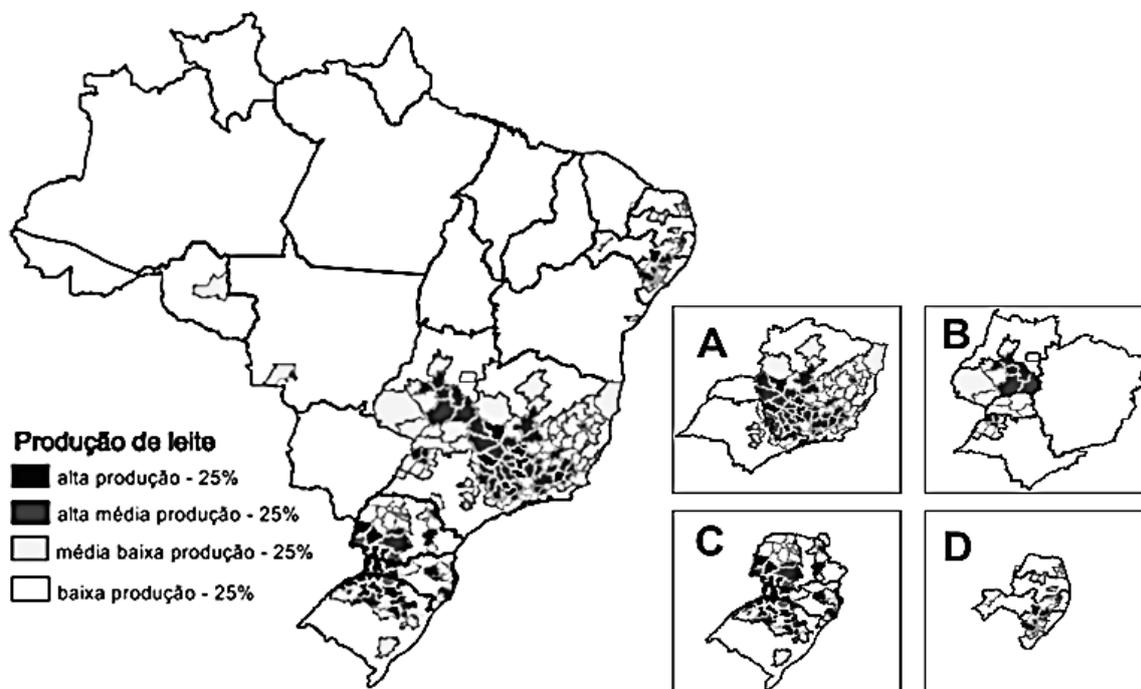


Figura 4 – Áreas que possuem concentração da produção de leite no Brasil, 2010.

Fonte: Embrapa, 2011, adaptado por Zoccal, Alves e Gasques (2011).

Seguindo estas regiões e também as grandes diferenças tecnológicas e de produção que existem nas propriedades de leite no Brasil, Zoccal, Alves e Gasques (2011) também propuseram uma divisão para o perfil dos produtores, levando em conta o tamanho do rebanho das vacas leiteiras, o volume de produção por animal, a intensificação e a comercialização da produção. Esta taxonomia é de difícil generalização, já que existem diversas formas de avaliar as fazendas produtoras de leite, não havendo ainda uma classificação padrão que pode ser adotada universalmente dentro da produção do país, já que a grande heterogeneidade dos estabelecimentos agropecuários que possuem a atividade leiteira e a presença da mesma em todos os estados brasileiros são fatores que impossibilitam estabelecer com exatidão sistemas produtivos em âmbito nacional. Apesar disso, a classificação proposta por Zoccal, Alves e Gasques (2011) é interessante para o desenvolvimento desta pesquisa:

- **Produção de subsistência:** são estabelecimentos agropecuários com rebanho menor ou inferior a 30 vacas, produção diária inferior a 4 litros/vaca e 50 litros/produtor. Está localizado no estrato inferior do universo das propriedades

de leite no país, sendo responsável por menos de 5% da produção nacional. Produção extensiva, com alimentação à base de pasto, sem algum tipo de suplementação, apenas sal branco.

- **Produção familiar:** são propriedades com rebanhos de 20 a 70 vacas, com produção diária entre 4 a 8 litros/vaca e 50 a 500 litros/produtor. É geralmente uma produção extensiva com suplementação volumosa na entressafra do pasto e também há a alimentação do rebanho com concentrado durante a seca ou, em alguns casos, no ano todo. O pasto tem geralmente capacidade média de lotação.
- **Produção semiextensiva:** são estabelecimentos agropecuários com rebanho entre 20 e 100 vacas e produtividade de 8 a 12 litros/vaca e produção superior a 200 litros/produtor. Produção focada no fornecimento de pasto, também é usada para as vacas em lactação uma suplementação volumosa na seca e concentrada durante o ano todo. O pasto possui capacidade de suporte média a boa.
- **Produção especializada:** são rebanhos geralmente de 50 a 200 vacas, com produção média de 12 a 17 litros/vaca/dia e volume diário superior a 500 litros/produtor. Possui um manejo, alimentação e genética especializados, utilizando pastagens com alta capacidade de suporte, com fornecimento de suplementação volumosa e concentrada durante o ano todo.
- **Produção intensiva:** grandes propriedades com rebanho especializado e superior a 200 vacas, produtividade acima de 17 litros/vaca/dia e volume diário superior a 3.000 litros/produtor. A alimentação do animal é balanceada e fornecida integralmente no cocho durante o ano todo.

Além da classificação exposta acima, Assis et al. (2005) também propuseram uma taxonomia mais genérica e que expõe diferenças semelhantes às detalhadas por Zoccal, Alves e Gasques (2011) (**Erro! Autoreferência de indicador não válida.**). Em geral, verificando-se as duas propostas de classificação pode-se separar a produção de leite em dois grandes grupos, o extensivo a pasto e o intensivo em confinamento. Estes grupos são extremamente opostos em relação à gestão da produção e também para alguns de seus fatores de produção.

Essas diferenças afetam diretamente a forma da incorporação de tecnologias e de inovações que são fundamentais para tornar os sistemas de produção cada vez mais eficientes, sustentáveis e competitivos. De forma que a capacidade de geração, difusão e utilização do conhecimento dos produtores rurais é que irá definir um perfil de

habilidades, de qualificação profissional e de especialização dos sistemas de produção de leite no país (ZOCCAL; ALVES; GASQUES, 2011).

Quadro 2 - Classificação de sistemas de produção de leite proposto por Assis et al. (2005).

| Sistema de Produção | Estratos de Produção | | Tecnologias de alimentação |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------|---|
| | (litros/fazenda/dia) | (litros/vaca/ano) | |
| Sistema extensivo | Até 100 | Até 1.200 | Criados exclusivamente a pasto |
| Sistema semiextensivo | 100 até 400 | 1.200 até 2.000 | Criados em pasto, com suplementação volumosa na entressafra de pastagem |
| Sistema intensivo a pasto | 401 até 2.000 | 2.000 até 4.500 | Criados em pasto, com forrageiras de alta capacidade de suporte, com suplementação volumosa na entressafra de pastagem e, em alguns casos, durante o ano todo |
| Sistema intensivo em confinamento | Acima de 2.000 | Acima de 4.500 | Mantidos em confinamento, alimentados no cocho com forragens conservadas (ex.: silagem e feno) |

Fonte: Assis et al. (2005).

Do lado do processamento, o Brasil possui uma grande diversidade de empresas, dentre elas: grupos multinacionais (grandes grupos controlados por capital externo), grupos nacionais (capital nacional) de porte variados e em número significativo, cooperativas de produtores, comerciantes importadores e os agentes que comercializam o leite no mercado *spot* (JANK; GALAN, 1998; VILELA; LEITE; RESENDE, 2002). Essa diversidade e pulverização das indústrias reflete também na menor concentração do setor, quando comparados com outros da agropecuária, como o da carne bovina. De forma que, em 2012, as dez maiores compradoras de leite do país responderam por 35,4% da aquisição formal de leite (Tabela 2) (LEITE BRASIL, 2014; IBGE, 2014).

Tabela 2 – Ranking das maiores empresas de laticínios no Brasil, 2012.

| N | Empresas/Marcas | Número de Produtores | Total de Leite Recebido (mil litros) | % em relação ao total adquirido e industrializado pelas indústrias no Brasil em 2012 |
|----|-------------------------|----------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | DPA/Nestlé | 4.915 | 1.958.500 | 8,8% |
| 2 | LBR - Lácteos Brasil | 11.758 | 1.576.800 | 7,1% |
| 3 | Itambé | 7.750 | 955.000 | 4,3% |
| 4 | Italac | 13.552 | 936.901 | 4,2% |
| 5 | Laticínio Bela Vista | 3.784 | 635.066 | 2,8% |
| 6 | Embaré | 1.568 | 468.682 | 2,1% |
| 7 | C. Castrolanda e Batavo | 518 | 428.580 | 1,9% |
| 8 | Danone | 600 | 363.000 | 1,6% |
| 9 | Jussara | 2.430 | 308.135 | 1,4% |
| 10 | Confepar | 5.501 | 266.102 | 1,2% |

Fonte: LEITE BRASIL (2014); IBGE (2014).

Mesmo com o aumento da produção do leite dentro do país, é relevante lembrar que o país é um típico importador de lácteos, cujo consumo *per capita* ainda está muito abaixo dos 210 litros de leite/habitante/ano – quantidade recomendada pelo Ministério da Saúde. Isto mostra claramente um amplo campo para o crescimento da produção de leite no país, somada às características edafoclimáticas que também são favoráveis. Em 2012, a quantidade disponível de leite por habitante (consumo aparente) foi de 172,49 litros, um *déficit* de aproximadamente 40 litros para conseguir atender a recomendação do Ministério da Saúde. Em média, desde 1997 o consumo aparente aumentou 3,76% ao ano (Tabela 3) (IBGE, 2014; BRASIL, 2014).

Tabela 3 – Produção, importação, exportação, população e consumo aparente per capita de leite no Brasil de 1997 a 2012.

| ANO | Produção de Leite (mil litros) | Importações* (mil litros) | Exportações* (mil litros) | População Brasileira | Consumo Aparente (milhões de kg) | Consumo aparente per capita (kg/habitante) |
|------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------------|--|
| 1997 | 18.666.011 | 1.933.794 | 28.585 | 163.779.827 | 20.571 | 125,6 |
| 1998 | 18.693.915 | 2.239.518 | 26.914 | 166.252.088 | 20.907 | 125,75 |
| 1999 | 19.070.048 | 2.365.843 | 37.765 | 168.753.552 | 21.398 | 126,8 |
| 2000 | 19.767.206 | 1.754.099 | 42.080 | 171.279.882 | 21.479 | 125,4 |
| 2001 | 20.509.953 | 808.000 | 84.270 | 173.821.934 | 21.234 | 122,16 |
| 2002 | 21.642.780 | 1.468.000 | 142.340 | 176.391.015 | 22.968 | 130,21 |
| 2003 | 22.253.863 | 554.000 | 173.360 | 178.985.306 | 22.635 | 126,46 |
| 2004 | 23.474.694 | 350.000 | 385.000 | 181.586.030 | 23.440 | 129,08 |
| 2005 | 24.620.859 | 480.000 | 492.200 | 184.184.264 | 24.609 | 133,61 |
| 2006 | 25.398.219 | 438.657 | 429.252 | 186.770.562 | 25.408 | 136,04 |
| 2007 | 26.137.266 | 250.688 | 575.069 | 183.989.711 | 25.813 | 140,3 |
| 2008 | 27.585.346 | 323.629 | 879.818 | 189.612.814 | 27.029 | 142,55 |
| 2009 | 29.105.495 | 777.912 | 277.899 | 191.480.630 | 29.606 | 154,61 |
| 2010 | 30.715.460 | 706.670 | 185.416 | 190.747.855 | 31.237 | 163,76 |
| 2011 | 32.096.214 | 1.215.990 | 122.800 | 192.379.287 | 33.189 | 172,52 |
| 2012 | 32.304.421 | 1.265.027 | 114.652 | 193.946.886 | 33.455 | 172,49 |

*Valores em equivalente leite⁴.

Fonte: IBGE (2014) e MDIC (2014).

Apesar do aumento contínuo da produção do leite no campo, conforme apresentado no decorrer deste capítulo, esta taxa de crescimento não é suficiente para acompanhar o aumento da demanda, de acordo com estimativas e projeções apontadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento (MAPA) (BRASIL, 2013) (Figura 5):

O consumo deve crescer a uma taxa anual de 1,9%, acompanhando, portanto, a produção do país, mas colocando o consumo num nível pouco acima da produção nacional, o que exigirá certo volume de importações, previsto próximo de 1,0 bilhão de litros em 2023, a menos que políticas públicas específicas para o setor sejam implantadas (BRASIL, 2013, p. 40).

⁴ Coeficiente aplicado aos produtos lácteos de modo a poder comparar quantidades de produtos distintos que são reduzidos à mesma unidade de medida.

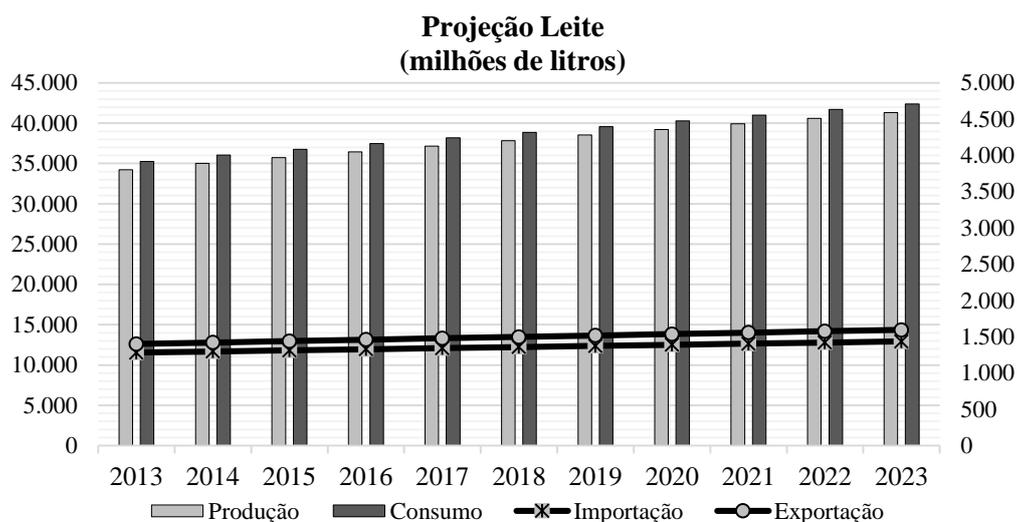


Figura 5 – Projeção da produção, consumo, importação e exportação de leite no Brasil (2013 a 2023) – em milhões de litros.

Fonte: BRASIL (2013).

Portanto, verifica-se que o SAG do leite no Brasil tem apresentado mudanças significativas nas últimas décadas que levaram à melhoria e especialização da produção no campo, mas ainda insuficiente às exigências adotadas por grande parte dos consumidores, indústrias de processamento e também o governo. Este setor passa por um momento de maiores exigências em relação à qualidade e também à maior quantidade de leite produzida no campo. Um grande desafio, já que o segmento primário deste setor é bastante heterogêneo (padrões de produção, ambientais e de gestão) e também receoso a mudanças, refletindo negativamente muitas vezes na adoção de novas tecnologias (ZOCCAL; ALVES; GASQUES, 2011).

Conjuntamente, emerge o tema da sustentabilidade do setor, o que torna fundamental o entendimento e o direcionamento da gestão da sustentabilidade da produção de leite no campo. Como esse direcionamento varia conforme a produtividade, tamanho, especialização e sistemas de produção adotados nas propriedades produtoras de leite, entender a dinâmica da gestão da sustentabilidade nesse setor é fundamental para o seu melhor desenvolvimento.

Outro ponto fundamental são as grandes mudanças no segmento de processamento que afetam diretamente a dinâmica deste SAG. Neste último ano tivemos a saída de um grande *player* do país, LBR – Lácteos Brasil, e a entrada de uma grande multinacional francesa, Lactalis, que traz consigo traços de gestão ainda desconhecidos dentro do ambiente de

produção de leite no Brasil. Além disso, não menos importante, houve a formalização da associação de vinte e seis empresas do segmento de processamento de lácteos líderes do mercado⁵ denominada como Viva Lácteos, estratégia que tem como foco aumentar a representatividade desse setor bastante pulverizado e, com isso, torna-lo mais benéfico à sociedade e ao país como um todo:

Entre os principais objetivos, estão: estimular a competitividade dos produtos brasileiros no exterior e o consumo de lácteos no mercado interno, promover políticas que incentivem o investimento na cadeia leiteira, e a promoção de ações que reduzam distorções tributárias. [...] Nossa intenção é estimular a competitividade, promover o aumento do consumo interno, colaborar com a balança comercial por meio do incremento das exportações e contribuir para que os consumidores tenham acesso a produtos com cada vez mais qualidade. César Helou⁶ – conselheiro da Viva Lácteos

Dessa forma, o entendimento e a gestão da sustentabilidade na produção primária se torna fundamental para poder antecipar e acompanhar mudanças que já estão ocorrendo nessa indústria no Brasil e no mundo. Nesta dissertação o foco de estudo foi o estado de Minas Gerais, por ser uma região com elevado destaque na produção comercial de leite e também de difusão tecnológica do setor dentro do país.

⁵ Respondem por aproximadamente 70% do leite adquirido no país.

⁶ Notícia disponível em: <http://www.ciencialeite.com.br/?action=7&r=92>

3 SUSTENTABILIDADE: SUA AVALIAÇÃO NAS OPERAÇÕES AGROPECUÁRIAS

Este capítulo apresenta uma discussão do tema da sustentabilidade na produção agropecuária, além de abordar também a complexidade da elaboração de indicadores de sustentabilidade utilizados para a avaliação, acompanhamento e gerenciamento desse setor. Em seguida, também são apresentados alguns *frameworks* nacionais e internacionais que foram desenvolvidos para a avaliação da sustentabilidade.

3.1 Produção agropecuária e sustentabilidade

A produção agropecuária é relevante para diversas cadeias produtivas no contexto mundial, nas quais o segmento popularmente conhecido por de “dentro da porteira” se insere fornecendo insumos primários para os mais diversos tipos de indústrias. Apesar disso, o foco alimentar segue de grande relevância quando o assunto é produção agropecuária. A significativa importância deste setor para economia mundial, também exige o entendimento do termo “produção sustentável”, um grande desafio conceitual, analítico e prático em razão das diversas abordagens que o termo sustentabilidade carrega (YUNLONG; SMIT, 1994).

Para Yunlong e Smit (1994), a produção agropecuária pode ser definida como um conjunto de processos ligados aos três pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental), como pode ser verificado na Figura 6. Uma abordagem que tem gerado certas limitações aos próprios produtores e também aos *stakeholders* que estão inseridos nessa atividade, nos níveis produtivos, de distribuição e consumo, devido aos possíveis *trade-off* que esses pilares possuem entre si.

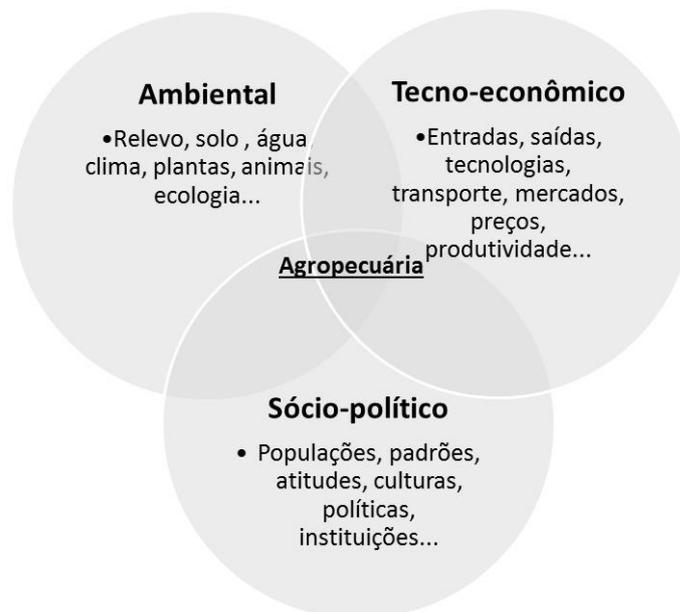


Figura 6 – Os três diferentes níveis (ambiental, tecno-econômico e sóciopolítico) em que a produção agropecuária opera.

Fonte: Yunlong e Smit (1994), adaptado pelos autor.

Além disso, Yunlong e Smit (1994) também apontam que o foco em apenas uma dessas dimensões (econômico, ambiental ou social) à custa dos outros pode ser arriscado havendo a necessidade de acompanhar o desenvolvimento da atividade rural nesses três aspectos conjuntos, mesmo havendo a possibilidade de avaliar cada um deles isoladamente:

[...] sistemas produtivos agrícolas que visam apenas manter a qualidade ambiental, mas não podem produzir um suprimento adequado de comida ou prover retornos econômicos suficientes aos produtores não podem ser enquadrados como sustentáveis. Semelhantemente, sistemas agrícolas que mantêm níveis relativamente elevados de produção, mas utilizam quantidades elevadas de insumos para compensar os impactos ambientais da produção podem ser vistos como pouco sustentáveis. (BRKLAICH; BRYANT; SMIT, 1991 apud YUNLONG; SMIT, 1994, p. 304)

Assim, sistemas agrícolas com elevada sustentabilidade podem ser considerados como aqueles com foco em utilizar da melhor forma possível os bens e recursos ambientais (PRETTY, 2008). Apesar de bastante focado em agricultura orgânica e familiar, Pretty (2008) definiu alguns princípios básicos de sustentabilidade que são interessantes para discussão: i) a integração de processos biológicos e ecológicos, tais como: reciclagem de nutrientes, fixação de nitrogênio, regeneração do solo, alelopatia, competição, predação

e parasitismo em processos de sistemas produtivos agrícolas. ii) minimização do uso de recursos não renováveis que causem malefícios ao meio ambiente ou a saúde dos produtores rurais; iii) fazer uso produtivo do conhecimento e das habilidades dos produtores rurais, melhorando assim a sua autossuficiência e promovendo a substituição de insumos externos de elevado custo por capital humano; iv) fazer uso produtivo do trabalho coletivo das pessoas, levando em conta as suas capacidades para o trabalho em conjunto com a solução de problemas do meio ambiente e da produção rural, por exemplo: controle de pragas, lençóis freáticos, irrigação, florestas e gerenciamento de crédito.

Pretty (2008) ainda define que a agricultura sustentável não deixa de usar tecnologias ou práticas em razão de questões ideológicas. Pelo contrário, a produção agrícola deve utilizar tecnologias e práticas que melhorem a produtividade e não causem danos indevidos ao meio ambiente, de forma a ser multifuncional no uso da terra e também ser economicamente viável. O mesmo autor aponta que, à medida que a produção rural busque ser mais sustentável, ela deve ter a melhor utilização dos recursos naturais e o uso das tecnologias de produção devem ser adaptados e ajustados a cada situação específica.

Em abordagem similar, pode-se entender como sustentabilidade econômica a capacidade do produtor agropecuário manter a sua empresa rural (i.e. viabilidade econômica). A sustentabilidade social interna é relacionada às condições de trabalho do fazendeiro e de seus empregados. A sustentabilidade social externa é relacionada às preocupações da sociedade sobre os impactos da produção agropecuária no bem-estar das pessoas e dos animais. E, por fim, a sustentabilidade ambiental (ecológica) diz respeito às ameaças e/ou benefícios da atividade agropecuária na flora, fauna, solo, água e clima da região em que está inserida (VAN CALKER et al., 2005).

3.2 O uso de indicadores de sustentabilidade

Pela necessidade de fazer o acompanhamento e também avaliar a sustentabilidade dentro das empresas rurais (propriedades rurais) surgiram diversas metodologias e também indicadores (VAN PASSEL; MEUL, 2012) para esse tipo de mensuração, como constatado por Ramos e Caeiro (2010, p. 157):

Existem diferentes tipos de frameworks para avaliar o desempenho ambiental e sustentável que vão do nível organizacional (lucrativo ou

sem fins lucrativos, privado ou público), setorial (indústria, transporte, agricultura e turismo), e local, regional ou nacional. Mas, apesar da diversidade de métodos e ferramentas para a mensuração do desenvolvimento sustentável, os indicadores são uma das abordagens mais utilizadas.

Antes de discutir a temática de indicadores, como forma de abordagem de avaliação da sustentabilidade, é importante entender a diferença entre o termo índice e o termo indicadores que, em uma análise superficial, são comumente tratados como sinônimos (SICHE et al., 2007). De acordo com Siche et al. (2007), o índice é um valor agregado resultante de todo um processo de cálculos onde podem ser também utilizados indicadores, como variáveis que o compõem. Sendo mais complexo e, conseqüentemente, mais elaborado que um indicador:

[...] entende-se o termo **índice** como um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. O índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis. O termo **indicador** é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise. Normalmente um indicador é utilizado como um pré tratamento aos dados originais. (SICHE et al., 2007, p. 139-140, grifo do autor)

Dessa forma, os indicadores são elaborados como forma de analisar e balizar processos ou sistemas complexos, com a finalidade de alcançar o desenvolvimento sustentável de um segmento de produção, município, região ou país. Desenvolvimento sustentável pode ser analisado como o final da reta das diretrizes de sustentabilidade. Esse desenvolvimento é geralmente alcançado quando as metas de sustentabilidade são cumpridas. Portanto, o conceito de Desenvolvimento Sustentável é um conceito político que demanda outras medidas políticas que enfatizam a sustentabilidade em seus diversos aspectos (ex. prosperidade econômica, saúde ambiental, igualdade social etc.). Sendo geralmente necessário o uso de indicadores de sustentabilidade para conseguir balizar e apoiar o entendimento da sociedade ao prover informações que podem ser entendidas e identificadas por ela. São as informações geradas por esses indicadores que poderão avaliar o desempenho e também balizar as diretrizes de sustentabilidade com a finalidade de alcançar um nível de desenvolvimento sustentável desejado (SHIELDS; ŠOLAR; MARTIN, 2002).

Devido a sua grande relevância, há um grande leque de listas e *frameworks* de indicadores de sustentabilidade que foram criados nas últimas duas décadas (BINDER; FEOLA; STEINBERGER, 2010; BOCKSTALLER et al., 2008; RAMETSTEINER et al., 2011; VAN PASSEL; MEUL, 2012) que não são de fácil comparação, devido à diversidade metodológica (ACOSTA-ALBA; VAN DER WERF, 2011; BOCKSTALLER et al., 2008; SINGH et al., 2012; VAN PASSEL; MEUL, 2012) e também porque muitos não possuem uma descrição clara de como foram elaboradas (VAN PASSEL; MEUL, 2012). A diversidade reflete o conhecimento técnico dos investigadores, além do grande número de pessoas envolvidas no desenvolvimento desses indicadores (CLARO; CLARO, 2004). Essa disparidade entre os indicadores utilizados reflete diretamente nos resultados obtidos na avaliação do desempenho sustentável (econômico, ambiental e social) a partir de seu uso (ACOSTA-ALBA; VAN DER WERF, 2011; BUYS et al., 2014). De forma que *frameworks* para a integração de informações e dados com a finalidade de avaliar a sustentabilidade ainda estão em falta (BINDER; FEOLA; STEINBERGER, 2010; GÓMEZ-LIMÓN; RIESGO, 2009; VAN PASSEL; MEUL, 2012), sendo necessário um método consistente para o uso e comparação desses indicadores (VAN ASSELT et al., 2014).

Alguns argumentos tratados em outras áreas de produção como a manufatura, por exemplo, podem ser também elencados como possíveis causas da dificuldade na utilização de indicadores de sustentabilidade no agronegócio. Veleva e Ellenbecker (2001) apontam que, por um lado, se observa crescimento na área e elevado número de trabalhos sendo publicados sobre indicadores de sustentabilidade, e por outro, há carência de trabalhos que abordem a sustentabilidade corporativa. Assim, essa grande diversidade e a sua falta de padronização em relação ao que mensurar e a forma de uso leva a obter informações pouco passíveis de comparação, incompletas, contraditórias e confusas (RANGANATHAN, 1998). Há também uma inconsistência nos ferramentais propostos para a mensuração da sustentabilidade, devido à inexistência consensual do significado do termo “sustentabilidade” (BOND; MORRISON-SAUNDERS, 2011; POPE; ANNANDALE; MORRISON-SAUNDERS, 2004; WILSON; TYEDMERS; PELOT, 2007), já que a definição de “sustentabilidade” depende do local e época, sendo específico para cada situação em que é apresentado (GÓMEZ-LIMÓN; SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010). De forma que, ainda nos estudos mais recentes, a quantificação e comparação da

sustentabilidade em organizações dos impactos econômicos, ambientais e sociais continua sendo uma problemática (BUYS et al., 2014).

Além dos aspectos acima citados, existem diversos tipos de indicadores que quando utilizados em determinadas situações têm suas vantagens e desvantagens (COSTA, 2010). Em uma revisão bibliográfica realizada por Costa (2010), conforme apresentado no Quadro 3, a autora verificou a existência de diversas categorias de indicadores, classificados de acordo com a sua utilidade, podendo ser: simples, compostos, quantitativos, qualitativos, de vínculo, de distância à meta, de metas ou resultados, de processos e de disponibilidade de *inputs*, de impacto, meios, realização, diretos, indiretos, parâmetros proxies, cripto-indicadores, objetivos e subjetivos.

Apesar da grande diversidade dos tipos de indicadores, por definição, um indicador é um ferramental que fornece informações significantes e simplificam processos complexos (RIGBY et al., 2001), sendo utilizados como ferramentas simplificadas de análise, monitoramento e comunicação, tendo como objetivo avaliar um sistema dentro de uma realidade conceitual, permitindo a quantificação de fenômenos complexos (BÉLANGER et al., 2012; CLARO; CLARO, 2004; RAMETSTEINER et al., 2011; SINGH et al., 2012).

Portanto, a elaboração e acompanhamento desses indicadores possibilita analisar e acompanhar mudanças no processo produtivo e identificar até que ponto essas mudanças estão sendo eficazes no âmbito da sustentabilidade econômica, social e ambiental (CALLADO, 2010). Dessa forma, o uso dos indicadores torna factível e efetiva a operacionalização do conceito de produção sustentável (RIGBY et al., 2001), sendo muitos úteis ao simplificar e resumir a informação obtida das atividades sendo avaliadas, além de possibilitar a análise dessas atividades mesmas em relação às suas características (GÓMEZ-LIMÓN; SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010).

Esta perspectiva multidimensional requer que a dimensão econômica seja viável, a social tenha aceitabilidade e a ambiental apresente capacidade de suporte, característica que dificulta a sintentização desses aspectos em uma única dimensão (e.g. indicadores compostos) que pode ser utilizada tanto para a formulação de políticas, para fins metodológicos (GERDESSEN; PASCUCCI, 2013), tomada de decisão e gerenciamento da produção.

Quadro 3 – Tipo de Indicadores.

| Tipo de Indicadores | Significado |
|---|--|
| Simples | Resultam da medição ou estimação de uma variável indicativa, articulando valores relativamente simples (por exemplo, número total; concentração; proporção) |
| Compostos | Obtêm-se pela agregação de muitas variáveis ou indicadores simples |
| Quantitativos | Resultam, na sua maioria de algum cálculo ou procedem de parâmetros quantitativos, sendo expressos em números |
| Qualitativos | Medem as mudanças nas atitudes e no comportamento |
| Vínculo | Indicam e julgam interações de grande importância para o desenvolvimento sustentável, tais como a interação entre atividades econômicas e seus efeitos sociais e ambientais |
| Distância à meta | Utilizados para indicar a "distância" que separa o cumprimento dos objetivos e metas, permitindo que se estabeleçam prioridades |
| Metas ou resultados | Identificam o grau de satisfação dos resultados, em termos qualitativos e quantitativos, face ao esperado. Constituem uma medida de eficiência, já que valorizam os resultados em função dos recursos aplicados |
| De processo e de disponibilidade de <i>inputs</i> | Relacionam-se com a metodologia e as estratégias seguidas, referindo-se ao "como" se faz a intervenção, isto é, a maneira como se vão obtendo os resultados |
| Impacto | Medem o grau de transformação da realidade como consequência, direta ou indireta, prevista ou não precisa, das ações realizadas e seus resultados |
| Meios | Dão a conhecer a natureza e o volume de fatores (humanos, materiais ou outros) utilizados diretamente na concretização de uma atividade |
| Realização | Quantificam as ações desenvolvidas na concretização de uma atividade de modo a permitir a sua avaliação (volume de produção ou de desempenho) |
| Diretos | Medem a condição do objeto que está para ser protegido, sendo usados para monitorar o ambiente e indicar efeitos indesejáveis sobre ele |
| Indiretos | Baseiam-se no nível da exploração, regional, ou em outros parâmetros, tendo muito pouco a ver com os efeitos reais no ambiente |
| Parâmetros proxies | Permitem aproximações, em função das correlações existentes, com o aspecto que se quer conhecer, mas que por alguma razão não pode ser avaliado ou é de avaliação difícil ou cuja avaliação tem um custo elevado |
| Cripto-indicadores | São indicadores inconscientes que existem no entendimento popular, fazendo parte do conhecimento de anciões de alguns povos |
| Objetivos | Medem dados físicos |
| Subjetivos | Desenvolvem-se de acordo com a percepção política, valores, perspectivas e preferências individuais, podendo ser diferentes de um para outro indivíduo |

Fonte: Adaptado de Costa (2010).

Dessa forma, para a avaliação e análise da sustentabilidade levando em consideração as escalas ambiental, econômica e social, por meio de indicadores, Böhringer e Jochem (2007) e Gómez-Limón e Sanchez-Fernandez (2010) sugerem o desenvolvimento e utilização de indicadores compostos de caráter multidimensional. De forma que o conjunto de valores dos indicadores – nos aspectos econômicos, ambientais e sociais – recebem pesos e são assim combinados (BÖHRINGER; JOCHEM, 2007). Espera-se, assim, que forneçam uma representação consistente da sustentabilidade dos sistemas agrícolas nos aspectos ambientais, econômicos e sociais (VAN CAUWENBERGH et al., 2007).

Os indicadores compostos possuem vantagens e desvantagens (SAISANA; TARANTOLA, 2002). Como vantagens, pode-se elencar que eles conseguem resumir as realidades complexas e multidimensionais apoiando os tomadores de decisão, são mais fáceis de interpretar quando comparados com indicadores separados, conseguem avaliar o progresso da unidade de análise (fazendas, regiões, países e/ou sistemas de produção) no decorrer do tempo, reduzem os conjuntos de indicadores em uma unidade única de análise, facilitam a comunicação e o fornecimento de informações com o público geral, possibilitam a análise do desempenho e progresso da unidade de análise em discussões políticas, permite a comparação de dimensões complexas de forma eficaz. Por outro lado, como desvantagens pode-se destacar o fornecimento de informações distorcidas, quando não bem elaborados ou mal interpretados, podendo disfarçar e esconder falhas ou dimensões caso o processo de elaboração do indicador não seja transparente (SAISANA; TARANTOLA, 2002). Uma interessante discussão sobre os prós e contras do uso de indicadores compostos também foi apresentada por Gomez-Limón e Sanchez-Fernandez (2010).

Neste sentido, compostos ou simples, os indicadores devem estar conformes com premissas gerais que avaliam a sua efetividade a partir da sua relevância, qualidade e disponibilidade de dados (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; THOMASSEN; DE BOER, 2005), conforme apresentado no Quadro 4. Estas premissas possuem definições específicas pontuadas por Thomassen e de Boer (2005, p. 191-192):

Um indicador é relevante quando fornece informações pertinentes sobre o sistema em análise (i.e. possui elevado grau de relevância na questão que está sendo abordada) e quando é compreensível para todos os *stakeholders* envolvidos. [...]

Um indicador é de boa qualidade quando é confiável e sensível, e também se for capaz de mensurar um determinado valor ou dar uma possível tendência. O indicador é confiável quando resultados similares são obtidos através de levantamentos repetidos em períodos diferentes ou se realizadas por outras pessoas. Um indicador é sensível quando consegue captar mudanças relevantes no decorrer do tempo e espaço. Para melhorar o desempenho de um indicador ambiental é necessário que ele seja capaz de fornecer uma tendência ou um valor específico. [...]

Um indicador deve ser baseado em dados disponíveis, ou seja, utilizar informações que estejam disponíveis ou que possam ser coletadas, mas que sejam viáveis tecnicamente e financeiramente. [...]

Quadro 4 – Critério para avaliação dos indicadores de sustentabilidade e para escolha apropriada de um grupo de indicadores em relação às análises e objetivos.

| Critério de Seleção | | Descrição | |
|-----------------------|----------------------------|--|--|
| Critério de Avaliação | Relevância | Contexto e objetivos | Apropriado para o contexto e os objetivos |
| | | Escalas de análise | Apropriado para escalas espaciais e temporais |
| | | Validade | Submetido a processo de validação |
| | | Solidez analítica | Qualidade do tipo do indicador e as informações providas pelos resultados do indicador |
| | | Validação Social | Reconhecimento pelos usuários finais |
| | Praticabilidade | Mensuração | Método de cálculo e disponibilidade de dados |
| | | Quantificação | Quantitativo |
| | | Compatibilidade | Compatibilidade com o método de agregação |
| | | Transferível | Relevante para diferentes tipos de fazendas |
| | Valor para o usuário final | Habilidade de resumo | Capacidade de simplificar e resumir processos |
| | | Compreensão | Claro, compreensível e de fácil interpretação |
| | | Valores de referência | Disponibilidade dos valores de referência |
| | | Relevância política | Relacionado a medidas políticas |
| | | Liberdade | Pode ser influenciado pelo fazendeiro |
| | Grupo de indicadores | Representação do sistema | Sistema de representação compreensível e confiável |
| Parcimônia | | Sem redundância | |
| Consistência | | Complementaridade para uma interpretação apropriada | |
| Suficiência | | Integração de todos os objetivos de sustentabilidade | |

Fonte: Adaptado de Lebacqz, Baret e Stilmant (2013).

Resultados encontrados por Van Passel et al. (2007), apontam que os indicadores são necessários para saber se uma dada organização está movendo-se em direção a ou em sentido contrário à sustentabilidade, podendo ser utilizados para educar os produtores agropecuários e outros *stakeholders* em relação à produção sustentável (ou o desenvolvimento sustentável da produção agropecuária). Além disso, os indicadores proporcionam aos produtores rurais uma ferramenta para mensuração de suas atividades em direção à sustentabilidade, o que possibilita fazer o comparativo do desempenho econômico, social e ambiental e outros aspectos da produção de diferentes propriedades (*ranking*).

Isso favorece o fornecimento de informações para a tomada de decisão de políticas públicas e dos próprios agentes do setor do ponto de vista da sustentabilidade e estratégico no agronegócio (BUYS et al., 2014; GÓMEZ-LIMÓN; RIESGO, 2009; GÓMEZ-LIMÓN; SANCHEZ-FERNANDEZ, 2010). De forma que os resultados devem trabalhar como um *benchmarking*, necessário para avaliar as políticas corporativas e o nível de desempenho das atividades em análise. Assim, indicadores de sustentabilidade devem prover informações essenciais relacionadas aos sistemas econômicos, ambientais e sociais (BUYS et al., 2014; CLIFT, 2003; DOLMAN et al., 2014; VELEVA et al., 2001).

Dentro deste contexto, os indicadores são geralmente específicos a uma dada situação, levando em conta o tipo de grupo que está sendo pesquisado e o foco da análise, sendo utilizados para coleta, processamento e uso dos dados. As análises variam de acordo com a escolha dos tipos de indicadores, do grupo de pessoas que estão elaborando o ferramental de análise e também do contexto temporal em que está inserido. É um ferramental complexo que cria uma diretriz para a avaliação de diversos sistemas produtivos, além de auxiliar no processo de tomada de decisão e gestão internamente à atividade, para os *stakeholders* que estão ligados à atividade sendo estudada e também na elaboração de políticas. Os indicadores quando bem elaborados podem ser utilizados como referência para mostrar os pontos fortes e fracos do sistema em análise (BUYS et al., 2014).

O uso de indicadores tornou-se uma ferramenta de extrema relevância, já que propicia a aferição e a tomada de decisão de mudanças e estratégias que devem ser adotadas pelos sistemas produtivos para alcançarem as metas e objetivos das empresas. Mesmo que hoje em dia um número significativo de *frameworks* seja proposto, sua utilização é desgastante

e morosa em decorrência da complexidade inerente ao seu uso. Existe também dificuldade em reduzir o número de indicadores, assim como para agregá-los, devido à quantidade de indicadores que são propostos durante a coleta de dados em estudos de caso (RIPOLL-BOSCH et al., 2012). Além disso, os pontos críticos para a sustentabilidade (e seus valores de referência) podem variar através das escalas espaciais e temporais de modo que a relevância de certos indicadores não será a mesma para diferentes níveis de intensificação, regiões agroecológicas, contexto socioeconômico ou períodos diferentes (FERNANDES; WOODHOUSE, 2008).

As características acima citadas, tornam a comparação da sustentabilidade, com a utilização de múltiplos indicadores para diferentes fazendas que possuem variados sistemas e regiões de produção, um desafio, se não impossível (RIPOLL-BOSCH et al., 2012). Apesar disso, embora não seja possível realizar a medição precisa da sustentabilidade na agricultura, “quando critérios ou parâmetros específicos são selecionados, é possível dizer se algumas tendências são estáveis, ou estão subindo ou descendo” (PRETTY, 1995).

Para que se possa alcançar a produção sustentável, as organizações devem modificar e adaptar os seus processos produtivos, implicando na estruturação de sistemas de produção que reduzam e causem impactos negativos mínimos ao meio ambiente e à sociedade, oferecendo dessa forma produtos e serviços que contribuam para o desenvolvimento sustentável (CORAL, 2002).

Dentre os pilares da sustentabilidade, é importante ressaltar que a questão ambiental dentro do processo gerencial é o último aspecto a ser atribuído, além de ser também o mais complexo na formulação de um sistema administrativo dentro de uma empresa (SCHIEFER, 2002). Portanto, para que esse processo gerencial com foco em sustentabilidade ocorra, é necessário que haja o entendimento, o acompanhamento e aprimoramento dos processos que nele estão envolvidos. Para isso, é interessante o uso de indicadores de sustentabilidade que têm como característica serem dinâmicos e evolucionários no decorrer do tempo, conforme apresentado na Figura 7, e também focados na medição desses objetivos para uma dada organização (VELEVA et al., 2001). A complexidade no processo do gerenciamento ambiental resulta que esse seja o último passo na elaboração de um conceito abrangente no gerenciamento de processos (SCHIEFER, 2002). De acordo com Veleva et al. (2001), para o desenvolvimento e a

utilização desses indicadores é necessária cooperação e coordenação entre as organizações, comunidades e governos em diferentes níveis – local, regional, nacional e internacional.

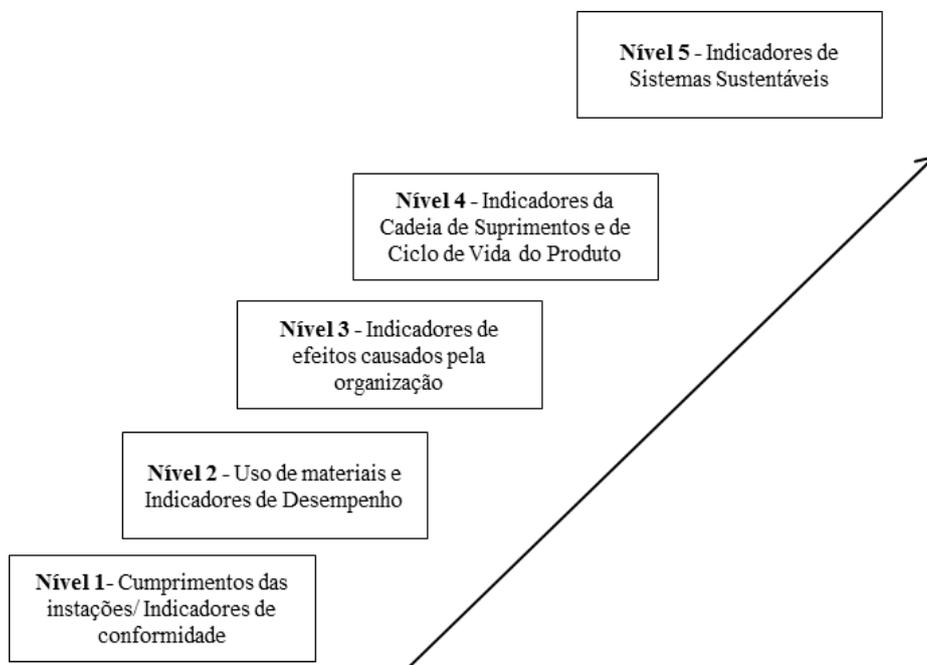


Figura 7 – *Framework* evolucionário da elaboração e acompanhamento de indicadores de sustentabilidade.

Fonte: Veleva et al. (2001).

3.3 Indicadores de sustentabilidade na agropecuária

Na literatura, é encontrado um grande número de indicadores focados na produção agrícola quando comparados aos elaborados para a produção pecuária. Apesar disso, poucas publicações em revistas científicas brasileiras são encontradas com relação ao desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para aplicação prática no meio rural. Notaram-se poucas publicações e certa diversidade dentre os trabalhos realizados, mas, ainda assim, alguns importantes programas são desenvolvidos nacionalmente com essa finalidade.

Em 2010, foi lançado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) o Programa de Fazenda Pantaneira Sustentável, como um suporte à decisão para avaliar a sustentabilidade da atividade pecuária no Pantanal (LIMA et al., 2012). Outro sistema integrado de mensuração foi desenvolvido em Minas Gerais, denominado Indicadores de

Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA), que tem a finalidade de auxiliar na gestão de estabelecimentos rurais com a medição do desempenho econômico, social e ambiental (FERREIRA et al., 2012).

Em 2003, a Embrapa Meio Ambiente também publicou um livro que contém indicadores de sustentabilidade focados no agronegócio e um sistema (APOIA-Novo Rural) de indicadores voltados à avaliação de impactos para a gestão ambiental de atividades rurais. O *software* aborda cinco dimensões de sustentabilidade: i) Ecologia da paisagem; ii) Qualidade ambiental (atmosfera, água e solo); iii) Valores socioculturais; iv) Valores econômicos; e v) Gestão e Administração, e os indicadores (62 ao todo) que compõem essas dimensões foram elaborados de forma que seja possível aplicar o método APOIA – Novo Rural em qualquer tipo de estabelecimento agropecuário (RODRIGUES et al., 2010).

Internacionalmente, há uma gama diversa de publicações que abordam esse tema em várias regiões e para diferentes sistemas produtivos. Além da diversidade, há falta de padronização, já que inúmeros indicadores foram criados com propósitos específicos para cada um dos casos estudados. Tal fato dificulta a agregação, o uso desses mesmos indicadores para outros estudos e a comparação entre eles. Além disso, a gama é muito maior na agricultura do que na produção pecuária.

Lebacqz, Baret e Stilmant (2013) realizaram um levantamento dos diversos indicadores de sustentabilidade elaborados para a aplicação prática em propriedades rurais pecuárias nos diferentes níveis: econômico, social e ambiental. Os autores também encontraram uma grande diversidade no tipo de indicadores elaborados, assim como na forma de análise e mensuração, e observaram também que, na literatura, a avaliação da sustentabilidade foca principalmente a dimensão ambiental, deixando algumas vezes de lado as dimensões econômicas e sociais.

Para uma melhor análise, esses indicadores foram alocados em grupos dentro dos três níveis de sustentabilidade e foram divididos em subgrupos diferentes, conforme apresentado na Figura 8. Os sinais “+”, “+/-” e “-” foram utilizados para ilustrar a consideração e a relativa disponibilidade de indicadores para propriedades rurais para cada um dos subgrupos encontrados na revisão da literatura elaborada por esses autores.

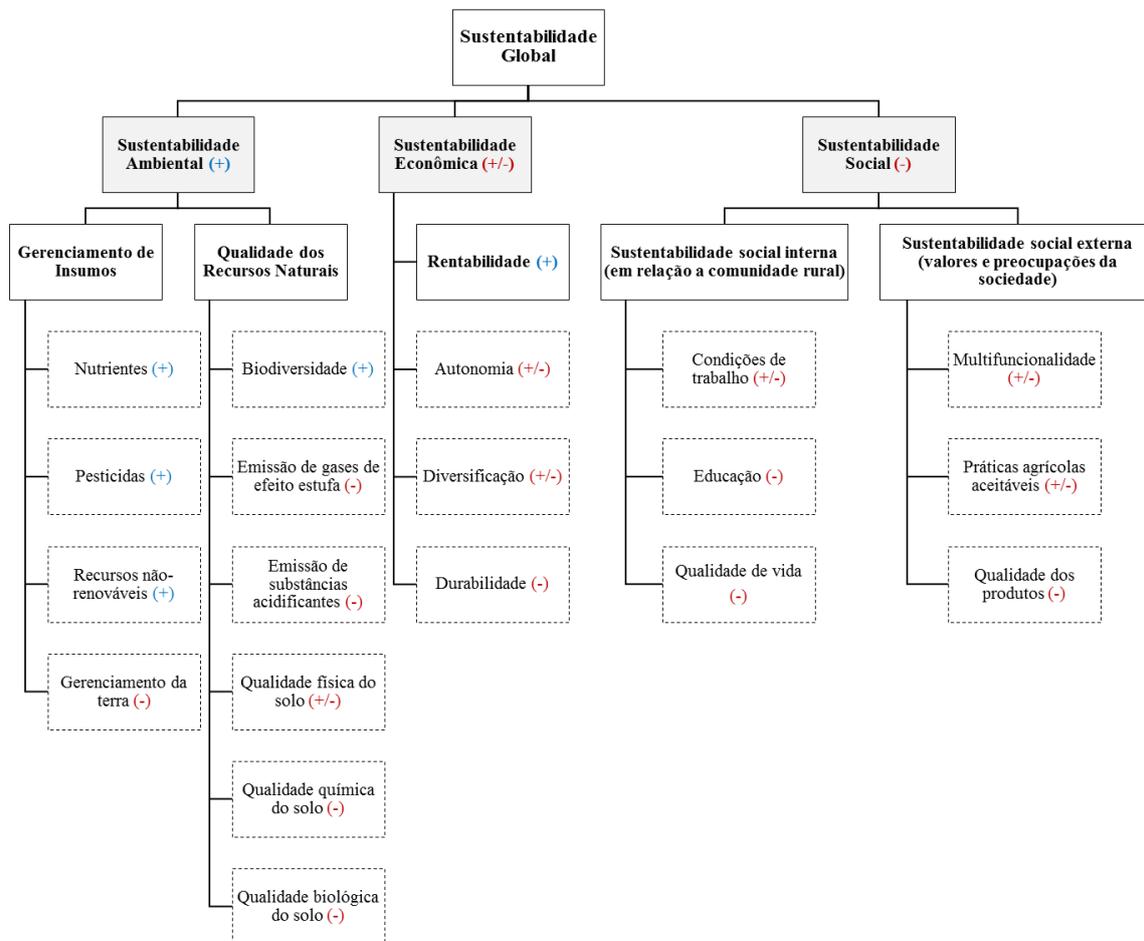


Figura 8 – Avaliação da sustentabilidade no nível da propriedade rural considerando as diferentes dimensões ambiental, econômica e social, dividido em diferentes subgrupos de acordo com a revisão elaborada desses indicadores.

Fonte: Lebacqz, Baret e Stilmant (2013).

Apesar disso, dentre todas as iniciativas criadas, algumas delas merecem destaque em razão de sua relevância, por serem passíveis de aplicação em estabelecimentos agropecuários em nível mundial e também por considerar a avaliação da sustentabilidade nas três dimensões: ambientais, sociais e econômicas (ACOSTA-ALBA; VAN DER WERF, 2011; COSTA, 2010; CRUZ, 2013). As iniciativas de maior relevância podem ser verificadas no Quadro 5. Destacam-se, assim: o FESLM (*Framework for Evaluating Sustainable Land Management*) (DUMANSKI; SMYTH, 1993, 1995); o MESMIS (*Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad*) (LÓPEZ-RIDAURA; MASERA; ASTIER, 2002); o IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) (ZAHM; VIAUX; VILAIN, 2008); o SAFE (*Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework*) (VAN CAUWENBERGH et al., 2007) e o RISE (*Response Inducing Sustainability Evaluation*) (GRENZ et al., 2009).

Quadro 5 – Descrição geral dos *frameworks* de avaliação de sustentabilidade com foco em propriedades agropecuárias: objeto de estudo, usuários alvo, objetivos e sistemas estudados.

| Método | Objeto | Usuários Alvo | Objetivo | Sistemas estudados | Desenvolvido por/Autor |
|-------------------------|--|---|--|--|---|
| FESLM | Sistemas agropecuários | Tomadores de decisão, fazendeiros, usuários da terra | Avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social no manejo da terra | Sistemas que utilizam terras (fazendas, regiões) | FAO Dumanski e Smyth (1995) |
| MESMIS | Sistemas agropecuários familiares (camponês) | Organizações de agricultura familiar, pesquisadores, agentes de desenvolvimento | Avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social de forma participativa e interdisciplinar | Sistemas de produção de agricultura familiar | México López-Ridaura, Masera e Astier (2002) |
| IDEA | Sistemas agropecuários | Tomadores de decisão, fazendeiros e formuladores de políticas | Avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social de uma determinada atividade agropecuária dado a região em que está inserida | Sistemas de produção agropecuária | França Zahm, Viaux e Vilain (2008) |
| SAFE | Sistemas agropecuários | Tomadores de decisão, pesquisadores | Identificar, desenvolver e avaliar localmente os sistemas agropecuários, políticas e técnicas mais sustentáveis nos níveis econômico, ambiental e social | Terras, fazendas, paisagens, nação | Bélgica Van Cauwenbergh et al. (2007) |
| RISE | Sistemas agropecuários | Tomadores de decisão, fazendeiros, pesquisadores | Avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social de uma determinada atividade agropecuária | Sistemas de produção agropecuária | Suíça Grenz et al. (2009) |
| APOIA-NOVO RURAL | Sistemas agropecuários | Tomadores de decisão, fazendeiros e o público em geral | Avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social de uma determinada atividade agropecuária | Sistemas de produção agropecuária | Brasil Rodrigues et al. (2010) |

Fonte: Adaptado de Acosta-Alba e Van der Werf (2011), Rodrigues et al. (2010), Van Cauwenbergh et al. (2007), Zahm et al. (2008), Grenz et al. (2009), Dumanski e Smyth (1995).

Elaborado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o **FESLM** (*Framework for Evaluating Sustainable Land Management* ou *Framework* para Avaliação da Gestão Sustentável dos Solos, em português) propõe que a gestão sustentável da terra é aquela que coordena tecnologias, políticas e ações visando a integração das considerações socioeconômicas com as ambientais. Essa avaliação é baseada em cinco pontos considerados fundamentais para uma gestão sustentável dos solos, sendo i) a produtividade, ii) a segurança da produção, iii) a proteção dos recursos naturais, iv) a viabilidade econômica e v) a aceitação social. Para essa avaliação, o FESLM considera princípios específicos para aplicação da metodologia, além de um “caminho lógico” de cinco níveis (Objetivo, Meios, Fatores de Avaliação, Critérios de Diagnósticos, Indicadores e Limites) que buscam conectar as distintas formas do uso da terra com as características ambientais do sistema. Esse método é projetado para ser uma escala neutra, podendo ser utilizado tanto em fazendas, individualmente, como em grandes áreas (DUMANSKI; SMYTH, 1995).

O **MESMIS** (*Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad* ou Marco para a Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade, em português), por sua vez, foi idealizado e elaborado pelo *Grupo Interdisciplinario de Tecnologia Rural Apropriada* (GIRA), situado no México, com a ideia de desenvolver e difundir ferramentas para a avaliação da sustentabilidade de manejo de recursos naturais de forma multidimensional (econômica, ambiental e social) com foco na produção familiar e de pequeno porte. É aplicado em diferentes estudos de caso e tem como objetivo aumentar o interesse de indivíduos e instituições no tema, buscando difundir e facilitar a sua aplicação (LÓPEZ-RIDAURA; MASERA; ASTIER, 2002). Segundo Speelman et al. (2007 p. 137), “o MESMIS é primeiramente uma ferramenta de planejamento para melhora dos sistemas pela sustentabilidade, guiada com a avaliação por meio de indicadores da sustentabilidade de maneira sistemática, participativa e interdisciplinar”. É um método *bottom-up* que está baseado sistematicamente em sete atributos: i) produtividade; ii) estabilidade; iii) confiabilidade; iv) resiliência; v) adaptabilidade ou flexibilidade; vi) equidade e; vii) independência/auto capacitação (LÓPEZ-RIDAURA; MASERA; ASTIER, 2002; RIPOLL-BOSCH et al., 2012; SPEELMAN et al., 2007). Ao final de todas as etapas operacionais desse método, é possível analisar os aspectos do

sistema que está sendo avaliado de forma a torná-lo mais sustentável e assim iniciar um novo processo de avaliação (LÓPEZ-RIDAURA; MASERA; ASTIER, 2002).

O **IDEA** (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles* ou Indicadores de Sustentabilidade de Propriedades Agrícolas, em português) foi elaborado por pesquisadores franceses com o objetivo de avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social de uma determinada atividade agropecuária na região em que está inserida. Este método é estruturado em três escalas de sustentabilidade, a agroecológica, a sócio-territorial e econômica, categorias que são divididas em subcomponentes e estes são compostos por indicadores (totalizando 41 elementos individuais). Assim, no total, o IDEA é composto por 16 objetivos: Consistência, Gestão cuidadosa dos recursos naturais não renováveis, Conservação e gestão da biodiversidade, Desenvolvimento local, Preservação dos Solos, Práticas de cidadania e socialmente consciente, Preservação e gestão da água, Desenvolvimento Humano, Preservação da atmosfera, Qualidade de vida, Qualidade do produto, Adaptabilidade, Ética, Emprego, Preservação das Paisagens e Bem-estar animal (VILAIN, 2008).

Criado pela *Belgian Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs* em parceria com a *Université Catholique de Louvain* e a *Katholieke Universiteit Leuven*, o **SAFE** (*Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework* ou *Framework para Avaliação da Sustentabilidade da Produção Agropecuária e do Meio Ambiente*, em português) tem como princípios gerais alcançar a sustentabilidade no caráter multifuncional que os agroecossistemas possuem nos planos econômico, ambiental e social. Para isso, ele é composto por quatro níveis hierárquicos que facilitam a formulação desses indicadores de sustentabilidade de forma consistente e coerente, são eles: i) princípios (condições gerais para alcançar a sustentabilidade), ii) critérios (objetivos específicos mais concretos para poder elaborar os indicadores), iii) indicadores (devem descrever as características dos agroecossistemas, sendo variáveis de qualquer tipo que podem ser avaliadas) e iv) valores de referência (é o nível de sustentabilidade desejado para cada indicador). Sendo que os indicadores e os valores de referência são os produtos finais deste *framework* da mesma forma que as ferramentas operacionais que foram utilizadas para a avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas. O quadro SAFE permite uma avaliação baseada tanto na comparação do valor do indicador com o valor de referência previamente definido, quanto na comparação dos valores dos indicadores de diferentes sistemas (VAN CAUWENBERGH et al., 2007).

O **RISE** (*Response-Inducing Sustainability Evaluation* ou Avaliação da Sustentabilidade de Indução-Reposta, em português) foi desenvolvido pelo *Swiss College of Agriculture (SHL)* e tem como objetivo reduzir a distância entre o produtor agropecuário e os métodos de avaliação de sustentabilidade. A avaliação da sustentabilidade proposta por este *framework* engloba a produção agropecuária na fazenda dentro do período de um ano, com a coleta de dados e informações nos aspectos econômico, ambiental (ecológico) e social mediante aplicação de um questionário respondido pelo produtor rural. De forma que o desenvolvimento sustentável é interpretado nesse método como antropocêntrico, dinâmico e holístico. Para isso, o RISE tem um conjunto de 51 parâmetros (ou indicadores) que estão enquadrados nas dinâmicas ambiental (uso do solo, produção animal, fluxo de nutrientes, uso da água, energia e clima, biodiversidade e proteção de plantas), social (condições de trabalho e qualidade de vida) e econômica (viabilidade econômica e gestão da fazenda) (GRENZ et al., 2009).

Neste contexto amplo e variável para elaboração dos indicadores de sustentabilidade e escolha de um *framework* específico para análise, Van Passel e Meul (2012) elaboraram uma revisão de literatura das diferentes ferramentas para avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção agropecuários e verificaram que existem distintas abordagens e exigências e que o seu uso e escolha depende, principalmente, dos grupos (fazendeiros, formuladores de políticas) que utilizarão (usuários finais) os resultados. Os autores puderam concluir que ferramentas visuais são mais apropriadas para informar os fazendeiros sobre a sustentabilidade no nível das fazendas. Enquanto que os formuladores de política possuem mais benefícios com a utilização de ferramentas numéricas que são aplicadas para mensurar a sustentabilidade na escala de fazendas, setores ou regiões.

Essa divergência de ferramentas e focos de análise levam à busca da criação de *frameworks* que sejam passíveis de serem utilizadas por diversos tipos de usuários e que tenham múltiplos de níveis de análise. Apesar dessa necessidade, Van Passel e Meul (2012) apontaram que uma ferramenta mais ampla pode dificultar a avaliação da sustentabilidade de casos específicos em razão da diversidade que é necessária para esse tipo de avaliação. De acordo com os autores, uma ferramenta desse tipo não é viável e desejável em razão das grandes limitações que isso pode trazer, principalmente, por ser necessário levar em conta os diferentes valores dos *stakeholders* específicos para cada setor de produção, país, região, entre outros. Uma avaliação da sustentabilidade abrangente (multinível) requer uma clara identificação das necessidades dos diferentes

níveis e usuários finais envolvidos na análise, além dos aspectos relevantes de sustentabilidade numa perspectiva ampla.

Conforme apresentado no decorrer deste capítulo, a temática da sustentabilidade na produção agropecuária é complexa e possui diversas particularidades. Uma grande gama de indicadores e também *frameworks* são encontrados na literatura para avaliar e direcionar este setor. Apesar disso, vale a pena destacar o ponto enfatizado por Riley (2001), da atual “explosão de indicadores” na agropecuária. Esse fenômeno explica a grande diversidade metodológica e os diversos tipos de indicadores recomendados para a avaliação da sustentabilidade.

Verificou-se neste capítulo um leque de abordagens existentes que são complexas e demandam elevado tempo para aplicação. Além de exigirem, geralmente, um detalhamento elevado dos dados que serão utilizados para análise. Outro ponto que merece destaque é a característica intrínseca dos diversos *frameworks* aqui elencados para fins políticos e de pesquisa, não enfatizando a utilização prática dos mesmos pelos próprios produtores rurais, o que reflete na maior complexidade para utilização dos mesmos. Por final, verificou-se também a maior proporção de trabalhos realizados fora do país, havendo poucos ferramentais que são adequados e direcionados para a realidade brasileira.

Devido a esse grande leque de aplicações e ferramentais, buscou-se no capítulo seguinte detalhar a forma em que a avaliação da sustentabilidade se enquadra na produção leite. Para isso, foi realizada revisão de literatura com a finalidade de verificar *frameworks* e resultados que mais se adequam aos objetivos propostos por este trabalho.

4 SUSTENTABILIDADE: SUA AVALIAÇÃO NA PRODUÇÃO DE LEITE

Para entender a sustentabilidade na produção de leite, é imprescindível saber que essa indústria é composta por um sistema complexo. De forma que grande parte dos efeitos (econômicos, ambientais e sociais) resultantes da evolução da produção dos agentes que compõem esta indústria (produtor rural, processamento, distribuição, intermediários), são difíceis de serem previstos e controlados. Há uma significativa gama de fatores e de processos em constante interação que refletem diretamente na sustentabilidade global dessa indústria, conforme constatado por Johnson e Mengersen (2012, apud Buys et al., 2014, p. 185):

[...] Indústrias primárias funcionam em contextos que vão desde as fazendas, indústrias de processamento até o mercado, e são afetadas e também impactadas por fatores ambientais, sociais e econômicos. Estas indústrias podem reagir a esses impactos se auto-organizando (nem sempre de forma positiva), na medida em que não requerem intervenção externa para que prosperem ou se deteriorem. Elas podem apresentar também um comportamento emergente, e uma vez que se intervém em uma parte do sistema de sustentabilidade isto pode resultar em efeitos indesejados e extremos em outras partes que são aparentemente independentes do mesmo.

Neste sentido, entender a dinâmica da sustentabilidade na indústria do leite é um processo complexo e demanda conhecer em detalhes os diversos segmentos que a compõem. Desta forma, nos subtópicos seguintes percorridos neste trabalho, seguindo os seus objetivos propostos, é tratado o tema da sustentabilidade no segmento primário (fazendas produtoras de leite), as diversas formas de avaliação que já foram utilizadas e, por final, uma discussão dos principais pontos na avaliação da sustentabilidade na produção de leite.

4.1 O equilíbrio da sustentabilidade

Conforme comentado em tópicos anteriores, a produção mundial de leite tem aumentado continuamente. Esse acréscimo não é semelhante nas diversas regiões produtoras, já que algumas delas têm mais espaço para o incremento da produção e também da produtividade, como é o caso, principalmente, dos países em desenvolvimento (GERBER et al., 2011; HAGEMANN et al., 2011). Isto ocorre porque de região para região são

encontrados sistemas de produção diferentes, com particularidades que variam em razão da localização geográfica, das condições edafoclimáticas, das questões econômico-sociais e culturais, da adoção e disponibilidade de tecnologias e de diversos outros fatores que influenciam economicamente, ambientalmente e socialmente o seu desempenho (DOLMAN et al., 2014). Portanto, notando-se o espaço que há para o acréscimo da produção, ressalta-se ainda mais a importância de que os governos, produtores rurais, *stakeholders* e a sociedade fiquem atentos aos efeitos econômicos, ambientais e sociais internos e externos⁷, positivos ou negativos, que podem decorrer dessa evolução (VAN CALKER et al., 2005).

Mesmo que o objetivo da produção de leite esteja ligado principalmente à geração de retornos econômicos (VAN DE HAAR; ST-PIERRE, 2006), os produtores não podem esquecer que a sua produção também deve ter resultados ambientais e sociais aceitáveis (THOMASSEN et al., 2009), um grande desafio, já que o melhor desempenho global da atividade depende da gestão e também de práticas operacionais que tenham uma visão mais holística da atividade.

Normalmente, o melhor desempenho econômico é buscado com a maximização da produção de leite por animal, o que reflete no aumento da produtividade (O'BRIEN et al., 2014), mas não necessariamente em efeitos positivos ambientais e sociais (POWELL; RUSSELLE; MARTIN, 2010; THOMASSEN et al., 2009). Da mesma forma que, por outro lado, uma fazenda de leite com foco em impactos ambientais reduzidos não é necessariamente associada com uma fazenda economicamente viável (THOMASSEN et al., 2009). Esse comportamento torna fundamental o entendimento da relação entre a viabilidade econômica e o impacto ambiental na produção de leite, e com isso, melhorar a compreensão da sustentabilidade neste setor, além de também auxiliar na tomada de decisão (NORRIS, 2001).

Dentro desta relação de *trade-off* entre os pilares econômico, ambiental e social, torna-se ainda mais relevante estudar a otimização do uso de recursos, já que há o potencial de maximizar a rentabilidade dos sistemas de produção de leite e também melhorar a

⁷ Conforme apontado por Van Calker et al. (2005), a sustentabilidade social refere-se à sustentabilidade social externa, enquanto que a saúde física é relacionada com a sustentabilidade social interna de uma dada atividade.

sustentabilidade ambiental (CAPPER; CADY; BAUMAN, 2009) e social da atividade (BUYS et al., 2014; DOLMAN et al., 2014; VAN CALKER et al., 2005).

Além disso, a produção de leite merece significativa atenção, pois difere de outros setores da agricultura, já que tem na sua atividade a combinação de dois tipos de processos produtivos, a produção animal (leite) e a produção agrícola (forragens) (VAN CALKER et al., 2005). Sendo necessário então seguir quatro etapas para poder avaliar a sua sustentabilidade: 1) descrição do problema/situação; 2) identificação e definição de questões e atributos econômicos, sociais e ecológicos relevantes; 3) seleção e quantificação de indicadores de sustentabilidade adequados e; 4) agregação das informações dos indicadores para contribuição global do desenvolvimento sustentável (BELL; MORSE, 1999; MOLLENHORST; BERENTSEN; DE BOER, 2006).

É interessante destacar o estudo realizado por Van Calker et al. (2006), que identificaram os principais atributos para avaliar a sustentabilidade na produção de leite em fazendas na Holanda, nos aspectos econômico, ambiental e social (externo e interno), conforme apresentado na Figura 9. Dentre esses aspectos, apenas um atributo foi selecionado para a sustentabilidade econômica e outro para a sustentabilidade social interna, a rentabilidade e as condições de trabalho, respectivamente. Já a sustentabilidade social externa é formada por um conjunto de atributos que são principalmente: a segurança alimentar, saúde animal, bem-estar animal, qualidade da paisagem e a criação dos animais. Equanto para a sustentabilidade ambiental (ecológica) foram elencados: eutrofização, poluição dos lençóis freáticos, desidratação do solo, acidificação e biodiversidade.

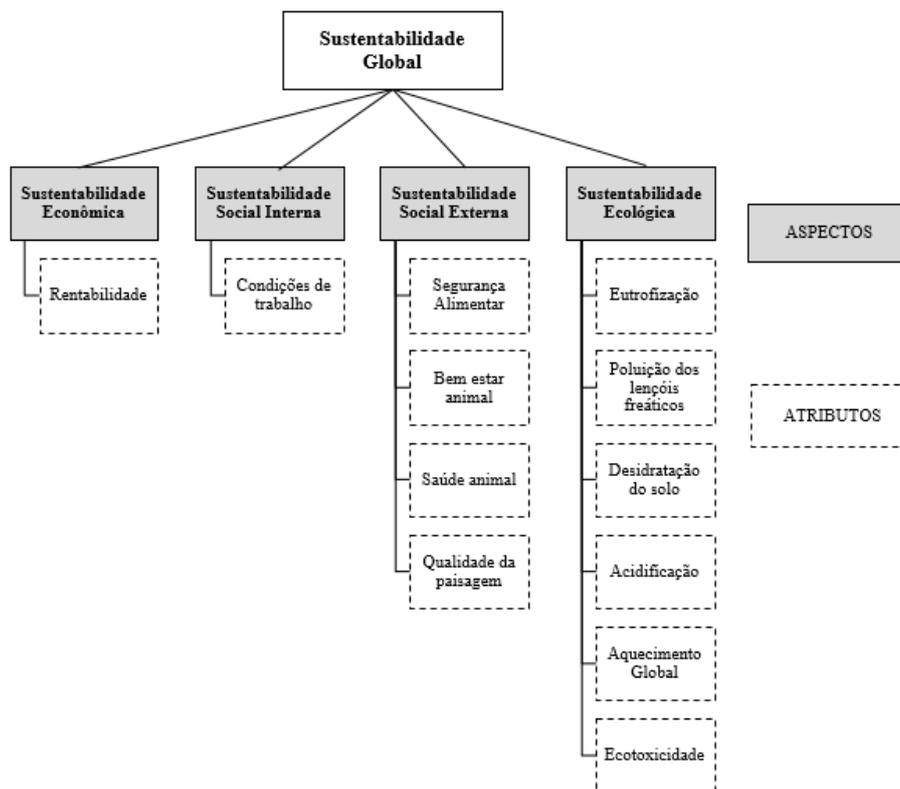


Figura 9 – Decomposição da sustentabilidade global de fazendas de leite em aspectos e atributos. Fonte: Van Calker et al. (2006).

Mesmo com a definição dos atributos, há uma dificuldade na combinação dos mesmos dentro de uma função de sustentabilidade que tenha uma análise global desse aspecto. Além disso, muitas vezes, os grupos de *stakeholders* avaliam a sustentabilidade sob diferentes visões e, geralmente, devem ser consultados para poder determinar a sustentabilidade (VAN CALKER et al., 2006).

Portanto, há uma complexidade inerente à produção de leite para que se consiga avaliar a sua sustentabilidade. De forma que entender os fatores de análise, ou os atributos – como mencionado por Van Calker et al. (2006) – e, em um segundo momento, relacionar e conseguir maximizar a sustentabilidade econômica, social e ambiental utilizando esses fatores de base é um desafio do ponto de vista da produção e da gestão desta atividade, sendo necessário, portanto, conhecer detalhadamente como ela se estabelece.

4.2 Avaliação da sustentabilidade

Um levantamento sistemático dentro da literatura científica foi realizado para encontrar os principais trabalhos que focaram na avaliação da sustentabilidade na produção

primária de leite. Assim, foram encontrados diversos autores e trabalhos que discutem este tema, na área da administração, economia e produção. Para esse levantamento, utilizou-se a base de periódicos internacionais do ScienceDirect, Web of Knowledge, Ebsco e Scielo, além de bases nacionais, e os critérios de busca decorreram da relevância do periódico e de palavras-chave específicas, tais como: *dairy sustainability performance*, *dairy sustainability analysis*, *dairy sustainability production performance assessment*, *dairy sustainability management*, *dairy sustainability assessment*.

Foram encontrados diversos trabalhos a partir do processo destacado no parágrafo anterior, de forma que foram classificados e selecionados a partir da sua aderência ao tema desta pesquisa.

Dessa forma, seguindo a necessidade de entender e avaliar a sustentabilidade da produção de leite, diversos autores (BÉLANGER et al., 2012; BERRE et al., 2014; BUYS et al., 2014; CRUZ, 2013; DOLMAN et al., 2014; GAUDINO et al., 2014; GERBER et al., 2011; GUERCI et al., 2013; HAGEMANN et al., 2011; LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; O'BRIEN et al., 2014; OUDSHOORN et al., 2012; REINHARD; LOVELL; THIJSEN, 2000; THOMASSEN; DE BOER, 2005; THOMASSEN et al., 2009; VAN CALKER et al., 2006, 2008; VAN PASSEL; MEUL, 2012; VAN PASSEL et al., 2007, 2009) têm trabalhado com um variado leque de modelos nas diferentes dimensões que essa abordagem engloba, estudando as diferenças entre variados sistemas de produção, tecnologias utilizadas e regiões produtivas, conforme apresentado no Quadro 6 e Quadro 7. Apesar de alguns desses trabalhos terem bem definido o foco na sustentabilidade ambiental, outros ressaltam o *Triple Bottom Line* mas possuem, na maioria das vezes, uma grande ênfase nas questões econômica e ambiental, deixando de lado a sustentabilidade social (tanto interna, como externa). Esse foco, em apenas alguns dos pilares da sustentabilidade, também foi constatado em revisões de literatura realizadas por outros autores como Van Calker et al. (2007) e Lebacq et al. (2013). Além disso, a maior parte destes estudos utilizaram indicadores de sustentabilidade não agregados e também específicos, assim como também buscaram entender a relação entre os diferentes aspectos da sustentabilidade que foram analisados.

Alguns desses trabalhos merecem destaque devido ao método utilizado na análise, assim como aos resultados obtidos, já que apresentaram pontos em comum com os objetivos procurados nesta dissertação. De forma que são detalhados nos subtópico seguintes..

Quadro 6 – Diferentes abordagens utilizadas para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite. (continua...)

| Autor | Método | Indicadores* | | | | | Base de dados | Nível de Análise |
|--------------------------------|--|--------------|---|---|---|----|--|--|
| | | E | A | S | P | Ag | | |
| Bélangier et al. (2012) | Elaborou um <i>framework</i> para avaliar a sustentabilidade. Para isso utilizou os métodos Delphi, Grupo Focal e Entrevistas. Seguiu sistematicamente 6 etapas para a consolidação dos indicadores ambientais e a sua forma de agregação. | | X | | | | 40 fazendas produtoras de leite em duas regiões contrastantes no Canadá. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Berre et al. (2014) | Utilizou a Análise Envolvória de Dados (DEA) afim de verificar o <i>trade off</i> entre produtividade e a eficiência ambiental. | X | X | | X | | Dados de 51 fazendas produtoras de leite na região de Madagascar (Ilha Reunião). Obtidos de um centro de contabilidade e também com questionários. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Buys et al. (2014) | Utilizou um Modelo de Rede Bayesiana para avaliar a sustentabilidade da indústria de leite e desenvolveu, com os resultados, um <i>Scorecard</i> de Sustentabilidade agregado. | X | X | X | | X | Painel interativo com especialistas composto por <i>stakeholders</i> na Austrália. Além disso, fez o levantamento dos indicadores e mensurações na literatura disponível. | Fazendas/ Indústrias/ Distribuição |
| Cruz (2013) | Utilizou a metodologia RISE para avaliar a sustentabilidade de fazendas produtoras de leite. | X | X | X | X | | Avaliou 10 fazendas produtoras de leite localizadas em Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul no país. Os dados foram coletados mediante questionários. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Dolman et al. (2014) | Usaram um método estatístico para identificar os <i>benchmarkings</i> respectivos das fazendas INC (<i>Internal Nutrient Cycle</i>), os indicadores foram elaborados com base em ACV e calculados separadamente para posterior comparação. | X | X | X | X | | Utilizaram 9 fazendas produtoras de leite na região norte da Holanda e <i>benchmarkings</i> respectivos para os anos de 2008 e 2009, totalizando a observação de 56 fazendas <i>benchmarkings</i> . Base de dados do <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN) e do <i>Minerals Policy Monitoring Programme</i> (LMM). | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Gaudino et al. (2014) | Análise feita com Estatística Multivariada utilizou correlação de Pearson e Análise de Componente Principal. | X | X | | X | | Utilizaram 9 fazendas produtoras de leite na região norte da Itália. Os dados foram coletados com o uso de questionários. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Gerber et al. (2011) | Tomou por base a metodologia do ACV para calcular as emissões de GEE de diferentes regiões produtoras de leite ao redor do mundo. | | X | | X | | Usou banco de dados secundários (FAOSTAT, IFPRI, relatórios e anuários, artigos científicos e entrevistas com agentes do setor) - 155 países. | Países/ Regiões |
| Guerci et al. (2013) | Tomou por base a metodologia do ACV para quantificar os impactos ambientais de diferentes estratégias em fazendas intensivas de produção. | X | X | | | | Utilizaram 41 fazendas produtoras de leite na Itália. Dados coletados por meio de entrevistas e questionários. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Hagemann et al. (2011) | Tomou por base a metodologia do ACV para calcular as emissões de GEE de diferentes propriedades ao redor do mundo. | X | X | | X | | IFCN – 45 Fazendas Típicas de Leite em 38 países. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Lebacqz et al. (2013) | Fez uma extensa revisão bibliográfica sobre os indicadores de sustentabilidade e aplicou um <i>framework</i> proposto pelos autores para a seleção dos indicadores. | X | X | X | X | | Utilizou fazendas de leite e corte na Bélgica e identificou os indicadores utilizando um banco de dados secundário. | Fazendas/ Sistema de Produção |

Quadro 7 – Diferentes abordagens utilizadas para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite. (conclusão)

| Autor | Método | Indicadores* | | | | | Base de dados | Nível de Análise |
|---|--|--------------|---|---|---|----|--|----------------------------------|
| | | E | A | S | P | Ag | | |
| O'Brien et al. (2014) | Tomou por base a metodologia do ACV para quantificar os impactos ambientais pelas emissões de Gases de Efeito Estufa | | X | | X | | Utilizou dados existentes de propriedades de leite na Irlanda, Reino Unido e Estados Unidos, considerou sistemas produtivos de elevado Desempenho, tanto em confinamento como a pasto. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Oudshoorn et al. (2012) | Selecionou os indicadores a partir de estudos anteriores. Utilizou estatística simples para análise dos dados. | X | X | X | X | | Selecionou 10 fazendas produtoras de leite orgânico na Dinamarca que utilizam sistema automatizado de ordenha e outras 10 com sistemas convencionais. Os dados foram coletados mediante questionários. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Reinhard, Lovell e Thijssen (2000) | Utilizaram dois métodos para o cálculo da eficiência ambiental: Análise de Fronteiras Estocásticas (AFE) e Análise Envolvória de Dados (DEA) | | X | | X | | Utilizaram um banco de dados de 613 fazendas produtoras de leite na Holanda. Base de dados do <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN). | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Thomassen e de Boer (2005) | Avaliou os impactos ambientais por três métodos: i) contabilidade de entrada-saída (input-output); ii) análise da pegada ecológica e iii) análise de ciclo de vida (ACV). | | X | | X | | Foram utilizados dados de 8 propriedades comerciais produtoras de leite orgânico da Holanda. Dados primários. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Thomassen et al. (2009) | Os indicadores ambientais foram identificados pela visão da ACV. A relação desses indicadores com os econômicos foi realizada com estatística multivariada (Correlação de Pearson e Mínimos Quadrados Parciais). | X | X | | X | | 119 fazendas produtoras de leite na Holanda. Base de dados do <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN). | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Van Calker et al. (2006) | Utilizaram a Teoria da Utilidade Multiatributo para desenvolver uma função que avalie a sustentabilidade global de fazendas de leite. | X | X | X | X | X | Elaboraram a função com o uso de questionários e aplicaram em 4 fazendas experimentais da Holanda. | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Van Calker et al. (2008) | Desenvolveram e utilizaram um modelo que maximiza a sustentabilidade global na produção de leite. Esse modelo é uma síntese de: Programação Linear e Teoria da Utilidade Multiatributo. | X | X | X | X | X | Utilizaram duas propriedades produtoras de leite, uma orgânica e outra não na Finlândia. Base de dados do <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN). | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Van Passel e Meul (2012) | Combinaram dois métodos para avaliar e comparar a sustentabilidade de fazendas de leite e agrícolas ("aráveis"): 1) SVA (<i>Sustainable Value Approach</i>) e 2) MOTIFS (<i>Monitoring Tool for Integrated Farm Sustainability</i>). | X | X | X | X | X | 28 fazendas produtoras de leite e agrícolas na Bélgica. Base de dados do <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN). | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Van Passel et al. (2007) | Utilizou o Método de Valor Sustentável (SVA) para avaliar a sustentabilidade de fazendas de leite. Utilizou um <i>benchmarking</i> para poder comparar os resultados da amostra em análise. | X | X | X | X | X | 41 fazendas produtoras de leite na Bélgica. Base de dados do <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN) | Fazendas/ Sistema de Produção |
| Van Passel et al. (2009) | Método de Valor Sustentável (SVA) para avaliar a sustentabilidade de fazendas de leite. Usou Cobb-douglas e Translog para definição das fronteiras de eficiência utilizadas como <i>benchmarking</i> na análise. | X | X | X | X | X | 645 fazendas produtoras de leite na Bélgica. Base de dados do <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN). | Fazendas/ Sistema de Produção |

*E=Econômicos; A=Ambientais; S=Sociais; P=Produção; Ag=Agregados

4.2.1 Características estruturais, gerenciais, tecnológicas e sustentabilidade

Van Passel et al. (2009) tiveram como objetivo o uso mais “sustentável” da combinação dos recursos de produção (*inputs*) de sistemas de produção agropecuários, buscando manter a quantidade produzida (*outputs*) com o menor uso de recursos, ao invés do maior uso deles (ex. mão de obra, capital, energia/água, emissão de dióxidos de carbono etc.). Para isso, utilizaram uma abordagem econômica introduzida por Figge e Hahn (2004) denominada valor-orientado sustentável (em inglês, *value-oriented sustainable value approach - SVA*) que integra os aspectos econômicos, ambientais e sociais com foco no retorno que eles geram, ao invés de focar nos danos que eles causam, uma abordagem interessante, pois pode guiar onde os recursos devem ser alocados num dado sistema de produção. O Valor Sustentável é um tipo de mensuração monetária da sustentabilidade (VAN PASSEL et al., 2007). Este enfoque (de valor-orientado sustentável) avalia a sustentabilidade entre sistemas de produção a partir da comparação da produtividade dos recursos de um sistema com a produtividade dos recursos de um *benchmarking* respectivo (VAN PASSEL et al., 2009)

Portanto, a escolha do *benchmarking* é fundamental, principalmente pelo escopo político e empresarial da análise. Para isso, podem ser utilizados como *benchmarkings* valores associados ao melhor desempenho, assim como metas de desempenho para cada um dos recursos utilizados e, com isso, analisar os esforços de uma dada organização para alcançar a sustentabilidade (VAN PASSEL et al., 2007). Van Passel et al. (2009) propuseram a utilização de métodos de fronteiras paramétricas (fronteira estocástica) para conseguir avaliar a sustentabilidade entre sistemas de produção, seguindo a ideia proposta por Reinhard, Lovell e Thijssen (2000). Assim, após estimar as fronteiras de produção, foram utilizados tanto Cobb-Douglas como Translog como forma funcional para estimar os *benchmarkings* respectivos. Nesta abordagem utilizada por Van Passel et al. (2009), a empresa contribui para o desenvolvimento sustentável sempre que usa cada forma de capital de forma mais eficiente que outras empresas.

Por meio da combinação dos métodos acima descritos, Van Passel et al. (2009) conseguiram, em uma amostra de 645 fazendas produtoras de leite na Bélgica, determinar valores respectivos da sustentabilidade em cada uma delas. Verificaram também que as fazendas podem melhorar o seu Valor Sustentável (SVA) com o uso mais eficiente dos recursos de produção. Aumentando, dessa forma, a eficiência técnica e movendo-se no sentido da fronteira de produção. Em um segundo momento, os autores também

conseguiram verificar que as fazendas podem reduzir o total de recursos utilizados (*inputs*) mantendo a sua produção (*output*) inicial e, ainda, que elas também podem mudar a composição de seus recursos, deixando de desperdiçar e passando a criar valor a partir de outros recursos que entrem na atividade de forma mais eficiente.

Outros resultados encontrados por Van Passel et al. (2007) utilizando um método semelhante, concluíram em propriedades pecuárias produtoras de leite europeias que as características estruturais e gerenciais das propriedades rurais explicam as diferenças encontradas na sustentabilidade dessas atividades. Assim, verificaram que o tamanho das propriedades, idade do produtor rural e dependência de subsídios são características importantes que explicam as diferenças encontradas na eficiência sustentável. O modelo empírico criado por estes autores mostrou que, geralmente, propriedades maiores possuem uma maior eficiência no quesito sustentabilidade, resultado semelhante foi verificado quando os proprietários eram mais jovens. Além disso, encontraram que as eficiências econômicas e ambientais não são contraditórias entre as fazendas estudadas, ou seja, propriedades mais eficientes no quesito sustentabilidade possuem bons resultados econômicos e ambientais.

Apesar de Ripoll-Bosch et al. (2012) não terem focado seus estudos na produção de leite, esses autores elaboraram um estudo de múltiplos casos em propriedades pecuárias de ovinos de carne na Europa por meio da metodologia MESMIS e encontraram resultados bastante relevantes na avaliação da sustentabilidade dessas fazendas. Os autores concluíram que existe uma relação positiva entre a produtividade e o nível de intensificação. Entretanto, a sustentabilidade econômica não foi determinada apenas nas atividades internas à propriedade, mas também às fora da propriedade. As questões sociais também foram centrais na sustentabilidade dentro da fazenda ao considerar a troca das gerações e a maneira como os produtores entendem e medem as suas atividades. Diferentemente dos resultados de Van Passel et al. (2007), Ripoll-Bosch et al. (2012) observaram um claro *trade-off* entre os indicadores econômicos e ambientais, quanto maior a sustentabilidade econômica menor foi a sustentabilidade ambiental. Além disso, também concluíram em cada fazenda analisada que os valores dos atributos de sustentabilidade variam em relação ao tamanho da propriedade, estrutura, disponibilidade de recursos e também em razão da habilidade gerencial. Essa variedade de fatores que influenciam nos resultados dessa análise implica, conseqüentemente, na dificuldade da

aplicação de um diagnóstico holístico da sustentabilidade em sistemas de produção com fazendas específicas.

Van Calker et al. (2006) utilizaram a Teoria da Utilidade Multiatributo para elaborar uma função global que avalie a sustentabilidade em fazendas produtoras de leite, de acordo com os padrões de sustentabilidade dos *stakeholders* (produtores, consumidores, indústrias de processamento e políticos) desse setor na Holanda. Para isso, quatro etapas foram seguidas: 1) Determinação dos atributos da função utilidade; 2) Avaliação dos aspectos da função utilidade; 3) Determinação das funções de sustentabilidade global para cada grupo de *stakeholder*; 4) Agregação das preferências dos grupos de *stakeholders* para determinar a sustentabilidade global para a sociedade. Esse modelo baseado em *stakeholders* e especialistas foi testado por Van Calker et al. (2006) que verificaram que é uma função relevante e pode ser utilizada para comparar e ranquear diferentes sistemas de produção de leite, além disso, consegue produzir rankings bastante estáveis que são relativamente insensíveis a mudanças nos pesos dos atributos e dos aspectos utilizados.

Este modelo foi aplicado e integrado com uma Função Linear para maximização da sustentabilidade em fazendas de leite orgânicas e convencionais na Finlândia por Van Calker et al. (2008), com a finalidade de elevar ao máximo e individualmente os diferentes aspectos de sustentabilidade (econômico, ambiental e social), assim como a sustentabilidade global, de acordo com as preferências dos *stakeholders* deste setor. A partir dos resultados obtidos, os autores verificaram que é possível que as fazendas convencionais tenham valores de sustentabilidade global semelhantes às fazendas orgânicas, dependendo das tecnologias e manejo adotados.

Por outro lado, outro estudo que foi desenvolvido por Gaudino et al. (2014) com fazendas produtoras de leite na Itália concluiu que as propriedades orgânicas possuem melhores resultados ambientais, enquanto que fazendas com baixa produção tiveram valores baixos em relação ao desempenho ambiental. No entanto, um ponto que merece destaque é que a qualidade ambiental variou significativamente quando diferentes grupos de indicadores de pressão⁸ foram considerados e isso ressalta ainda mais a importância de expandir as

⁸ Os indicadores de pressão compõem um modelo chamado de PER – Pressão-Estado-Resposta, utilizado internacionalmente para a apresentação e análise de estatísticas ambientais, mas pouco utilizado no Brasil. Os indicadores de pressão representam as pressões que as atividades humanas exercem sobre o meio ambiente, por exemplo: as emissões de CO₂, lixiviação de íons contaminantes, entre outros (PINTÉR; ZAHEDI; CRESSMAN, 2010).

análises ambientais para dentro das fazendas. Esses autores, utilizando Análise de Componentes Principais, comunalidade e correlações encontraram que os principais indicadores relacionados à tomada de decisão dos fazendeiros são Taxa de Lotação, Consumo de Fertilizantes Minerais e Consumos de Defensivos. Já os indicadores de pressão⁹ mais relevantes para análise ambiental foram o Balanço de Nitrogênio e Emissões de GEE dentro das fazendas, a Energia Líquida e o Balanço Bruto de Fósforo para o sistema agrícola, Eficiência do Uso de Energia e Nitrogênio Comprado na Ração para o sistema de produção animal, e a Ecoeficiência do Nitrogênio para o componente de produção de leite (GAUDINO et al., 2014).

Com foco no aspecto do uso de tecnologias, Oudshoorn et al. (2012) concluíram, a partir da avaliação da sustentabilidade - com o uso indicadores ambientais, econômicos e sociais - de fazendas orgânicas de leite na Dinamarca, que as propriedades que utilizam sistemas de ordenha automatizada possuem os aspectos de sustentabilidade econômica e ambiental melhores quando comparadas a fazendas orgânicas convencionais. Esses autores apontaram que o uso dessa tecnologia reflete em mudança no foco gerencial para uma produção mais intensiva, refletindo na maior produtividade por animal, menor tempo dispendido pela mão-de-obra por animal na ordenha e maior taxa de abate. Apesar disso, salientaram ainda que a redução no período de pastejo em razão da ordenha automatizada, mesmo não afetando a saúde do animal e composição do leite, pode influenciar na aceitação dos consumidores para a compra deste produto naquele país.

Seguindo a ideia da melhora tecnológica e o reflexo nos impactos econômicos e ambientais de fazendas produtoras de leite, Iribarren et al. (2011) utilizando da combinação do Análise de Ciclo de Vida (ACV) com Análise Envoltória de Dados (DEA, em inglês) em propriedades de leite na Galícia na Espanha, verificou que as fazendas ineficientes se tiverem a melhora operacional de acordo com os *benchmarkings* estimados no seu estudo, poderão reduzir em mais de 38% o consumo de *inputs* (fatores de produção), o que pode refletir, conseqüentemente, na redução dos impactos ambientais acima de 20% para cada uma das categorias avaliadas – potencial de acidificação (PA),

⁹ De acordo com a classificação da OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, os Indicadores Ambientais podem ser sistematizados pelo modelo Pressão-Estado-Resposta (PER), que assenta em três grupos chaves de indicadores. Os indicadores de Pressão – caracterizam as pressões sobre os sistemas ambientais e podem ser traduzidos por indicadores de emissão de contaminantes, eficiência tecnológica, intervenção no território e de impacto ambiental. Os indicadores de pressão sobre o meio ambiente descrevem as pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente e sobre os recursos naturais.

potencial de eutrofização (PE), potencial de aquecimento global (PAG), ocupação da terra (OT), uso de energia não renovável (UENR). Além disso, também observaram melhoras no preço recebido do leite, de 0,13 €/litro, o que reflete no aumento do retorno econômico da atividade em 40%. Esse resultado ressalta a importância da adoção de tecnologias para redução dos impactos ambientais na produção de leite, além de que isso também reflete nos melhores resultados econômicos da atividade.

Com foco nas características estruturais de fazendas de leite, Thomassen et al. (2009) propuseram uma relação entre indicadores ambientais e econômicos nessa atividade e estudaram uma amostra de 119 fazendas na Holanda. Os autores conseguiram concluir que essa relação é afetada, principalmente, pela produção de leite por hectare (produtividade por área), produção anual de leite por animal (produtividade por animal), tamanho da fazenda, e o teor de concentrados consumidos por kg de FPCM (valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína, em português). Dessa forma, Thomassen et al. (2009) concluíram que a produção de leite, para ser sustentável, nos pilares econômico e ambiental, deverá focar na maior produção por animal, na alimentação mais eficiente por kg de leite produzido e na taxa de lotação de animais moderada a alta (este manejo irá depender do bem-estar dos animais na área em que serão colocados).

Resultados semelhantes também foram encontrados por Guerci et al. (2013), que concluíram que a estratégia de produção baseada na elevada eficiência de conversão pelos animais é a mais efetiva para mitigar os impactos ambientais por quilograma de leite dentro da fazenda, especialmente em termos da emissão de GEE e uso de energia não renovável por quilograma de FPCM (valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína, em português). Além disso, verificaram que o aumento da produção com o incremento da taxa de lotação também tem suas vantagens, em escala global, no potencial de acidificação e eutrofização por litro de leite produzido, mas, por outro lado, em escala regional o risco da eutrofização associado à estratégia aumenta, em razão do balanço elevado de nitrogênio. É importante ressaltar que a elevada produção de leite possui efeitos negativos em termos de bem-estar animal, saúde e rentabilidade que não podem ser sem ignorados.

Apesar de alguns autores (GUERCI et al., 2013; THOMASSEN et al., 2009; VAN PASSEL et al., 2007) ressaltarem a influência do tamanho da fazenda nos melhores resultados técnicos, econômicos e ambientais na produção de leite, deve-se atentar que a

eficiência das fazendas de leite está positivamente relacionada principalmente com a intensificação da produção da fazenda, o nível de contribuição do trabalho familiar nas atividades da fazenda, o uso de ração na alimentação dos animais e também com o período da ordenha, conforme constatado por Cabrera, Solís e Del Corral (2010) que analisaram as mudanças estruturais tecnológicas de uma amostra de 273 fazendas em Wisconsin nos EUA. De acordo com esses autores, o nível de produtividade depende principalmente das melhoras em tecnologia e eficiência dentro da atividade e não exclusivamente do tamanho da propriedade.

Apesar dos diversos resultados que mostram o quão positivo é a intensificação da produção de leite na redução dos impactos ambientais e sociais, Powell; Russelle e Martin (2010) discutiram os efeitos negativos que a intensificação da produção de leite teve ambientalmente e socialmente nos Estados Unidos, em razão da maior poluição dos solos e água, e também, por afetar parâmetros sociais e de saúde no país. De acordo com os autores, é necessário que haja a adoção de uma gama de diferentes ferramentas tecnológicas, financeiras, regulatórias e institucionais para poder balancear os efeitos negativos que essa maior especialização pode gerar.

Esse resultado casa com a proposta apresentada por Gerber et al. (2011), de que os efeitos nos pilares ambiental e social são diversos nos diferentes aspectos propostos para a avaliar sustentabilidade de uma atividade. Havendo a necessidade, portanto, de que os *frameworks* também englobem outras questões ambientais e sociais, pois os efeitos são diversos nos diferentes aspectos que são propostos para avaliar a sustentabilidade de uma determinada atividade.

Seguindo a ideia de uma análise mais ampla, que aborda impactos internos e também externos à produção de leite, um estudo que merece destaque foi realizado por Dolman et al. (2014) e teve como objetivo avaliar os impactos de fazendas de leite holandesas que têm como foco no manejo da produção a ciclagem interna dos nutrientes, chamadas de fazendas INC (*Internal Nutrient Cycle*), a partir dos desempenhos econômico, ambiental e social da operação dessas fazendas, em comparação com *benchmarkings* respectivos de fazendas convencionais localizadas na mesma região. De acordo com os autores, as fazendas INC buscam não apenas reduzir os impactos ambientais dentro da fazenda, mas também fora da fazenda, de forma que o manejo adotado por elas impacta diretamente na

cadeia de produção da atividade, por exemplo, na produção e transporte de alimentos e fertilizantes adquiridos externamente.

Os *benchmarkings* foram encontrados estatisticamente tomando em vista a equalização das diferenças estruturais e de produção de cada uma das fazendas de leite INC, tomando por base o tamanho da fazenda, a produção de leite por vaca e a produção de leite por área. Dolman et al. (2014) apontaram em seus resultados que as fazendas INC apresentaram diferenças apenas no menor uso de energia não renovável, melhor qualidade de carbono orgânico no solo e maior recebimento de pagamentos por atividades agroambientais, enquanto os demais indicadores de desempenho econômico, ambiental e social das fazendas INC, quando comparados aos das fazendas convencionais de produção de leite, não apresentaram diferenças significativas. Esse estudo destaca-se por apresentar uma metodologia que avalia a produção de leite nos três pilares da sustentabilidade, utilizando dados secundários como base para os cálculos, além da preocupação da realização do *benchmarking* tomando em vista os padrões estruturais das fazendas que foram avaliadas.

Por fim, um estudo elaborado recentemente por Cruz (2013) foi aplicado em fazendas produtoras de leite no Brasil e utilizou a metodologia RISE para a avaliação da sustentabilidade de suas operações. A autora avaliou dez propriedades produtoras de leite nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul e concluiu que as operações das fazendas são sustentáveis nos âmbitos social, econômico e ambiental, mas que são necessárias medidas para ampliar a sustentabilidade em alguns pontos, principalmente no que se refere ao fluxo de nutrientes, energia e clima. Além disso, a autora apontou ressalvas para a utilização dessa metodologia no Brasil, já que alguns parâmetros traçados pelo RISE não são adequados para regiões tropicais. Também ressaltou a complexidade para a aplicação dessa metodologia, assim como para a coleta de todos os parâmetros necessários para compor esse *framework*.

O resultado apresentado por Cruz (2013), além dos demais que foram apresentados neste subtópico, ressalta ainda mais a importância da escolha ou elaboração de um método que seja holístico e de fácil adoção para avaliação da sustentabilidade da produção de leite no Brasil.

4.2.2 Emissões de gases de efeito estufa

Um outro grupo destes trabalhos foca principalmente nas emissões de GEE como indicador de desempenho ambiental em propriedades produtoras de leite, sem considerar outros fatores ambientais relevantes na análise global de sustentabilidade. Apesar disso, uma rica diversidade de resultados foi encontrada e os resultados são bastante relevantes para o entendimento da dinâmica desta atividade.

Hagemann et al. (2011), utilizando como base um banco de dados de 38 países de *fazendas típicas*¹⁰ de produção de leite do IFCN (*International Farm Comparison Network*¹¹), verificaram que as emissões de GEE por ECM (energia corrigida de leite, em português) são inferiores em fazendas de maior tamanho, que também possuem produtividade mais elevada que fazendas de leite de menor escala e estão localizadas em países em desenvolvimento.

Portanto, pode-se apontar que aumento na produtividade de leite tem um grande potencial na redução dos efeitos negativos desta atividade sob o meio ambiente, como na intensidade das emissões de dióxido de carbono – quantificados como quilogramas de CO₂ equivalente por unidade de leite produzida (CAPPER; CADY; BAUMAN, 2009; GERBER et al., 2011; O'BRIEN et al., 2014). Melhora que decorre da combinação de práticas gerenciais e de produção que focam no maior desempenho da produtividade animal, com o aumento e o melhor uso de fatores de produção, como fertilizantes, rações/concentrados, material genético, insumos de saúde animal e energia (GERBER et al., 2011).

Ainda do ponto de vista das emissões, verifica-se que os países em desenvolvimento possuem emissões superiores, quando contabilizada a emissão por unidade de leite produzida em ECM (energia corrigida de leite), que a dos países desenvolvidos, sendo essa diferença constatada principalmente pelo maior nível da intensificação e, conseqüentemente, maior produtividade (litro/animal ou litro/área) de leite encontrada nos países desenvolvidos (HAGEMANN et al., 2011). Isso reflete no potencial de

¹⁰ Fazendas típicas são fazendas modais (em relação à produção) de uma dada região, levantadas por meio da técnica de painel com um grupo de produtores, técnicos e especialistas (HAGEMANN et al., 2011). Este método foi difundido por diversas instituições mundialmente e defendido para a utilização da formação de políticas públicas e melhor entendimento dos sistemas de produção agropecuária em regiões específicas (ELLIOTT, 1928; TWEETEN, 1963)

¹¹ O IFCN é uma rede mundial de instituições de pesquisas e pesquisadores para o entendimento e comparação de diversos sistemas de produção de leite e outras áreas da agropecuária ao redor do mundo (<http://www.ifcndairy.org/>)

mitigação das emissões que é, conseqüentemente, maior em regiões de menor produtividade (GERBER et al., 2011).

Apesar dessas inferências, deve-se analisar com cuidado o tipo do sistema de produção de leite (THOMASSEN et al., 2009) ao invés de focar apenas nas regiões produtoras. Por exemplo, ao considerar um sistema de produção de leite a pasto com manejo adequado, deve-se atentar também no sequestro de carbono que essas áreas de pastagem possuem, variável que influencia significativamente no balanço de emissões final. Esta contabilização pode reduzir consideravelmente as emissões da produção de leite e tornar este sistema muitas vezes mais eficiente em termos de emissões/unidade produzida que um sistema intensivo (ex. confinamento) (O'BRIEN et al., 2014). Assim como os animais, os cultivos e os dejetos, os solos também têm potencial para emissão e sequestro de CO₂. Geralmente os solos perdem carbono quando é feito o estabelecimento de áreas agrícolas, por outro lado, acabam sequestrando (absorvendo) carbono na conversão dessas áreas de agricultura em pastagens (O'BRIEN et al., 2014).

4.2.3 Diversidade metodológica

Conforme verificado em tópicos anteriores, há uma grande diversidade metodológica na aferição da sustentabilidade na produção primária de leite e isso interfere diretamente nos resultados obtidos pelos diversos autores elencados nesta dissertação.

Ainda que o estudo desenvolvido de Thomassen e de Boer (2005) não tenha focado na efetividade da análise de sustentabilidade no pilar social e econômico, esses autores aplicaram um método de análise da efetividade (em razão da relevância, qualidade e disponibilidade de dados) de diferentes métodos de aferição de desempenho ambiental na produção de leite: i) contabilidade de entrada-saída (*input-output accounting*); ii) análise da pegada ecológica (*footprint analysis*) e iii) análise de ciclo de vida do produto (ACV).

Dentre os resultados verificados por Thomassen e de Boer (2005), destaca-se que a abordagem de contabilidade de entrada-saída (*input-output accounting*) e a ACV são efetivas em razão de sua relevância, elevada qualidade e disponibilidade de dados. É importante destacar, também, que a primeira abordagem não inclui todas as categorias de impacto (uso da terra, uso de energia, potencial de aquecimento global), focando principalmente na emissão da fazenda, enquanto a ACV é bastante efetiva, mas os dados

para sua elaboração são difíceis de serem coletados. Diferente dessas duas abordagens, a pegada de carbono não foi efetiva em razão da sua relevância limitada e baixa qualidade. Os autores salientaram, ainda, que para determinar o impacto ambiental da produção de leite de forma mais precisa é necessário a utilização de dados de vários anos.

Apesar de efetivo e bastante utilizado, para se obter uma comparação confiável entre sistemas de produção de leite distintos é necessário que haja maior harmonização na metodologia da Análise de Ciclo de Vida (ACV). O'Brien et al. (2014), por exemplo, verificou em seus resultados uma variação de 3 a 22% na diferença entre as emissões de dois sistemas intensivos de produção, um sob pastejo e outro em confinamento, em razão da forma como alocava as emissões dentro dos sistemas de produção.

Além desse ponto, deve-se destacar que diversos estudos são baseados na coleta extensa de dados de um número reduzido de fazendas que geralmente são experimentais. Portanto, somente quando forem efetivamente verificados e quantificados os impactos ambientais/sociais das operações comerciais é que será possível verificar importantes diferenças desses aspectos de sustentabilidade nos distintos sistemas de produção de leite (THOMASSEN; DE BOER, 2005) em nível regional, nacional e mundial.

4.3 Principais pontos na avaliação da sustentabilidade na produção de leite

Antes de elencar e relacionar os principais *frameworks*, é importante discutir que para o desenvolvimento e utilização dos ferramentais para avaliação da sustentabilidade há dois passos básicos que foram identificados na revisão de literatura deste capítulo e apresentados na Figura 10:

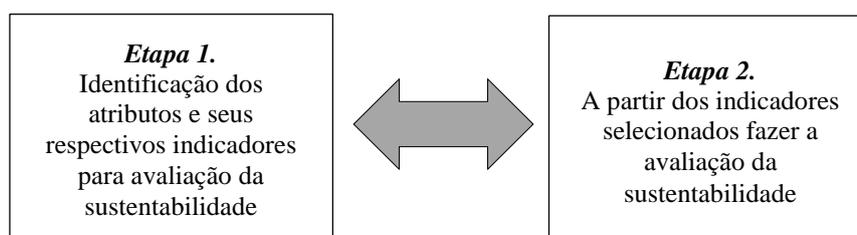


Figura 10 – Principais etapas para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite.

O primeiro deles decorre da identificação dos aspectos da sustentabilidade que serão analisados, seus respectivos atributos e, por fim, dos indicadores. E é no segundo passo, que depende do desenvolvimento do anterior, que ocorre a avaliação da sustentabilidade com base nos indicadores anteriormente selecionados. Apesar de serem duas etapas contínuas, este processo costuma ser iterativo, já que a escolha dos indicadores muitas vezes demanda o entendimento dos ferramentais que serão utilizados para a avaliação final da sustentabilidade.

Desta forma, foram identificados *frameworks* específicos para cada uma dessas duas etapas nos diversos estudos analisados neste capítulo. A escolha dos *frameworks* geralmente difere em relação ao objetivo principal que cada um dos autores possui. Verificou-se desde a aplicação de uma abordagem mais gerencial e econômica, até aplicações mais produtivistas. Apesar dessa diversidade nas abordagens, os padrões de análises basearam-se, na maioria dos casos, nos atributos elencados por Van Calker et al. (2005) para a avaliação da sustentabilidade global das fazendas de leite. Sendo estes para a sustentabilidade econômica: a rentabilidade; para a sustentabilidade social interna: as condições de trabalho; para a sustentabilidade social externa: a segurança alimentar, o bem-estar animal, a saúde animal e a qualidade da paisagem e; para a sustentabilidade ecológica: a eutrofização, poluição dos lençóis freáticos, desidratação do solo, acidificação, aquecimento global e ecotoxicidade.

Uma vez identificados os indicadores, há uma gama de formas de auferir seus impactos, o que prejudica possíveis comparações entre os resultados obtidos por cada uma das metodologias empregadas nos estudos analisados nesta revisão de literatura.

Ademais, apesar da diversidade de abordagem metodológica dos estudos, fica claramente destacada a influência que fatores estruturais, tecnológicos, de manejo e gerenciais possuem nos resultados do desempenho sustentável nas propriedades produtoras de leite, nos pilares econômico, ambiental e social; independente da região em que estavam localizadas.

Os pontos destacados acima são de grande relevância no momento da abordagem da avaliação da sustentabilidade na produção de leite, de forma que foram levados em consideração na composição da análise desta dissertação.

No capítulo seguinte são apresentados os materiais e métodos considerados para a avaliação da sustentabilidade das operações de produção de leite no país. Também é discutido, dentre os *frameworks* encontrados e apresentados neste capítulo, aquele que mais se adequa para o desenvolvimento desta pesquisa.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

“Esvazie sua mente de modelos e formas. Seja amorfo como a água! Quando você coloca a água em um copo, ela se torna o copo, se você coloca a água em uma garrafa, ela se torna a garrafa, se você a coloca em uma chaleira, ela se torna a chaleira. A água pode fluir, a água pode destruir, seja água meu amigo”

Bruce Lee

Neste capítulo se apresenta o método utilizado para alcançar os objetivos desta dissertação. Entende-se por procedimentos metodológicos a caracterização do caminho que foi utilizado para responder à questão de pesquisa proposta. Para isso, foi levantado referencial teórico relacionado à análise da sustentabilidade no agronegócio, especificamente na produção primária de leite.

Conforme já exposto, este trabalho analisa a sustentabilidade das fazendas produtoras de leite na mais importante bacia leiteira do país (Minas Gerais), tomando por base aos principais indicadores de sustentabilidade encontrados na literatura. E, com isso, identifica características tecnológicas, estruturais e gerenciais que expliquem as diferenças do desempenho sustentável das operações entre elas.

5.1 Caracterização geral da pesquisa

Em função do objetivo, as pesquisas podem ser classificadas como exploratórias, descritivas, analíticas ou preditivas. A pesquisa exploratória busca explorar um assunto pouco conhecido. A descritiva é utilizada para descrever fenômenos ou características de uma questão específica, enquanto na pesquisa analítica (ou explanatória), o pesquisador analisa e explica o que foi observado. E, por final, a pesquisa preditiva utiliza modelos de análises de fenômenos para verificar a probabilidade de que o fenômeno em estudo ocorra em outras situações determinadas (COLLINS; HUSSEY, 2005).

Devido ao objetivo proposto, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva e analítica, pois se busca descrever uma realidade objetiva, explicá-la e chegar a possíveis conclusões sobre o assunto em questão.

Em um segundo momento, pode-se classificar a pesquisa também em razão do método de coleta e análise dos dados utilizado. Pode ser quantitativa, quando envolve a coleta de dados numéricos e aplicação de testes estatísticos – recomendado para pesquisas que buscam mensurar ou identificar indicadores – ou qualitativa, quando não tem essas características – esse método é recomendado para a maior familiarização com o objeto de estudo (COLLINS; HUSSEY, 2005; CRESWELL, 2003)

Devido ao significativo número de estudos já elaborados com diferentes *frameworks* e indicadores para avaliar a sustentabilidade na produção agropecuária em fazendas de leite, optou-se nesta pesquisa por uma abordagem quantitativa com o uso de dados secundários. Basicamente, no método quantitativo os dados são coletados e trabalhados com “objetividade” e “neutralidade”. Essa abordagem é baseada em um referencial teórico com a finalidade de obter resultados fundamentados em métodos científicos e teorias (COLLINS; HUSSEY, 2005; MARTINS, 1994).

5.2 Delimitação, amostra da pesquisa e banco de dados

Conforme discutido nos capítulos anteriores, o presente estudo investiga fazendas produtoras de leite no estado de Minas Gerais. Essa região é tida como a principal bacia leiteira do país em termos de quantidade de leite produzido, número de produtores, qualidade e também difusão tecnológica.

Devido à caracterização e delimitação desta pesquisa, foi utilizada uma base de dados secundários de fazendas produtoras de leite que são acompanhadas rotineiramente pelo Projeto EDUCAMPO (<http://www.cpdEDUCAMPO.com.br/>) no estado de Minas Gerais.

O EDUCAMPO é um projeto de educação em gestão empresarial rural focado na assistência técnica gerencial e de produção intensiva para um determinado grupo de produtores rurais. É uma iniciativa permanente e dinâmica que busca, por meio da capacitação gerencial e técnica de grupos de produtores rurais, desenvolver todos os

aspectos de gestão da propriedade, tornando-os mais eficientes e competitivos. Esse projeto é desenvolvido pelo Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e tem como foco de trabalho um grupo de produtores de uma mesma atividade econômica, vinculados a uma agroindústria. Hoje o projeto já trabalha com produtores de leite, café, cana-de-açúcar e outras frutíferas. No caso do leite, foco deste estudo, o programa conta com o apoio de diversos parceiros (como indústrias e universidades) e iniciou as atividades em 1997, tendo hoje aproximadamente 1.000 propriedades de leite cadastradas em Minas Gerais. Essas fazendas possuem um acompanhamento rotineiro de suas atividades por meio do auxílio de técnicos no campo e também das indústrias parceiras (EDUCAMPO/SEBRAE, 2014), conforme apontado na página online do projeto:

O Projeto procura agregar ao conceito da assistência técnica tradicional, a gestão de negócios, normalmente uma das maiores deficiências encontradas junto aos empresários rurais, ampliando a capacidade do produtor em gerir sua atividade. Este se diferencia e permite aplicar, então, melhorias técnicas capazes de imprimir ganhos quantitativos e qualitativos ao produto primário, melhorando os indicadores técnicos e econômicos das propriedades.

Para a empresa parceira, a garantia de oferta de matéria-prima mais adequada às necessidades do mercado, em quantidade e qualidade; e a aproximação com seus fornecedores, facilitando seu processo de planejamento e reduzindo, conseqüentemente, as incertezas em torno do negócio, são benefícios diretos de sua participação no Projeto.

No âmbito desse acompanhamento gerido pelo Projeto EDUCAMPO, as propriedades fornecem rotineiramente dados técnicos e econômicos da sua atividade. Além disso, cada uma delas possui uma ficha cadastral com seu perfil socioambiental e tecnológico. Todos esses dados são utilizados pelo projeto para auxiliar a coordenação da gestão das atividades dentro das propriedades. De forma que as informações são utilizadas pelos produtores rurais para acompanhamento técnico e financeiro das técnicas e tecnologias de produção adotadas e difundidas por esse programa.

Assim, este estudo utiliza como base os dados das operações de fazendas produtoras de leite do banco de dados do Projeto EDUCAMPO. Esses dados foram utilizados como base para o cálculo do desempenho sustentável de cada uma delas. O primeiro contato com os responsáveis pelo projeto ocorreu por telefone, seguido de correspondência eletrônica para formalização das tratativas e compreensão do banco de dados disponível. Após a consolidação da revisão bibliográfica, as variáveis foram identificadas e então solicitadas por meio de uma carta formal redigida pelo próprio autor, vinculada à

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) da Universidade de São Paulo (USP). Esse material possui em seu conteúdo o resumo do projeto, as variáveis solicitadas e um termo de compromisso¹² para utilização dos dados do EDUCAMPO¹³.

A partir do recebimento dos dados, eles foram organizados e tratados para posterior cálculo dos indicadores de sustentabilidade para cada uma das fazendas em análise. Inicialmente, o trabalho tomou por base toda a população das fazendas desse banco, mas devido a problemas técnicos para extração dos mesmos, foi possível adquirir uma amostra aleatória de 56 fazendas produtoras de leite da mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais, tendo tal amostragem sido realizada pela própria equipe técnica do EDUCAMPO. Após o tratamento inicial dos dados, 06 das fazendas foram retiradas da análise, pois estavam situadas geograficamente fora da região do estudo. Dessa forma, foram consideradas neste estudo 50 propriedades produtoras de leite.

5.3 Caracterização da produção de leite em Minas Gerais – foco da pesquisa

Este estudo foi realizado utilizando fazendas de leite situadas no estado de Minas Gerais, cuja superfície ocupa aproximadamente 587 mil km². Esse estado merece destaque, já que além de sua grande relevância na produção de leite, possui um total de 853 municípios, a maior quantidade dentre todos os estados brasileiros. Além disso, devido a sua localização e extensão, o estado possui grande diversidade climática, que reflete diretamente em sua paisagem, flora/fauna e produção agropecuária.

Minas Gerais é dividido pelo IBGE em doze mesorregiões, subdivididas em outras 66 microrregiões. Podem ser elencadas as seguintes mesorregiões: 1) Campo das Vertentes; 2) Central Mineira; 3) Jequitinhonha; 4) Metropolitana de Belo Horizonte; 5) Noroeste de Minas; 6) Norte de Minas; 7) Oeste de Minas; 8) Sul e Sudoeste de Minas; 9) Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba; 10) Vale do Mucuri; 11) Vale do Rio Doce e 12) Zona da Mata, conforme a Figura 11. Todas as mesorregiões produzem leite, merecendo destaque o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e o Sul/Sudoeste de Minas, com aproximadamente 2,2

¹² ANEXO A

¹³ Detalhamento das variáveis disponíveis no banco de dados do EDUCAMPO no ANEXO B.

bilhões e 1,5 bilhão de litros de leite, respectivamente, produzidos em 2012 (IBGE,2014), conforme apresentado na Tabela 4.

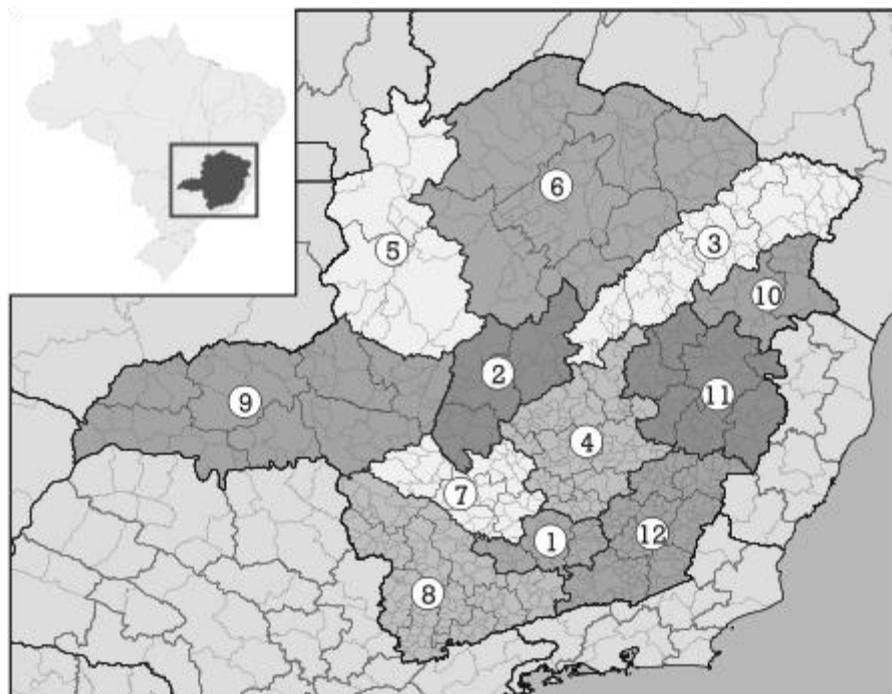


Figura 11 – Divisão socioeconômica do estado de Minas Gerais.

Fonte: IBGE, Pesquisa Pecuária Municipal (2014).

Tabela 4 – Produção de leite (mil litros) por mesorregião de Minas Gerais em 2012 e dados de teor de gordura (Gord.), proteína (Prot.) e extrato seco total (EST) em %, médio da região.

| N | Mesorregião | (mil litros) | % | Gord (%) | Prot (%) | EST (%) |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------|------------|------------|-------------|
| 9 | Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba - MG | 2.228.637 | 25,0% | 3,6 | 3,3 | 12,4 |
| 8 | Sul/Sudoeste de Minas - MG | 1.492.782 | 16,8% | 3,6 | 3,2 | 12,3 |
| 2 | Central Mineira - MG | 790.671 | 8,9% | 3,5 | 3,3 | 12,3 |
| 12 | Zona da Mata - MG | 776.617 | 8,7% | 3,7 | 3,3 | 12,4 |
| 7 | Oeste de Minas - MG | 720.338 | 8,1% | 3,6 | 3,2 | 12,3 |
| 11 | Vale do Rio Doce - MG | 655.261 | 7,4% | 3,4 | 3,3 | 12,2 |
| 4 | Metropolitana de Belo Horizonte - MG | 590.857 | 6,6% | 3,4 | 3,3 | 12,2 |
| 5 | Noroeste de Minas - MG | 539.596 | 6,1% | 3,6 | 3,3 | 12,4 |
| 6 | Norte de Minas - MG | 412.937 | 4,6% | 3,8 | 3,3 | 12,6 |
| 1 | Campo das Vertentes - MG | 359.671 | 4,0% | 3,6 | 3,2 | 12,3 |
| 10 | Vale do Mucuri - MG | 186.683 | 2,1% | 3,7 | 3,3 | 12,5 |
| 3 | Jequitinhonha - MG | 151.933 | 1,7% | 4,4 | 3,4 | 13,2 |
| TOTAL - Minas Gerais | | 8.905.983 | 100,0% | 3,7 | 3,3 | 12,4 |

Gord (%): Teor de Gordura no leite; Prot (%): Teor de Gordura no leite; Est (%): Extrato Seco Total do leite

Fonte: IBGE, Pesquisa Pecuária Municipal (2014); Laboratório da Clínica do Leite - ESALQ/USP (2015)¹⁴

¹⁴ Dados obtidos após contato direto com o Laboratório da Clínica do Leite da ESALQ/USP.

A distribuição e a diferença na produção de leite nesse estado é influenciada significativamente pelas condições edafoclimáticas de suas regiões, mas também pelas diferenças na especialização e desenvolvimento tecnológico da produção agropecuária em cada uma dessas mesorregiões.

No estado predominam quatro tipos distintos de clima, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger: i) **clima subtropical de altitude (Cwb)**, que ocorre nas regiões mais elevadas, com estiagens no inverno e temperaturas amenas durante o ano e temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C; ii) **clima subtropical de inverno seco (Cwa)**, com temperaturas médias inferiores a 18 °C e verão quente, com temperaturas maiores a 22 °C, observado ao norte das serras do Espinhaço e do Cabral; iii) **clima tropical com inverno seco (Aw)**, que predomina no Triângulo Mineiro, na Zona da Mata, Vale do Rio Doce e em quase toda a metade norte do estado, tendo estação seca no inverno e chuvas abundantes no verão, com precipitações anuais entre 750 mm e 1.800 mm, e temperaturas médias anuais de aproximadamente 22 °C; iv) **clima seco com chuvas no verão (Bsw)**, que ocorre no norte mineiro, com precipitações anuais sempre inferiores a 1.000 mm e por vezes menores que 750 mm.

Estão situadas em MG as nascentes de alguns dos principais rios do Brasil, como o Rio São Francisco. A topografia do estado é bastante acidentada, principalmente em suas regiões sul, central e leste, e os solos predominantes são bastante intemperizados, refletindo na maior predominância de Latossolos nesse território (~54%), seguido de Cambissolos (~17%), Neossolos (~12%) e Argissolos (~11%). Todos esses fatores aliados propiciam a existência de uma rica fauna e flora distribuídas nos biomas que cobrem o estado, especialmente o Cerrado e a Mata Atlântica. (GOVERNO DE MINAS, 2015).

O presente estudo analisa fazendas da região Sul/Sudoeste de MG, a segunda mesorregião em termos de quantidade de leite produzida no estado. Caracterizada por ser uma região de relevo bastante acidentado e também de maior altitude (~800 m), essa mesorregião possui temperaturas anuais médias inferiores à 20°C, com elevada recorrência de geadas e precipitação anual média de 1.500 mm (Figura 12).

Apesar de ser uma tradicional bacia leiteira do estado, encontra-se grande diversidade nos sistemas de produção adotados para tal finalidade. É possível encontrar propriedades com elevada produtividade e especialização, com produção média por animal superior a 7.000

litros ao ano, em sistemas semi-intensivos e intensivos de produção. Enquanto isso, também são encontradas em grande proporção propriedades pouco especializadas, com produção anual média por animal inferior a 1.500 litros. Conforme já referido, predominam no estado os rebanhos mistos.

Temperatura (Min, Méd, Máx) - Sul/Sudoeste Minas Gerais (2000-2014)

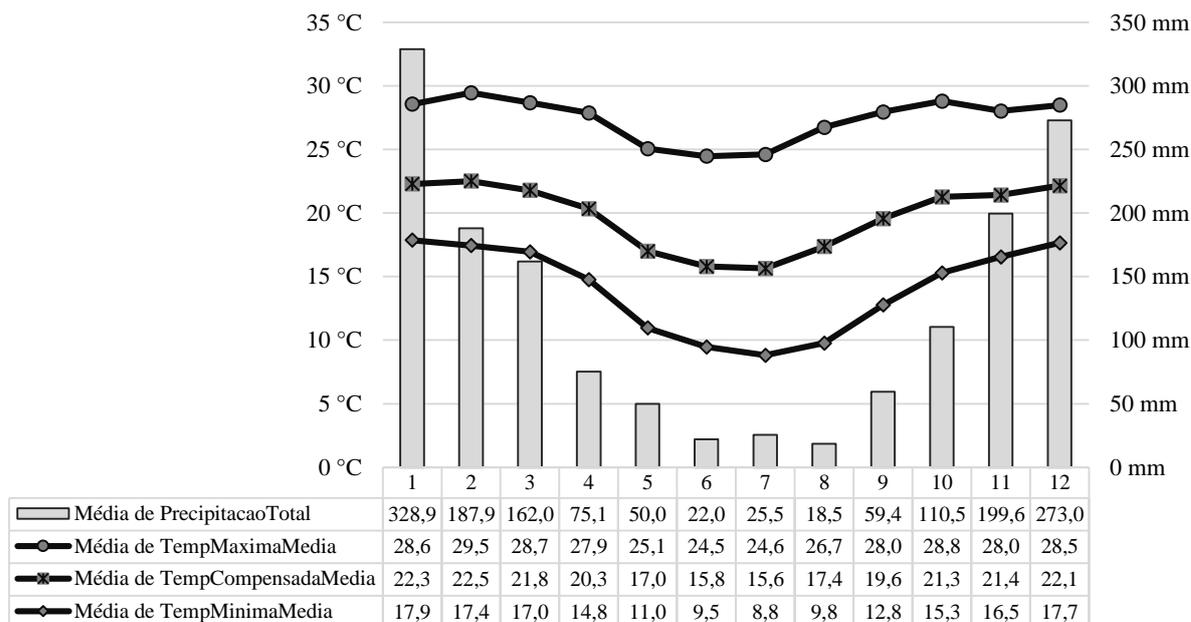


Figura 12 – Temperaturas mínima, média e máxima de janeiro a dezembro, na média dos anos de 2000 a 2014, nas estações climáticas convencionais ¹⁵da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Fonte: INMET – BDMEP (2015).

Estima-se que a participação de cada sistema de produção leiteira, em Minas Gerais, seja dividida da seguinte forma: 43,3% da produção de leite provém de sistemas extensivos, 45,7% de semiextensivos, 10,95% de intensivos a pasto e 0,08% de produção em confinamento (BRASIL, 2010). Entre as propriedades produtoras de leite no estado, o estrato que produz de 51 a 250 l/dia é constituído pela maior parcela dos produtores (61,7%), que produzem menos de um terço do total de leite produzido em MG (32,5%). De forma que, mesmo sendo o principal produtor de leite do Brasil, o nível de produção encontrado no estado é baixo.

¹⁵ Estações climáticas convencionais registradas no BDMEP – INMET na região Sul/Sudoeste de Minas Gerais: Lambari – MG (Alt.: 878 m; Lat.: -21,94; Long.: -45,31), Lavras – MG (Alt.: 918 m; Lat.: -21,75; Long.: -45,00), Machado – MG (Alt.: 873 m; Lat.: -21,68; Long.: -45,94), Poços de Caldas – MG (Alt.: 1.150 m; Lat.: -21,91; Long.: -46,38), São Lourenço – MG (Alt.: 953 m; Lat.: -22,10; Long.: -45,01) e São Sebastião do Paraíso – MG (Alt.: 820 m; Lat.: -20,91; Long.: -47,11).

Fassio, Reis e Geraldo (2006) estimaram as seguintes médias relativas ao rebanho e produção leiteira em MG: intervalo entre partos de 19,6 meses, índice de natalidade de 65,75%, 54,7% das vacas em lactação, produção diária de leite por animal de 11,4 litros, produção de 1.862,3 litros/hectare de pasto no ano, lotação média de 1,34 UA/hectare e área destinada à produção de leite de 93,4 hectares por estabelecimento agropecuário produtor de leite. Os autores ainda salientaram o grau de heterogeneidade que existe nos sistemas de produção dentro do estado, indicando a necessidade de maior especialização, tecnificação e treinamento da mão de obra.

5.4 Procedimentos para seleção de *frameworks* na literatura sobre sustentabilidade na produção de leite

Antes de descrever o processo de seleção do *framework* para a análise do desempenho sustentável na produção de leite, foram trazidos novamente os objetivos específicos que direcionaram esta pesquisa:

- i. Levantar na literatura disponível os principais *frameworks* e indicadores de sustentabilidade empregados na produção leiteira;
- ii. Selecionar, dentre os vários *frameworks* encontrados na literatura, os mais relevantes em termos de abrangência das dimensões da sustentabilidade na produção leiteira, assim como por sua aplicabilidade;
- iii. Relacionar as variáveis existentes na base de dados com o *framework* e indicadores de sustentabilidade escolhidos no objetivo específico “ii”;
- iv. Avaliar a sustentabilidade da produção de leite em Minas Gerais com base no *framework* escolhido;
- v. Comparar os resultados encontrados nas fazendas de Minas Gerais com os resultados do *framework* escolhido;
- vi. Identificar, dentre as fazendas de Minas Gerais, os principais fatores que afetam a sustentabilidade na produção de leite;
- vii. Analisar os pontos fortes e fracos da produção leiteira em Minas Gerais, com base nos resultados encontrados;
- viii. Propor diretrizes, a partir dos resultados obtidos, que busquem melhorar o desempenho ambiental, econômico e social da produção de leite.

O objetivo específico (i) foi desenvolvido ao longo dos capítulos 3 e 4, nos quais foi realizada a revisão da literatura. O objetivo específico (ii) foi tratado inicialmente no capítulo 4 e seu desenvolvimento final é contemplado nesta seção. Os objetivos específicos (iii), (iv), (v), (vi) e (vii) são desenvolvidos e apresentados nos capítulos 7 e 8, de “Análise da Sustentabilidade das operações de produção de leite em Minas Gerais” e “Resultados e Discussões”. O objetivo específico (viii) é desenvolvido no capítulo 9, que traz as “Considerações Finais”.

Conforme apresentado no capítulo 4, “Sustentabilidade: Sua Avaliação na Produção de Leite”, vinte artigos foram selecionados devido à relevância e aderência ao tema de pesquisa desta dissertação. Os procedimentos para a escolha do(s) *framework(s)* de sustentabilidade na produção de leite a partir da literatura pertinente obedecem aos seis critérios apresentados abaixo, que também podem ser observados no Quadro 8:

- i. É focado na análise das operações de fazendas de leite (produção primária) como base de análise;
- ii. Apresenta indicadores de sustentabilidade ambiental, econômica e social;
- iii. Há a avaliação da sustentabilidade com base nos desempenhos ambiental, econômico e social;
- iv. Utiliza um banco de dados secundários para avaliação da sustentabilidade;
- v. Avalia uma amostra extensa de unidades de análise – fazendas de leite;
- vi. Disponibiliza a ferramenta utilizada na publicação;

Além dos aspectos de seleção acima descritos, também é sempre interessante analisar o contexto político para que se possa entender a relevância de um determinado *framework* (FERNANDES; WOODHOUSE, 2008; LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013). Ademais, a escolha dos indicadores também deve estar relacionada com a definição das fronteiras do sistema produtivo em análise (HALBERG; VERSCHUUR; GOODLASS, 2005).

Quadro 8 – Relação dos trabalhos utilizados como base para escolha do *framework*, tipos de indicadores, o nível de análise, os critérios de seleção considerados e a adequação de cada um desses trabalhos em relação aos critérios de seleção

| Autor | Indicadores* | | | | | Nível de Análise | Critério 1 | Critério 2 | Critério 4 | Critério 5 | Critério 5 | Critério 6 | Σ Critérios |
|------------------------------------|--------------|---|---|---|----|----------------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | E | A | S | P | Ag | | Fazendas em análise | Indicadores nos três pilares | Avaliações nos três pilares | Dados secundários | Base extensa | Ferramenta disponível | |
| Bélanger et al. (2012) | | X | | | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | | X | X | 3 |
| Berre et al. (2014) | X | X | | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | X | X | X | 4 |
| Buys et al. (2014) | X | X | X | | X | Fazendas/Indústrias/Distribuição | | X | X | X | | X | 4 |
| Cruz (2013) | X | X | X | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | | | | 3 |
| Dolman et al. (2014) | X | X | X | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | X | X | X | 6 |
| Gaudino et al. (2014) | X | X | | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | | | X | 2 |
| Gerber et al. (2011) | | X | | X | | Países/Regiões | | | | X | | X | 2 |
| Guerci et al. (2013) | X | X | | | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | | X | X | 3 |
| Hagemann et al. (2011) | X | X | | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | X | X | X | 4 |
| Lebacqz et al. (2013) | X | X | X | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | | X | | X | 4 |
| O'Brien et al. (2014) | | X | | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | X | | X | 3 |
| Oudshoorn et al. (2012) | X | X | X | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | | | X | 4 |
| Reinhard, Lovell e Thijssen (2000) | | X | | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | X | X | X | 4 |
| Thomassen e de Boer (2005) | | X | | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | | | X | 2 |
| Thomassen et al. (2009) | X | X | | X | | Fazendas/Sistemas de Produção | X | | | X | X | X | 4 |
| Van Calker et al. (2006) | X | X | X | X | X | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | | | X | 4 |
| Van Calker et al. (2008) | X | X | X | X | X | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | X | | X | 5 |
| Van Passel e Meul (2012) | X | X | X | X | X | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | X | X | X | 6 |
| Van Passel et al. (2007) | X | X | X | X | X | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | X | X | X | 6 |
| Van Passel et al. (2009) | X | X | X | X | X | Fazendas/Sistemas de Produção | X | X | X | X | X | X | 6 |

*E=Econômicos; A=Ambientais; S=Sociais; P=Produção; Ag=Agregados

A partir do Quadro 8 foi verificado, portanto, que dentre os diversos trabalhos que abordaram a avaliação da sustentabilidade na produção de leite, metade deles não considerou a análise nas três dimensões da sustentabilidade, alguns utilizaram bancos de dados extensos e secundários e apenas um focou na análise de fazendas de leite no Brasil. O trabalho elaborado por Cruz (2013) merece destaque, pois focou na análise do desempenho da sustentabilidade de dez fazendas produtoras de leite brasileiras nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, e utilizou como base a metodologia RISE. Apesar da grande aderência ao foco desta dissertação, a metodologia RISE demanda a aplicação de um questionário extenso para levantamento das informações primárias e, além disso, uma das conclusões apontadas pela autora foi a

pouca aderência de algumas das variáveis consideradas para a realidade da produção de leite no Brasil.

Dessa forma, os trabalhos analisados foram elencados em razão do atendimento aos seis critérios acima descritos, como pode ser observado no Quadro 8 acima. Foram somados os números de critérios atendidos para então fazer a seleção do *framework* a ser utilizado. Destacaram-se, portanto, os trabalhos de Dolman et al. (2014), Van Calker et al. (2008), Van Passel e Meul (2012), Van Passel et al. (2009) e Van Passel et al. (2007).

Os trabalhos elaborados por Dolman et al. (2014), Van Passel e Meul (2012), Van Passel et al. (2009) e Van Passel et al. (2007), atenderam todos os critérios de seleção (Σ critérios = 6). Mesmo que o estudo de Van Calker et al. (2008) não tenha satisfeito todos os critérios (Σ critérios = 5), merece destaque por ter utilizado como base os três pilares para avaliação da sustentabilidade e simulado a maximização da sustentabilidade global de duas fazendas de leite na Finlândia, uma orgânica e outra convencional. Os trabalhos elaborados por Van Passel e colaboradores apresentaram uma metodologia em comum para avaliação da sustentabilidade, a Abordagem de Valor Sustentável (SVA, em inglês). Essa abordagem é bastante relevante, pois agrega os três pilares da sustentabilidade em apenas um resultado que, nesse tipo de abordagem, é representado por um valor monetário:

A maioria das abordagens para avaliação do desempenho da sustentabilidade são orientadas pelo peso de cada um dos indicadores considerados, de forma que são avaliados os custos ou o potencial de aquecimento do uso de um recurso, por exemplo. Enquanto a Abordagem de Valor Sustentável (SVA) é orientada pelo valor dos indicadores considerados. De fato, as abordagens orientadas pelo peso focam no nível dos impactos ambientais causados por uma atividade econômica que é comparado com outro grupo de impactos ambientais (como os recursos de produção devem ser substituídos por outros), enquanto as abordagens orientadas pelo valor analisam quanto de valor foi criado tomando por base um grupo de impactos ambientais que são comparados com o uso de recursos por outras empresas (onde os recursos devem ser alocados de forma otimizada) (VAN PASSEL et al., 2007, p. 151).

Apesar da diferença entre as abordagens comentadas acima (valor e peso), Figge e Hahn (2004) apontam que ambas são necessariamente complementares e que as duas devem ser consideradas para que se consiga chegar a uma ótima alocação dos recursos de um sistema produtivo.

Portanto, apesar da relevância do método – SVA – e dos trabalhos acima mencionados, eles não foram utilizados como base deste estudo, já que esse tipo de abordagem não indica onde o uso do capital (fator de produção) é mais sustentável, mas sim quanto monetariamente a empresa contribui para o uso mais sustentável do capital (VAN PASSEL et al., 2007). Como o foco desta pesquisa é analisar os indicadores para gestão e também para avaliação da sustentabilidade nas operações da produção de leite em Minas Gerais, aquela abordagem limita o maior detalhamento dos indicadores e também a forma de utilização e impactos dos fatores de produção.

Desta forma, dentre todos os artigos discutidos, o trabalho de Dolman et al. (2014) destaca-se por apresentar um *framework* relevante para o desenvolvimento do objetivo acima citado. Com uma visão mais produtivista (de peso, como definido no trecho acima), os autores avaliam os impactos ambientais, econômicos e sociais ligados aos fatores e processos de produção que diferentes grupos de fazendas produtoras de leite possuem.

Além disso, a abordagem utilizada por Dolman et al. (2014) utiliza como base para análise um banco de variáveis bastante semelhantes ao do Projeto EDUCAMPO, de Minas Gerais. O estudo desenvolvido por esses autores foca na avaliação da sustentabilidade em fazendas de leite na Holanda e compara os resultados entre um grupo específico de fazendas com foco no manejo cíclico de nutrientes na sua produção de leite (fazendas com “melhor manejo ambiental”), com outro grupo de fazendas de produção convencional.

Dolman et al. (2014) utilizam como indicadores de desempenho *econômico*: i) a renda da atividade; e ii) a relação das receitas sobre os custos da atividade; enquanto para o desempenho *ambiental* tomam por base indicadores derivados da ACV (Análise de Ciclo de Vida) dessa atividade: i) a ocupação da terra (OT); ii) o uso de energia não renovável (UENR); iii) o potencial de aquecimento global (PAG); iv) o potencial de acidificação (PA) e o potencial de eutrofização (PE), todos expressos por quilograma do valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (FPCM); além desses indicadores, também foram considerados para o desempenho *ambiental*: vi) teor de carbono orgânico no solo (TCS); vii) o teor de fósforo no solo (TPS) e viii) o suprimento de nitrogênio do solo (SNS). Os indicadores de desempenho social utilizados foram: i) os pagamentos por atividades agroambientais, ii) o tempo de pastejo dos animais e iii) as penalidades por irregularidades na composição do leite.

Para o cálculo desses indicadores, os autores consideraram a base de dados do *Farm Accountancy Data Network* (FADN)¹⁶ e do *Minerals Policy Monitoring Programme* (LMM)¹⁷. O FADN possui dados econômicos, técnicos e ambientais de fazendas que são aleatoriamente escolhidas na Holanda e em outros países na Europa, enquanto o LMM possui informações adicionais de fazendas na Holanda, tais como técnicas de aplicação de dejetos, rendimento na produção de forragens, instalações dos alojamentos de animais, níveis de drenagem e qualidade do solo (DOLMAN et al., 2014).

Como resultado dessas ponderações, a metodologia aplicada por Dolman et al. (2014) foi selecionada e utilizada como base para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite da amostra de fazendas de Minas Gerais. Portanto, no próximo capítulo será descrita e discutida a ferramenta utilizada por esses autores, buscando identificar os principais parâmetros que foram considerados na avaliação do desempenho da sustentabilidade econômica, ambiental e social. E, com isso, verificar a adequabilidade desse *framework* para a realidade brasileira das fazendas do EDUCAMPO. Num segundo momento, a partir dessa análise crítica, são discutidos e apresentados os parâmetros considerados para a adequação do ferramental proposto por Dolman et al. (2014) para o cálculo dos indicadores de sustentabilidade em MG.

Após a aplicação do ferramental, os resultados obtidos nas para as fazendas de MG foram comparados com os resultados obtidos por Dolman et al. (2014), com a finalidade de identificar os principais parâmetros que diferenciam as duas realidades do ponto de vista da sustentabilidade. Por final, foi realizado outro comparativo, utilizando esses mesmos resultados, entre as fazendas da amostra em análise (EDUCAMPO/MG). Com essa etapa, buscou-se identificar as principais características que diferenciam as operações de produção de leite no Brasil, a partir do exemplo de Minas Gerais, do ponto de vista da sustentabilidade.

¹⁶ O FADN (*Farm Accountancy Data Network*) é um instrumento para avaliação da receita de propriedades agropecuárias e os impactos da Política Agrícola Comum dos países da União Europeia. Esta base é padronizada entre todos os países e fazendas das quais são coletados os dados. Disponível em: <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>

¹⁷ O LMM (*Minerals Policy Monitoring Programme*) foi desenvolvido para avaliar os efeitos da perda de nitrato, decorrente de atividades agropecuárias, na água e os efeitos da mudança de práticas agrícolas sobre estas perdas em fazendas na Holanda. Disponível em: [http://www.luwq2013.nl/upload/256_Hoogeveen_et_al_Dutch_Minerals_Policy_Monitoring_Programme_\(LMM\).pdf](http://www.luwq2013.nl/upload/256_Hoogeveen_et_al_Dutch_Minerals_Policy_Monitoring_Programme_(LMM).pdf)

6 METODOLOGIA DOLMAN ET AL. (2014) PARA ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE

Este capítulo apresenta o *framework* (metodologia) de avaliação de sustentabilidade nas operações de produção de leite desenvolvido por Dolman et al. (2014) e está dividido em duas partes: a primeira apresenta o *framework* e as variáveis consideradas para o cálculo dos indicadores, e a segunda expõe os principais resultados encontrados por Dolman et al. (2014) na amostra de fazendas holandesas (INC e Benchmarking). Estes resultados serviram de base para comparação com o EDUCAMPO.

O Quadro 9 apresenta as variáveis utilizadas nas três dimensões de avaliação de sustentabilidade na produção de leite, segundo a metodologia Dolman et al. (2014)

Quadro 9 – Relação dos indicadores de sustentabilidade utilizados por Dolman et al. (2014).

| Indicadores de sustentabilidade | Unidade de análise |
|--|--------------------------------------|
| Desempenho econômico | |
| Renda da fazenda | €/unidade de trabalho ano - não paga |
| Relação das receitas sobre os custos | €/100 € de custos |
| Desempenho ambiental (ACV) | |
| Ocupação da terra | m ² /kg FPCM |
| Uso de energia não-renovável | MJ/kg FPCM |
| Potencial de aquecimento global | kg CO ₂ eq/kg FPCM |
| Potencial de acidificação | g SO ₂ eq/kg FPCM |
| Potencial de eutrofização | g NO ₃ -eq/kg FPCM |
| Desempenho ambiental (qualidade do solo e água) | |
| Carbono orgânico na área de pastagem | ton/ha |
| P-Al na área de pastagem | mg/100 g solo (0-10cm) |
| Suprimento de nitrogênio do solo da área de pastagem | kg/ha |
| Concentração de nitrato | mg NO ₃ -/litro |
| Concentração de Fósforo | mg P/litro |
| Desempenho social | |
| Tempo de pastejo | horas/vaca |
| Pagamentos por atividades agroambientais | €/ha |
| Penalidade por irregularidades na composição do leite | % |

Fonte: Dolman et al. (2014).

6.1 Indicadores de sustentabilidade da metodologia Dolman et al. (2014)

6.1.1 Indicadores de desempenho econômico

De acordo com Van Passel et al. (2007), a produção agropecuária economicamente viável é capaz de gerar valor suficiente para remunerar todos os recursos de forma adequada no presente e também no futuro. Nesse sentido, Dolman et al. (2014) para avaliar o desempenho econômico de fazendas de leite utilizam como base dois indicadores: i) a renda da fazenda e ii) a relação da receita sobre os custos, mais conhecido como “Retorno sobre Investimento”.

A “renda da fazenda” é o capital da atividade disponível para a remuneração do seu gerenciamento, indicador que decorre da subtração de todos os custos (inclusos os custos de capital, com exceção do pró-labore) da receita da fazenda e é definido pelo *Farm Accountancy Data Network* (FADN) (EUROPEAN COMISSION, 2013). Com a finalidade de padronizar os resultados entre fazendas de diferentes tamanhos, os autores elaboraram esse indicador como uma relação da renda por unidade de trabalho no ano (uta) dos funcionários não pagos da fazenda. Neste caso, os funcionários não pagos são a mão-de-obra familiar que deve receber um pró-labore do seu trabalho. É importante ressaltar, portanto, que o cálculo da “renda da fazenda” não considera os custos de pró-labore da “mão-de-obra não paga” da atividade.

O segundo indicador considera os custos totais da atividade, inclusos os custos de pró-labore, e é calculado como uma relação do custo pela receita da fazenda (Retorno por Investimento). Dolman et al. (2014) utilizaram o Retorno por Investimento como uma relação da receita para cada 100 euros de custo para cada uma das fazendas estudadas.

Para a análise de sustentabilidade na produção de leite em Minas Gerais, foram considerados os mesmos indicadores de desempenho econômico.

6.1.2 Indicadores de desempenho ambiental

Para os indicadores de desempenho ambiental, Dolman et al. (2014) seguiram as premissas da Análise de Ciclo de Vida (ACV). A ACV é um dos mais difundidos métodos para a avaliação do impacto ambiental de produtos e serviços de diferentes setores,

considerando todos os processos no ciclo de vida de uma atividade, no caso, a produção de leite (THOMASSEN et al., 2009). Segundo a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009)¹⁸, a ACV é dividida em quatro fases: i) definição de objetivos e do escopo, ii) análise de inventário do ciclo de vida, iii) avaliação dos impactos ambientais e, iv) interpretação dos resultados, conforme apresentado na Figura 13.

Na primeira etapa se definem os objetivos da avaliação ambiental, o sistema de produção e o perímetro de estudo. Essa etapa serve igualmente para especificar os processos de produção que serão analisados, bem como a unidade funcional considerada (ex.: kg de carne que saem do sistema, kg de leite produzido etc.), além da definição das categorias de impacto que serão consideradas. Na segunda etapa, há a coleta de dados e também são definidos os procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes para o sistema em análise. A terceira etapa consiste na transformação dos recursos utilizados e suas saídas em impactos ambientais potenciais para cada uma das categorias de produção consideradas. Na quarta etapa, os resultados da análise de inventários e da avaliação dos impactos são combinados para se extrair conclusões e recomendações. Essa etapa é importante e permite a proposição de ações para a melhoria dos processos de produção.

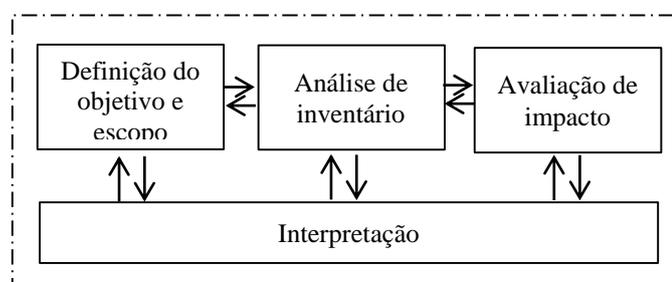


Figura 13 – Estrutura da ACV e suas quatro fases.

Fonte: Léis (2013).

Dolman et al. (2014) quantificaram, dessa forma, o desempenho ambiental das atividades e do funcionamento das fazendas de leite, assim como dos insumos utilizados por elas (fabricação e transporte). Seguindo as etapas apresentadas da ACV, para a primeira delas (“definição do escopo e dos objetivos”), o limite que indica onde o ciclo de vida começa

¹⁸ A norma NBR ISO 14040 descreve os princípios e a estrutura de uma avaliação de ciclo de vida (ACV), enquanto a NBR ISO 14044 descreve as características essenciais de enquadramento metodológico que são necessárias para a realização da avaliação de ciclo de vida (ACV). Ela não fornece os detalhes que concernem os cálculos dos diferentes impactos, mas permite definir as diferentes etapas necessárias à sua realização.

e termina, considerado por Dolman et al. (2014), foi o “*cradle to farm gate*”, ou seja, “do berço à porteira da fazenda” (engloba a extração e beneficiamento de recursos naturais; produtos intermediários; e produção dos produtos principais). Os limites podem ser observados na Figura 14.

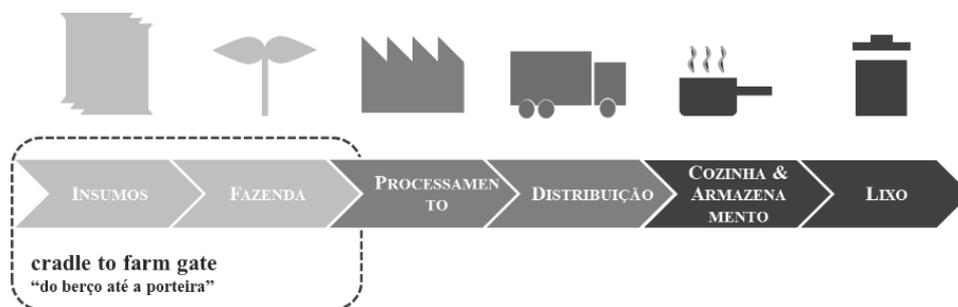


Figura 14 – Limite “*cradle to farm gate*” (ou “do berço até a porteira”) da Análise de Ciclo de Vida (ACV) para análise do desempenho ambiental.

Nessa delimitação, foram considerados todos os impactos ambientais na cadeia de produção antes do momento em que o leite sai da fazenda (“antes da porteira”), relacionados à produção e/ou aquisição dos concentrados e forragens, aquisição de fertilizantes e fitossanitários, materiais utilizados na ordenha e aleitamento, à criação dos animais comprados pela fazenda, entre outros, como pode ser observado na Figura 15 (DOLMAN et al., 2014).

O impacto ambiental decorrente do transporte dos insumos adquiridos externamente à fazenda também foi incluído na análise pelos autores, enquanto os impactos decorrentes da aquisição de produtos veterinários, construções e máquinas foram desconsiderados, devido ao seu impacto ambiental reduzido ou por não variar significativamente dentre as fazendas de leite (DOLMAN et al., 2014). Já os impactos ambientais decorrentes de processos multifuncionais (processos que geram coprodutos resultantes da produção de leite, como animais e produtos agrícolas) foram alocados tomando-se por base o valor econômico relativo de cada um dos subprodutos comercializados, por exemplo, o leite e os bezerros.

Os autores quantificaram, portanto, os seguintes indicadores de desempenho ambiental: i) a ocupação da terra (OT); ii) o uso de energia não renovável (UENR); iii) o potencial de aquecimento global (PAG); iv) o potencial de acidificação (PA) e o potencial de eutrofização (PE), expressos por quilograma do valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (FPCM). A unidade funcional FPCM foi utilizada, já que em média

90% das receitas de fazendas de leite se originam do próprio leite (DOLMAN et al., 2014). Dessa forma, as categorias de impacto consideradas foram, para o *uso de recursos*, a terra (área) e a energia; para a *emissões*, foram a mudança climática, a acidificação e a eutrofização nas fazendas de leite.

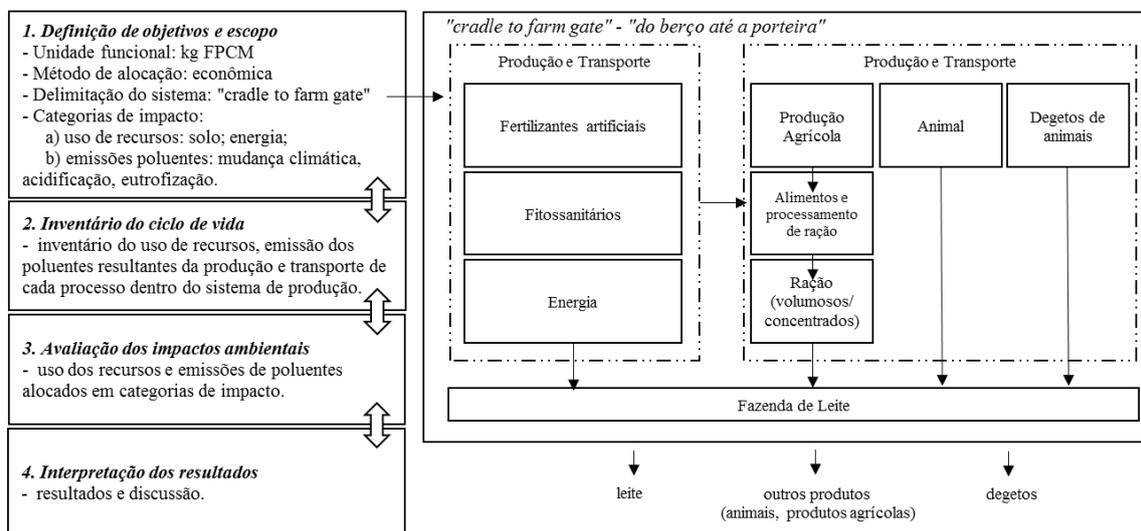


Figura 15 – Estágios do Ciclo de Vida incluídos na avaliação do impacto ambiental na produção de leite.

Fonte: Adaptado de Dolman et al. (2014) e Thomassen et al. (2009).

Num segundo momento, Dolman et al. (2014) também mensuraram parâmetros da qualidade do solo e água nas fazendas, já que esses fatores têm impactos ambientais regionais.

Mesmo que autores como Thomassen et al. (2009), apontem a indisponibilidade de um método amplo para avaliação da biodiversidade, da qualidade do solo e da água dentro das fazendas, Dolman et al. (2014) consideram indicadores de desempenho ambiental focados nos parâmetros de qualidade do solo e água por meio dos seguintes indicadores: i) teor de carbono orgânico no solo (TCS); ii) teor de fósforo no solo (TPS) e iii) suprimento de nitrogênio do solo (SNS).

No segundo estágio, o "inventário do ciclo de vida" (ICV), Dolman et al. (2014) computaram o ICV por cada produto adquirido pelas fazendas de leite, que considerou os recursos utilizados e os *outputs* relacionados à produção, processamento e transporte de cada unidade desses produtos. Os ICVs da criação dos animais, produção de concentrados, forragens, materiais utilizados na ordenha e aleitamento, dejetos animais, foram calculados a partir dos dados disponíveis de cada fazenda na base do *Farm*

Accountancy Data Network (FADN)¹⁹, conforme apresentado no Quadro 10. Para o cálculo do impacto de cada um dos parâmetros considerados, os autores utilizaram como base os fatores de Heijungs et al. (1992) para o potencial de acidificação e o potencial de eutrofização. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)²⁰ de 2007 foi utilizado para o Potencial de Aquecimento Global (PAG). A ocupação da terra foi calculada em metros quadrados por ano e o uso de energia foi calculado em mega joules (MJ) de energia primária

Quadro 10 – Fatores e processos de produção considerados para o cálculo dos indicadores de desempenho ambiental das fazendas de leite na Holanda.

| Processos e Fatores de Produção Considerados na ACV |
|--|
| Aquisição |
| Concentrados (produção, transporte, processamento) |
| Insumos para a produção de forragens (produção, transporte, processamento) |
| Forragens (produção, transporte) |
| Animais (produção, transporte) |
| Produção |
| Pastagens/Forragens/Grãos |
| Sementes (produção, transporte e processamento) |
| Fitossanitários (produção, transporte e processamento) |
| Adubos minerais (produção, transporte e processamento) |
| Energia (uso) |
| Criação dos animais e produção de leite |
| Alimentos (concentrados/forragens) |
| Aleitamento e ordenha |
| Dejetos (manejo) |

Fonte: Adaptado de Dolman et al. (2014).

Para o cálculo das excreções de cada fazenda e das emissões gasosas, os autores consideraram a excreção de N e P subtraindo o teor de N e P que foi fixado no leite e nos animais, pelo total de N e P disponível na alimentação. O total consumido de concentrados foi obtido na base de dados do FADN de cada fazenda. Para quantificar o total de consumo de forragens (volumosos), foi considerada a necessidade energética do

¹⁹ A coleta dos dados para essa base é realizada anualmente pelos países membros da UE, fundamentada em um plano de amostragem para cada uma das regiões da UE. A metodologia de amostragem aplicada pelo FADN procura prover dados representativos com base em três dimensões: região, tamanho econômico e tipo de produção agropecuária. Atualmente a amostragem anual considera aproximadamente 80.000 propriedades, representando a população de cinco milhões de fazendas da UE, que cobrem mais de 90% da área agrícola e detêm 90% do total da produção desse grupo de países. O questionário aplicado possui ao redor de 1.000 variáveis que englobam dados físicos e estruturais das propriedades agropecuárias, assim como dados econômicos e financeiros (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

²⁰ *Intergovernmental Panel on Climate Change*

rebanho leiteiro para cada fazenda, baseada no total de animais (inclusive os jovens), nível de produção de leite, raça, sistema de pastejo e aleitamento.

Dolman et al. (2014) calcula o total de consumo de forragens a partir da subtração da energia adquirida nos concentrados pelo total da necessidade energética do rebanho, de forma que o total de energia ingerido em forragens foi convertido em N e P consumidos, baseados na razão de energia-nutrientes das forragens. Para cada fazenda, os autores calcularam a perda de N gasoso a partir do total de nitrogênio amoniacal (TNA) disponível nos dejetos dos animais. Para isso, foram assumidos valores da concentração de TNA disponível no N mineral nos dejetos e em seguida os fatores de emissão de NH_3 , NO_x e N_2O dos dejetos em relação ao TNA encontrado.

Para o cálculo de TNA disponível no N mineral dos dejetos, os autores consideraram a concentração de 68% e 77% de TNA no período de inverno e verão, respectivamente. O cálculo das emissões de NH_3 - (amônia) foi baseado em um fator de emissão que variou de 10,9% a 15,4% do TNA, no inverno, e de 10,1% a 31,0%, no verão, sendo a variação decorrência do tipo sistema de aleitamento adotado nas fazendas estudadas. As emissões de NO_x e N_2O foram calculadas como 0,3% do total de TNA dos dejetos, para qualquer tipo de aleitamento dos animais.

Os autores calcularam as emissões de amônia (NH_3 -) dos dejetos depositados durante o pastejo dos animais e também que foram manejados e depois aplicados na área das fazendas. Para isso, assumiram um fator de emissão no pastejo de 3,5% do total de TNA e, para a aplicação dos dejetos, um fator que variou de 19% a 74% do TNA, dependendo da técnica de aplicação e de os dejetos terem sido aplicados em áreas de pastagens ou em áreas agricultáveis (aráveis).

Em complemento à ACV, para o cálculo dos indicadores de qualidade do solo e da água na fazenda, o teor de carbono orgânico no solo (TCS, g/100 g de solo), o teor de fósforo no solo (TPS, P-Al mg/100 g solo) e o suprimento de nitrogênio do solo (SNS, kg/ha), Dolman et al. (2014) consideram as informações de qualidade do solo disponíveis no *Minerals Policy Monitoring Programme* (LMM).

O terceiro estágio da ACV no estudo de Dolman et al. (2014) traduz as informações dos recursos utilizados e seus *outputs* nos impactos ambientais de cada um dos fatores e

processos de produção considerados. No quarto estágio, os resultados foram interpretados e discutidos perante a problemática tratada pelos autores.

Para a análise do desempenho ambiental na produção de leite em Minas Gerais, foram considerados os mesmos indicadores, seguindo os parâmetros da ACV adotada por Dolman et al. (2014). Portanto, foram calculados para a realidade brasileira das fazendas de leite de Minas Gerais: i) a ocupação da terra (OT); ii) o uso de energia não renovável (UENR); iii) o potencial de aquecimento global (PAG); iv) o potencial de acidificação (PA) e o potencial de eutrofização (PE), expressos por quilograma do valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (FPCM).

Os indicadores de desempenho ambiental de qualidade do solo e da água dentro das fazendas não foram calculados em razão da necessidade de informações detalhadas da qualidade química dos solos e água de cada uma delas. No Brasil, não existe uma base de dados secundária como a LMM da Holanda que possibilite o cálculo desses indicadores. É importante ressaltar que no trabalho de Thomassen et al. (2009) esses indicadores também não foram utilizados pois, de acordo com os autores, não há um método de avaliação amplo que seja aceito para esse tipo de análise.

6.1.3 Indicadores de desempenho social

Para os indicadores de desempenho social, Dolman et al. (2014) consideraram três indicadores: i) os pagamentos por atividades agroambientais (euro/ha), ii) o tempo de pastejo dos animais (horas/vaca) e iii) as penalidades por irregularidades na composição do leite (% do leite). Segundo os autores, devido à falta de dados das condições de trabalho e também da qualidade da paisagem no banco FADN, eles não foram incluídos na análise.

Os (i) pagamentos por atividades agroambientais foram utilizados como uma *proxy* para abordar os serviços do ecossistema das fazendas de leite, pois toma como base a conservação da natureza ou a proteção dos pássaros que é prestada pelos produtores rurais. O (ii) tempo de pastejo dos animais foi considerado como um indicador de bem-estar animal e também de percepção social, e o indicador de (iii) penalidades por irregularidades na composição do leite (% do leite) procura estimar uma mensuração da segurança alimentar.

Pode-se verificar que a metodologia de Dolman et al. (2014) foca apenas no atributo de sustentabilidade social externa da atividade, de acordo com os atributos de sustentabilidade na produção de leite elencados por Van Calker et al. (2006), deixando de lado o atributo de sustentabilidade social interna, identificado por esses autores como as condições de trabalho no estabelecimento agropecuário.

Apesar da relevância da mensuração do desempenho social, poucos dados que reflitam esses aspectos sociais são obtidos regularmente de fazendas produtoras de leite, mesmo em projetos como o FADN e o EDUCAMPO, dificuldade que também é salientada por Dolman et al. (2014) e outros autores como Lebacqz, Baret e Stilmant (2013) em seus estudos de avaliação da sustentabilidade na produção agropecuária.

Para esta dissertação, nenhum dos parâmetros acima citados possuem dados específicos coletados rotineiramente e disponíveis na base do EDUCAMPO. Apesar disso, o parâmetro “serviços de ecossistema (qualidade da paisagem) providos pelos produtores rurais”, considerado por Dolman et al. (2014) pelo indicador de “pagamentos por atividades agroambientais (euro/ha)”, pode ser atribuído nas fazendas de leite em Minas Gerais tomando-se como *proxy* as áreas de proteção de mata nativa de cada uma delas, sendo a soma das áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL)²¹ que possuem. O parâmetro “penalidades por irregularidades na composição do leite (% do leite)” que procura estimar uma mensuração da segurança alimentar, pode ser considerado também como a representatividade (em %) no valor do leite que provém por bonificação que pode ser tanto atribuída ao total de leite produzido como na qualidade do leite²² entregue em razão do total da Contagem de Células Somáticas (CCS), Contagem Bacteriana Total (CBT), Teor de Gordura e Teor de Proteína. Portanto, quando recebidas bonificações na venda do leite em relação a qualidade do que foi comercializado, esse valor também pode ser relacionado com o atributo “segurança alimentar” considerado por Dolman et al. (2014).

²¹ As áreas de Reserva Legal (RL) e de Preservação Permanente (APP) são previstas pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa em território brasileiro, tendo revogado o Código Florestal Brasileiro, de 1965, e fornece diretrizes para preservação e recomposição de áreas nativas para os diversos biomas do Brasil.

²² Rotineiramente os laticínios fazem a análise da qualidade e composição do leite na aquisição do leite dos produtores rurais. Esse processo é baseado em análises químicas e físicas a partir da amostragem do leite que foi comprado.

6.2 Principais resultados de Dolman et al. (2014) na avaliação da sustentabilidade de fazendas de leite na Holanda

A partir dos processos descritos acima, Dolman et al. (2014) calcularam os indicadores de desempenho de sustentabilidade para fazendas INC e fazendas convencionais de produção (*benchmarkings*), na Holanda. Os autores calcularam esses indicadores para as operações de 9 fazendas INC e outras 28 fazendas *benchmarking* delas, para os anos de 2008 e 2009, e fizeram um comparativo entre as médias dos indicadores calculados, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados obtidos por Dolman et al. (2014). Médias e desvio padrão (σ) dos desempenhos econômico, ambiental e social das fazendas produtoras de leite INC e *Benchmarking* (2008 e 2009) na Holanda.

| Indicador de desempenho | Média Benchmark (σ) | Média INC(σ) | P |
|---|--|---------------------------------------|----------|
| Desempenho econômico | | | |
| Renda da fazenda (€/unid. trabalho ano - não paga) | -6.294 (32.305) | -5.398 (30.748) | ns |
| Relação receitas sobre os custos (€/100 € de custos) | 77 (16) | 77 (18) | ns |
| Desempenho ambiental (ACV) | | | |
| <i>Ocupação da terra</i> | | | |
| Dentro da Fazenda (m ² /kg FPCM) | 0,8 (0,1) | 0,8 (0,1) | ns |
| Fora da Fazenda (m ² /kg FPCM) | 0,6 (0,3) | 0,5 (0,1) | ns |
| Total (m ² /kg FPCM) | 1,4 (0,3) | 1,3 (0,2) | ns |
| <i>Uso de energia não-renovável</i> | | | |
| Dentro da Fazenda (MJ/kg FPCM) | 1,0 (0,2) | 0,8 (0,2) | ** |
| Fora da Fazenda (MJ/kg FPCM) | 4,9 (0,9) | 4,3 (0,8) | * |
| Total (MJ/kg FPCM) | 5,9 (1) | 5,0 (0,8) | * |
| <i>Potencial de aquecimento global</i> | | | |
| Dentro da Fazenda (kg CO ₂ eq/kg FPCM) | 0,8 (0,1) | 0,8 (0,1) | ns |
| Fora da Fazenda (kg CO ₂ eq/kg FPCM) | 0,6 (0,1) | 0,5 (0,1) | ns |
| Total (kg CO ₂ eq/kg FPCM) | 1,4 (0,2) | 1,3 (0,2) | ns |
| <i>Potencial de acidificação</i> | | | |
| Dentro da Fazenda (g SO ₂ eq/kg FPCM) | 6,2 (3) | 5,4 (3,8) | ns |
| Fora da Fazenda (g SO ₂ eq/kg FPCM) | 4,9 (1,1) | 4,3 (0,8) | ns |
| Total (g SO ₂ eq/kg FPCM) | 11,1 (3,4) | 9,7 (4) | ns |
| Dentro da Fazenda (kg SO ₂ eq/ha) | 77 (41) | 70 (50) | ns |
| Fora da Fazenda (kg SO ₂ eq/ha) | 90 (32) | 90 (17) | ns |
| Total (kg SO ₂ eq/ha) | 79 (22) | 77 (30) | ns |
| <i>Potencial de eutrofização</i> | | | |
| Dentro da Fazenda (g NO ₃ -eq/kg FPCM) | 34,4 (16,4) | 30,3 (20,5) | ns |
| Fora da Fazenda (g NO ₃ -eq/kg FPCM) | 43,9 (14,7) | 35,1 (8,7) | ns |
| Total (g NO ₃ -eq/kg FPCM) | 78,3 (24,2) | 65,4 (26,2) | ns |
| Dentro da Fazenda (kg NO ₃ -eq/ha) | 530 (147) | 536 (164) | ns |
| Fora da Fazenda (kg NO ₃ -eq/ha) | 432 (202) | 403 (251) | ns |
| Total (kg NO ₃ -eq/ha) | 792 (267) | 733 (172) | ns |
| Desempenho ambiental (qualidade do solo e água da fazenda) | | | |
| Carbono orgânico na área de pastagem (ton/ha) | 156 (38) | 186 (39) | * |
| P-Al na área de pastagem (mg/100 g solo (0-10cm)) | 37 (8) | 36 (4) | ns |
| Suprimento de Nitrogênio do solo da área de pastagem (kg/ha) | 192 (18) | 196 (13) | ns |
| Concentração de nitrato (mg NO ₃ -/litro) | 19,4 (19,7) | 12 (12) | ns |
| Concentração de fósforo (mg P/litro) | 0,1 (0,2) | 0,7 (1,1) | ns |
| Desempenho social | | | |
| Tempo de pastejo (horas/vaca) | 2.626 (1.330) | 2.006 (1.312) | ns |
| Pagamentos por atividades agro-ambientais (€/ha) | 23 (47) | 166 (175) | ** |
| Penalidades por irregularid. na comp. do leite (%) | 3,0 (4,2) | 1,4 (3,1) | ns |

*: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

ns: não significativo

Fonte: Dolman et al. (2014).

Os *benchmarkings* foram escolhidos em uma amostra de 288 fazendas convencionais de leite da base de dados FADN. Essa seleção foi realizada estatisticamente, tomando por base o vizinho mais próximo (*nearest neighbours*), minimizando as funções de distância (função euclidiana) entre as fazendas convencionais e INC, fundamentada em variáveis estruturais e de produção como: tamanho da fazenda (total produzido de leite em FPCM), produção de leite por vaca (FPCM/vaca), intensidade da produção por unidade de área (FPCM/ha) e condições específicas da região (teor de N no solo, composição física do solo e % de água). Os dados médios e desvio padrão das principais características consideradas para o *benchmarking* entre as fazendas INC e convencionais estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios e desvio padrão (σ) das características estruturais e de produção das fazendas de leite *Benchmark* e INC avaliadas por Dolman et al. (2014)) na Holanda. (2008 e 2009).

| Característica | Média Benchmark (σ) | Média INC (σ) | P |
|---|--|--|----------|
| Área da fazenda | | | |
| Área utilizada para agricultura (ha) | 48,3 (23) | 50,1 (19) | ns |
| Área de pasto (%) | 89 (11) | 97 (6) | * |
| Área arável/agrícola (%) | 11 (10) | 3 (5) | * |
| Solos arenoso (%) | 67 (49) | 60 (44) | ns |
| Solos orgânicos (%) | 0 (0) | 1 (1) | ** |
| Solos argilosos (%) | 33 (49) | 39 (44) | ns |
| Solos com drenagem baixa (%) | 22 (20) | 19 (18) | ns |
| Solos com drenagem moderada (%) | 77 (21) | 79 (17) | ns |
| Solos com drenagem alta (%) | 1 (5) | 2 (5) | ns |
| Produção animal | | | |
| Vacas (#) | 72,6 (35,9) | 74,8 (35,2) | ns |
| Mão de obra (uta) | 1,5 (0,5) | 1,6 (0,5) | ns |
| Produção total de leite (kg FPCM) | 574.263 (281.999) | 573.525 (255.106) | ns |
| Produção de leite por vaca (kg FPCM) | 7.907 (855) | 7.663 (691) | ns |
| Produção de leite por hectare (kg FPCM) | 11.900 (1.385) | 11.439 (1.565) | ns |

*: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

ns: não significativo

uta: unidade de trabalho ano

Fonte: Dolman et al. (2014).

Conforme já referido, nos resultados encontrados por Dolman et al. (2014), a maior parte dos indicadores não apresentou diferença significativa entre as fazendas INC e as de produção convencional, com exceção do uso de energia não-renovável, carbono orgânico no solo e pagamentos por atividades agroambientais. Os resultados de cada um dos indicadores de desempenho da sustentabilidade calculados por Dolman et al. (2014), apresentados na Tabela 5, foram utilizados como base de comparação com os resultados

calculados nesta dissertação para as fazendas do banco de dados EDUCAMPO em Minas Gerais.

7 ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE EM MINAS GERAIS

Como apresentado em capítulos anteriores, a metodologia empregada por Dolman et al. (2014) serviu como base teórica para a avaliação do desempenho sustentável das operações da produção de leite em fazendas localizadas da região Sul/Sudoeste de Minas Gerais, utilizando como base os dados do banco do Projeto EDUCAMPO. Este capítulo está agregado ao APÊNDICE A, onde é apresentado todo o memorial de cálculos dos indicadores de sustentabilidade.

O continente europeu merece destaque uma vez que é pioneiro neste âmbito de estudo e também possui a maior disponibilidade de dados técnicos e acadêmicos publicados globalmente. Cenário que reflete na ampla utilização de bases de dados e metodologias de cálculo europeias para a realização de inventários e cálculos dos impactos ambientais e sociais em outras partes do mundo.

Desta maneira, para a estimativa destes indicadores nas fazendas de Minas Gerais foram utilizados fatores de emissão/conversão e constantes mais adequadas à realidade brasileira sempre que possível. Ajuste de extrema relevância que reflete na maior precisão dos cálculos e conseqüentemente, na melhor representação dos resultados da produção agropecuária no Brasil (ALVARENGA; PRUDÊNCIO DA SILVA; SOARES, 2012; CRUZ, 2013; LÉIS et al., 2014; PRUDÊNCIO DA SILVA et al., 2014; RUVIARO et al., 2012; SIQUEIRA; DURU, 2015). As diferenças entre os fatores decorre principalmente dos tipos de matéria-prima disponíveis e insumos adquiridos, das condições edafoclimáticas, dos padrões raciais, de níveis tecnológicos e também do tipo de manejo que é empregado nas operações agropecuárias (LÉIS et al., 2014; PRUDÊNCIO DA SILVA et al., 2014; RUVIARO, 2012).

Após a etapa de cálculos dos indicadores de desempenho econômico, ambiental e social, os resultados das fazendas do EDUCAMPO foram confrontados com os indicadores calculados por Dolman et al. (2014). Este comparativo foi realizado através de um teste de médias entre cada um dos indicadores com a finalidade de identificar as diferenças do desempenho sustentável entre as duas realidades.

Por último, foi desenvolvida uma análise de conglomerados (ou *clusters*) entre as fazendas do EDUCAMPO, tomando por base os indicadores de desempenho sustentável que foram calculados com base no *framework* de Dolman et al. (2014). Procurou-se com esta análise identificar as características estruturais, tecnológicas e gerenciais que melhor expliquem os *clusters* que foram formados.

O detalhamento do processo metodológico para cada uma dessas etapas é apresentado nos subtópicos seguintes e também no APÊNDICE A.

7.1 Perfil das unidades produtoras de leite do EDUCAMPO

Neste tópico foram apresentadas e discutidas as principais características estruturais, de produção animal e também econômicas das fazendas do Sul/Sudoeste de Minas Gerais. Estes dados referem-se ao ano safra de 2014/2015.

As fazendas avaliadas possuem uma grande especialização na produção de leite, uma vez que 92% das receitas provém da venda do leite. Cenário que evidencia a maior adoção de sistemas de produção intensivos e semi-intensivos na amostra, onde 58% das fazendas estão sob sistemas intensivos de produção, 36% em semi-confinamento e apenas 6% em produção extensiva. Todas as propriedades possuem sistema de ordenha mecânico e o grau sanguíneo predominante é o de raça Holandesa, com exceção de apenas duas fazendas que possuem em maior proporção o Gir Leiteiro (raça zebuína). Com relação ao desempenho na produção de leite, em média o primeiro parto ocorre aos 29 meses e a produção média de leite por animal diária (padronizado para um período de lactação de 305 dias) é de 23,6 litros.

Na Tabela 7 são apresentadas as médias, o desvio padrão e o menor e o maior valor para cada uma das principais características das fazendas de leite do EDUCAMPO. Em média, a área das fazendas é de 103,5 ha, dentre os quais 76% são compostos por forrageiras perenes (41,7%) e anuais (34,6%), e outros 6% estão destinados a áreas de reserva ou de mata nativa. A produção média de leite por fazenda é de 2,3 mil kg FPCM por dia, o equivalente a uma produtividade anual por hectare de 9.426 kg FPCM, cuja lotação média é de 3,2 cab./ha.ano. Ao analisar o rebanho produtivo, estas fazendas possuem em média 109 vacas em lactação, o que equivale a 40% do rebanho produtivo ou 81,5% do total de

vacas. A produtividade diária por animal lactante é de 23,6 kg FPCM e a conversão alimentar é de 1,1 kg FPCM/kg MSI²³ e de 2,1 kg FPCM/kg de concentrado consumido na propriedade. Em razão da especialização e do tamanho das fazendas verifica-se também o elevado número de funcionários por propriedade, que em média é de 5,6 uta.

Tabela 7 – Valores médios, desvio padrão (σ) e valores mínimos e máximos das principais características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015.

| Característica | Média (σ) | Mínimo | Máximo |
|--|------------------------------------|---------------|---------------|
| Área da fazenda | | | |
| Área total (ha) | 103,5 (93,7) | 10 | 464 |
| Área utilizada para produção agropecuária (ha) | 93,3 (76,1) | 10 | 338 |
| Área de forrageira ou agrícola (ha) | 76,3 (63,7) | 5 | 257 |
| Área culturas perenes (ha) | 41,2 (42,2) | 1 | 210 |
| Área culturas anuais (ha) | 35,1 (35,9) | 0 | 174 |
| Área de mata nativa (ha) | 10,2 (21,7) | 0 | 126 |
| % Área forrageira pela área total | 76,3 (17,7) | 35 | 100 |
| % Área culturas perenes pela área total | 41,7 (23,5) | 3 | 91 |
| % Área culturas anuais pela área total | 34,6 (22,5) | 0 | 80 |
| % Área mata nativa pela área total | 6,1 (7,8) | 0 | 27 |
| Dados estruturais, MO e insumos | | | |
| Mão de obra contratada (uta) | 5,6 (3,8) | 1,7 | 15,7 |
| Mão de obra familiar que atua na empresa (uta fam) | 1,7 (0,8) | 1,0 | 3,0 |
| Concentrados consumidos (kg/100 kg FPCM) | 54,3 (19,5) | 22,2 | 102,3 |
| Outros alimentos comprados (kg/100 kg FPCM) | 59,2 (24,8) | 5,5 | 115,5 |
| Uso de diesel (l/100 kg FPCM) | 1,2 (1) | 0,0 | 4,8 |
| Uso de eletricidade (kWh/100 kg FPCM) | 6,01 (2,5) | 1,4 | 13,0 |
| Uso de fertilizantes artificiais (kg N/ha) | 156,6 (171,5) | 0,0 | 934,7 |
| Uso de corretivos (kg CaO/ha) | 90,3 (147,2) | 0,0 | 746,4 |
| Produção | | | |
| Vacas total (#) | 132,7 (107,5) | 13 | 543 |
| Vacas lactantes (#) | 109 (90,2) | 11 | 471 |
| Vacas lactantes / Total de vacas (%) | 81,5 (6,8) | 61,2 | 98,7 |
| Rebanho produtivo (%) | 40 (7,2) | 23,5 | 54,0 |
| Lotação por área pecuária (cab/ha) | 3,2 (1,5) | 1,4 | 10,3 |
| Produção total de leite (kg FPCM) | 845.461 (835.649) | 103.840 | 4.383.518 |
| Produção de leite por hectare (kg FPCM) | 9.426 (5436) | 2.640 | 30.206 |
| Produção diária por vaca (kg FPCM) - 305 dias | 23,6 (5,2) | 11,1 | 34,1 |
| Produção anual por vaca (kg FPCM) | 7.185 (1591) | 3.379 | 10.387 |
| Produção diária de leite (kg FPCM) | 2.316 (2289) | 284 | 12.010 |
| Produção diária por uta (kg FPCM/uta) | 365 (149) | 131 | 839 |
| Gordura no leite (%) | 3,7 (0,2) | 3,2 | 4,0 |
| Proteína no leite (%) | 3,2 (0,1) | 3,0 | 3,4 |
| Leite/Concentrado consumido (kg FPCM/kg) | 2,1 (0,9) | 1,0 | 4,5 |
| Conversão alimentar vacas lactantes (kg FPCM/kg MSI) | 1,1 (0,2) | 0,6 | 1,6 |

²³ MSI: Matéria Seca Ingerida

| Econômicos | | | |
|---|------------|-------|------|
| Representatividade do leite nas receitas (%) | 91,9 (5,1) | 75,0 | 98,2 |
| Receita do leite (R\$/litro) | 1,2 (0,1) | 0,95 | 1,38 |
| COE/litro de leite (R\$/litro) | 1,0 (0,3) | 0,57 | 2,09 |
| COT/litro de leite (R\$/litro) | 1,1 (0,3) | 0,72 | 2,22 |
| CT/litro de leite (R\$/litro) | 1,2 (0,3) | 0,86 | 2,31 |
| Lucro/litro de leite (R\$/litro) | 0 (0,3) | -1,14 | 0,43 |
| Custo mão-de-obra na atividade / Renda bruta do leite (%) | 12,8 (6,2) | 0,4 | 34,6 |
| Custo volumoso na atividade / Renda bruta do leite (%) | 14,4 (5,8) | 4,3 | 29,1 |
| Custo concentrado na atividade / Renda bruta do leite (%) | 38,2 (9,2) | 15,6 | 59,1 |

COE: Custo Operacional Efetivo; COT: Custo Operacional Total; CT: Custo Total

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

uta: unidade de trabalho ano

Do ponto de vista estrutural, verifica-se na Figura 16 que a maioria das fazendas (~60%) possuem menos de 100 hectares de área total, outras 30% estão enquadradas no intervalo de área de 100 a 200 hectares e apenas 10% possuem mais de 200 hectares. É importante ressaltar que praticamente metade das fazendas não possuem área de mata nativa/reserva. Ao considerar a média de todas as propriedades, observa-se que 6% da área total é destinada para essa finalidade.

Com relação ao desempenho da produtividade por animal, apenas duas fazendas tiveram médias de produção diárias por vaca em lactação inferiores a 15 kg FPCM, ou 4.575 kg FPCM/vaca.ano (Figura 16 e Figura 17). O menor valor encontrado entre todas as fazendas foi de 3.378 kg FPCM/vaca.ano (fz.200), este valor semelhante à média da produtividade das fazendas de leite mais especializadas e tecnificadas dentro do Brasil, de 3.389 kg FPCM/vaca.ano (IBGE, 2006). Vale lembrar que este grupo de fazendas representam menos de 1% das propriedades produtoras de leite do Brasil, mas são responsáveis por 16% da produção nacional (IBGE, 2006). Ressalta-se ainda que aproximadamente 75% das fazendas da amostra possuem produtividade por animal superior a 20 kg FPCM/dia (o equivalente a 6.100 kg FPCM/vaca.ano).

O perfil apresentado por estas fazendas mostra o elevado nível de especialização e tecnificação que possuem em comparação à maior parte das propriedades produtoras de leite no Brasil (IBGE, 2006). Essa condição reflete em características tecnológicas e de produção elevadas em cada uma dessas unidades de produção, como: sistema de ordenha 100% mecânico, média de 2,3 ordenhas por animal.dia, fornecimento de concentrado durante todo o ano para as vacas em lactação, além da predominância de sistemas intensivos e semi-intensivos de produção.

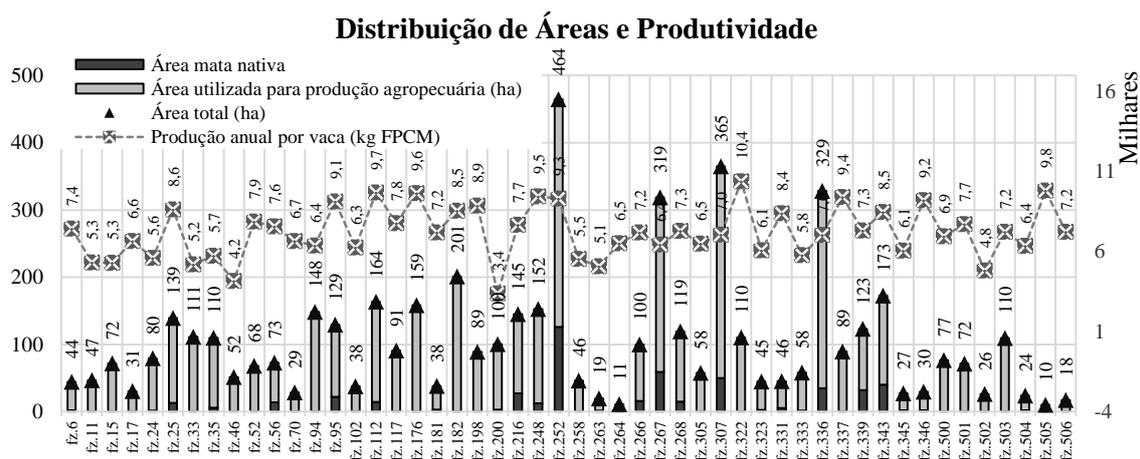


Figura 16 – Produtividade anual das vacas em lactação (em 1.000 kg FPCM/vaca.ano), área total, área destinada à produção agropecuária e área de mata nativa em hectares (ha) para as fazendas de leite em Minas Gerais.

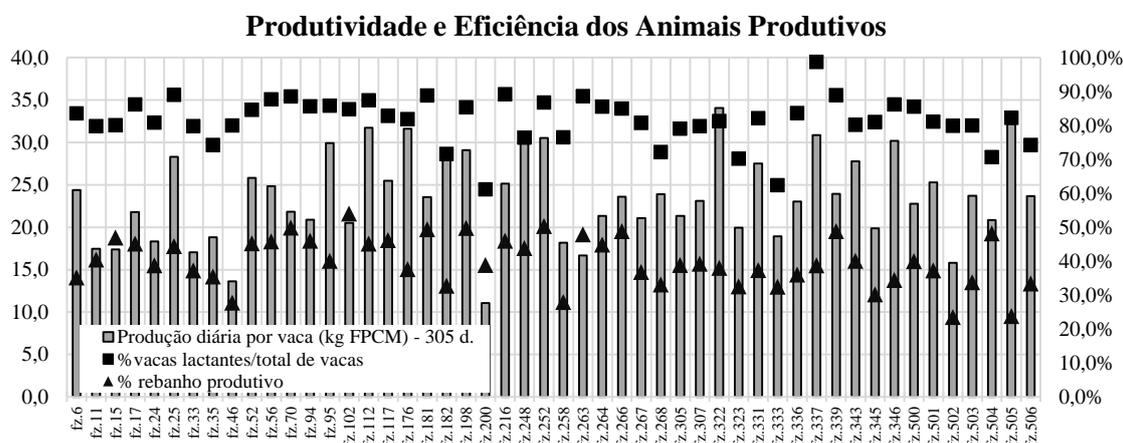


Figura 17 – Produtividade por vaca ordenhada em kg FPCM/vaca.dia e eficiência da produção do rebanho produtivo em relação ao total de vacas e ao total do rebanho em %.

Do ponto de vista nutricional, a alimentação dos animais provém de áreas de pastagens cultivadas e nativas, concentrados e volumosos que são comprados e/ou produzidos nas mesmas fazendas. Dentre as pastagens, a sua grande maioria são áreas de *Brachiária*, com presença de módulos de retro (rotacionado ou não) também de *Brachiária* ou de *Panicum* em algumas das fazendas. Os concentrados são fornecidos durante todo o ano para as vacas lactantes e na maioria das fazendas também são fornecidos na recria das fêmeas. Nos volumosos predomina a produção e/ou compra de Silagem de Milho, Cana-de-Açúcar como Capineira, Bagaço de Cana-de-Açúcar e em algumas propriedades a Aveia Forrageira. Tomando por base as dietas de cada uma das propriedades, em média a composição alimentar (volumosos + concentrados) calculada de todas as fazendas teve um teor de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) de 62,25% e Proteína Bruta (PB) de 8,6%.

O concentrado fornecido para todas as fazendas varia em razão da sua composição de alimentos e, conseqüentemente, do teor de Proteína Bruta (PB), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), e outros parâmetro nutricionais. Neste estudo, devido à baixa precisão sobre os componentes da ração em cada uma das propriedades e também das diferenças no fornecimento para as diversas categorias animais presentes, foi considerado o fornecimento de um concentrado padrão com 22% de Proteína Bruta (PB) decorrente da mistura de Milho Moído e Farelo de Soja para todas as fazendas²⁴. Para o cálculo da proporção de cada um desses componentes foi considerado o método do Quadrado de Pearson²⁵ e obteve-se a mistura de 67,3% de soja e 32,7% de milho para a composição do concentrado com 22% de PB.

Em relação aos resultados econômicos de cada uma das fazendas, verificou-se que em todas as fazendas tiveram a representatividade da receita do leite superior aos 75% da receita total. Ao analisar o Lucro (Receita – Custo Total) da atividade leiteira dessas propriedades, o valor médio encontrado foi igual a zero. Apesar disso, em mais da metade das fazendas (31), o Lucro foi positivo, de forma que a média da amostra foi puxada por algumas fazendas que apresentaram uma elevada ineficiência econômica no período em análise (ex.: fz 15, fz 117 e fz 505). A Figura 18 mostra detalhadamente o COE (Custo Operacional Efetivo), o COT (Custo Operacional Total), o CT (Custo Total) e a Receita em R\$ por litro de leite comercializado, em valores nominais, para o período de maio/2014 a abril/2015.

²⁴ Para a estimativa deste padrão de concentrado, foram contatados especialistas do Centro de Estudos Avançados de Economia Aplicada (Cepea/Esalq-USP), do EDUCAMPO/Sebrae e também o Eng. Agrônomo Miguel Shiota (consultor especializado em produção pecuária), por meio de contato telefônico em maio de 2015.

²⁵ O Quadrado de Pearson é um método difundido e utilizado para calcular a composição alimentar de rações com a concentração de PB já pré-definida. Este método leva por base o valor relativo (percentual) de um determinado nutriente, para então balancear a composição de uma ração. Nesse método, podem ser utilizados dois alimentos ou grupos de alimentos previamente misturados (SALMAN; OSMARI; SANTOS, 2011).

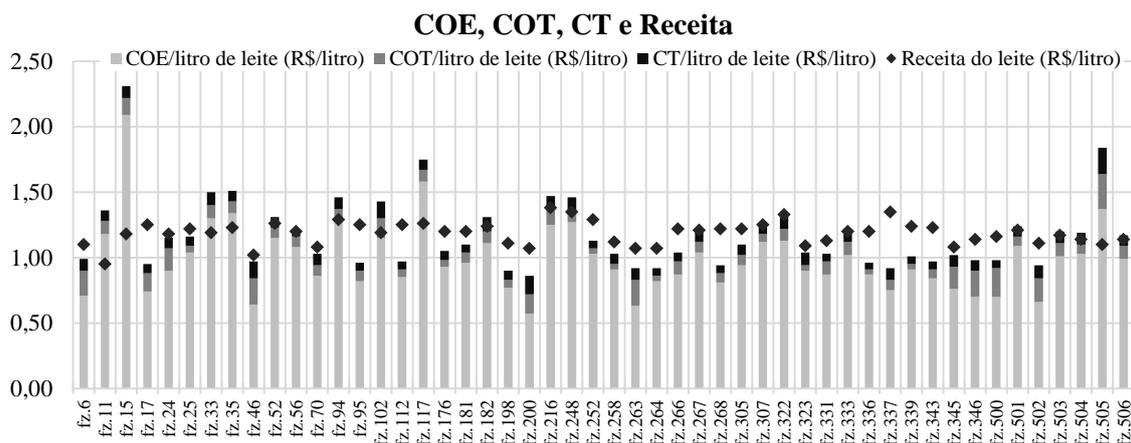


Figura 18 – Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT), Custo Total (CT) e Receita em reais por litro de leite (R\$/litro) das fazendas do EDUCAMPO em Minas Gerais.

Como apontado por Dolman et al. (2014), ao fazer um comparativo do desempenho sustentável entre fazendas deve-se considerar padrões edafoclimáticos, geográficos e estruturais semelhantes para um maior refinamento na análise. Deste modo, ao avaliar a disposição geográfica das fazendas, verifica-se que 49 das 50 fazendas analisadas estão localizadas na região Sul/Sudoeste de Minas Gerais (H), com apenas uma propriedade na região Oeste (G) do estado, conforme apresentado na Figura 19. Mesmo com a diferença geográfica, ambas as localidades são bastante semelhantes do ponto de vista edafoclimático.

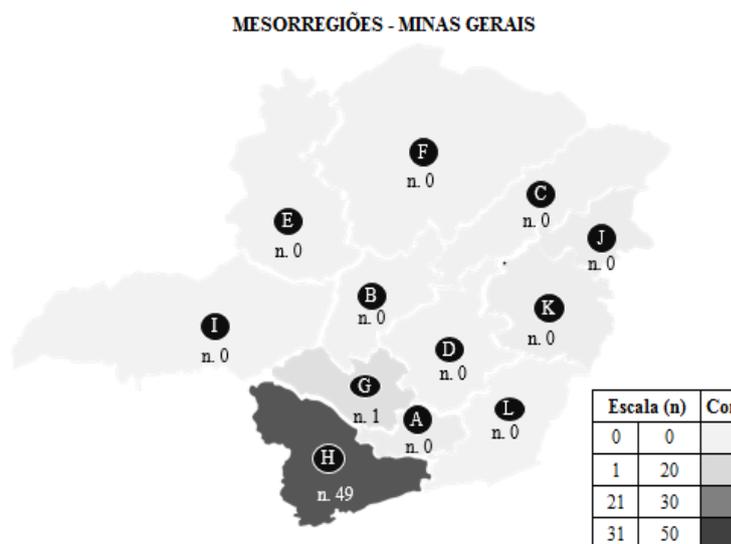


Figura 19 – Disposição geográfica da amostra de fazendas do EDUCAMPO que foram consideradas neste estudo. Onde A = Campos das Vertentes; B = Central Mineira; C = Jequitinhonha; D = Metropolitana de Belo Horizonte; E = Noroeste de Minas; F = Norte de Minas; G = Oeste de Minas; H = Sul/Sudoeste de Minas; I = Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba; J = Vale do Mucuri; K = Vale do Rio Doce e; L = Zona da Mata. (n = número de fazendas por mesorregião).

7.2 A sustentabilidade na produção de leite em Minas Gerais

Os indicadores de sustentabilidade que foram levados em conta na análise das fazendas de leite em Minas Gerais podem ser observados no Quadro 11. Como comentado anteriormente, alguns dos indicadores ambientais e sociais considerados por Dolman et al. (2014) não puderam ser calculados para a base de fazendas do EDUCAMPO devido à não disponibilidade dos dados necessários.

Desse modo, para os indicadores de desempenho econômico foram calculados para a realidade de Minas Gerais: i) a renda da atividade e ii) a relação das receitas sobre os custos da atividade.

Para o desempenho ambiental foram calculados os indicadores a partir da ACV (Análise de Ciclo de Vida) dessas fazendas, sendo estes: i) a ocupação da terra (OT); ii) o uso de energia não renovável (UENR); iii) o potencial de aquecimento global (PAG); iv) o potencial de acidificação (PA) e o potencial de eutrofização (PE), todos na unidade funcional do quilograma do valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (FPCM). Vale destacar que os impactos ambientais de PA e PE também foram calculados na unidade funcional de uma unidade de área (1 ha), uma vez que esses impactos são mais específicos ao local das emissões (THOMASSEN et al., 2009).

Para a desempenho social, semelhante ao indicador de pagamento por atividades agroambientais de Dolman et al. (2014), foi ponderado para a realidade brasileira a relação de áreas de preservação de mata nativa (RL e APP) presentes em cada uma das fazendas de leite. Também foi calculado um indicador de “bonificação no preço recebido pelo leite”, o qual também se assemelha ao atributo “segurança alimentar” considerado por Dolman et al. (2014).

Por fim, a partir dos atributos e indicadores apresentados por Lebacqz, Baret e Stilmant (2013) e Van Calker et al. (2005), diferentemente dos indicadores sociais externos de Dolman et al. (2014), também foi calculado um indicador de sustentabilidade social interno às fazendas. Este indicador foi relacionado com o atributo “condições de trabalho” e tomou por base o número de “dias de folga dos funcionários” por mês.

Quadro 11 – Indicadores de desempenho econômico, ambiental e social calculados nas propriedades produtoras de leite de Minas Gerais e suas respectivas unidades de análise.

| Indicador de desempenho | Unidade de análise |
|--|---|
| Desempenho econômico | |
| Renda da fazenda | R\$/unidade anual de trabalho não paga |
| Relação das receitas sobre os custos | R\$/R\$ 100 de custos |
| Desempenho ambiental (ACV) | |
| Ocupação da terra | m ² /kg FPCM |
| Uso de energia não-renovável | MJ/kg FPCM |
| Potencial de aquecimento global | kg CO ₂ eq/kg FPCM |
| Potencial de acidificação | g SO ₂ eq/kg FPCM e kg SO ₂ eq/ha |
| Potencial de eutrofização | g NO ₃ -eq/kg FPCM e kg NO ₃ -eq/ha |
| Desempenho social | |
| Áreas de preservação de mata nativa | % |
| Bonificação no preço recebido pelo leite | % |
| Dias de folga dos funcionários no mês | # |

Fonte: Adaptado de Dolman et al. (2014).

A obtenção dos indicadores de desempenho sustentável tomou por base os dados técnicos e econômicos disponibilizados EDUCAMPO. Alguns dos indicadores não foram calculados em razão da indisponibilidade das variáveis necessárias no banco de dados do EDUCAMPO.

No Quadro 12 há uma relação dos principais dados utilizados para o cálculo desses indicadores e também a sua disponibilidade. Cada uma das variáveis foi classificada de acordo com a sua disponibilidade e facilidade de utilização: i) “-“ para os dados que não existiam na base ou eram escassos, sendo necessário ajustes com base em estudos disponibilizados na literatura ou em notas técnicas de centros de pesquisa como Embrapa e Cepea/Esalq-USP; ii) “+/-“ foram classificados os dados que estavam disponíveis, mas que necessitaram de alguns ajustes para posterior utilização no cálculo dos indicadores e; iii) “+” para os dados que estavam bem detalhados e facilmente disponíveis para cálculos.

Quadro 12 – Disponibilidade de dados na base do EDUCAMPO para estimativa dos indicadores de sustentabilidade nas fazendas de leite de Minas Gerais.

| Tipo de dados | Disponibilidade |
|--|------------------------|
| Dados do rebanho | +/- |
| Número de cabeças | +/- |
| Ganho de peso | - |
| Peso das categorias animais | - |
| Outros indicadores zootécnicos | - |
| Descrição do manejo dos animais | +/- |
| Descrição do manejo da ordenha | - |
| Descrição das áreas | +/- |
| Tamanho das áreas | +/- |
| Produção das áreas de forrageiras | - |
| Perfil tecnológico das áreas | +/- |
| Descrição do manejo de dejetos | +/- |
| Descrição dos insumos gerais utilizados na propriedade | +/- |
| Descrição dos insumos utilizados nas áreas de forragem | +/- |
| Descrição do perfil da MO | + |
| Resultados econômicos | + |

Para maior entendimento, sugere-se a leitura do APÊNDICE A que apresenta o descritivo dos dados e dos métodos utilizados para o cálculo dos indicadores econômicos, ambientais e sociais do banco de fazendas de Minas Gerais do Projeto EDUCAMPO.

Os próximos subtópicos discorrem as análises estatísticas realizadas para o comparativo das duas realidades e também para a avaliação do desempenho sustentável dentro da amostra do EDUCAMPO.

7.3 Comparativo dos indicadores de sustentabilidade da produção de leite de Minas Gerais com Holanda

Após o cálculo dos indicadores de desempenho sustentável, os resultados obtidos para cada indicador foram comparados com os valores encontrados por Dolman et al. (2014). Procurou-se com esta análise comparar as fazendas de leite holandesas com as fazendas de leite brasileiras, e assim identificar quais dos dois sistemas possui melhor desempenho do ponto de vista da sustentabilidade.

O comparativo foi realizado entre as médias dos indicadores do banco de fazendas do EDUCAMPO com as médias dos indicadores das fazendas de leite da Holanda (convencionais e INC).

É importante ressaltar que não foi possível comparar os resultados dos indicadores de “Desempenho Social” e também de “Desempenho Ambiental (qualidade do solo e água da fazenda)” considerados por Dolman et al. (2014). Uma vez que não foram avaliados os mesmos indicadores sociais nas duas análises (Brasil e Holanda) e também não foi calculado o outro grupo de indicadores ambientais devido à indisponibilidade de variáveis no EDUCAMPO.

Para o comparativo dos indicadores econômicos, os valores calculados por Dolman et al. (2014) foram corrigidos para o mesmo período de análise das fazendas do EDUCAMPO (2014/2015). Os autores calcularam os indicadores econômicos entre os anos de 2008 e 2009 para a realidade na Holanda. Esta correção foi realizada a partir dos indicadores de inflação na Holanda²⁶, que no acumulado de 2008 ao início de 2014 foi de 11,96%. Após a correção da inflação, os valores calculados para o Brasil em reais (R\$) foram transformados em euros (€) a partir da taxa de câmbio média no período de maio/2014 a abr/2015 de R\$ 3,133/€²⁷.

O comparativo entre médias populacionais para cada um dos indicadores foi realizado utilizando-se o teste de hipóteses. O objetivo do teste foi verificar possíveis diferenças entre as fazendas de Dolman et al. (2014) (INC e *Benchmark*) com as do EDUCAMPO nos aspectos estruturais, de produção e entre os indicadores de sustentabilidade.

No teste de hipóteses, a hipótese nula (H_0) considera a igualdade entre as médias ($\mu_1 = \mu_2$), enquanto que a hipótese alternativa (H_1) considera que há uma diferença estatística entre as médias ($\mu_1 \neq \mu_2$) dos fatores em análise. A partir da normalidade na distribuição dos dados utilizados no teste foi considerado como base o teste paramétrico t de *Student* ou teste- t . A avaliação deste método decorre do comparativo entre o t calculado (t_{calc}) com o t tabelado ($t_{1-\alpha, df}$) a um nível de significância α e df graus de liberdade entre ambas as amostras (FÁVERO et al., 2009; HAIR JR. et al., 2009). As amostras utilizadas como

²⁶ Histórico de dados da inflação da Holanda (CPI). Disponível em: <<http://www.inflation.eu/inflation-rates/the-netherlands/historic-inflation/cpi-inflation-the-netherlands.aspx>>. Acesso em 30 de julho de 2015.

²⁷ Considerou-se a taxa de câmbio publicada pelo Banco Central do Brasil (2015).

base de cálculo do teste de hipóteses é de 18 e 46 para o grupo INC e *Benchmark* nas fazendas holandesas, respectivamente, e de 50 fazendas para o EDUCAMPO.

Para a maior precisão nos cálculos do teste-*t*, todos os parâmetros foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância (F-teste). Quando o *p-value* calculado através dessa análise foi significativo ($p\text{-value} > 10\%$), ou seja, é uma amostra com variâncias iguais, considerou-se o teste-*t* ajustado pela variação *pooled*. Por outro lado, quando o *p-value* calculado das variâncias foi menor a 10%, foi utilizado o teste-*t* em médias com variâncias diferentes. Com a aplicação do teste-*t* foram obtidos os *t* calculados (*t calc*) e os seus respectivos *p-values*. Mais especificamente, o *p-value* indica o menor nível de significância observado que levaria à rejeição da hipótese nula, por exemplo, rejeita-se H_0 quando $p \leq \alpha$ (FÁVERO et al., 2009; HAIR JR. et al., 2009).

Os cálculos do teste de médias foram realizados utilizando-se do Software Microsoft Excel®.

7.4 Análise do desempenho sustentável entre as fazendas EDUCAMPO

O método de conglomeração (ou *clusters*) foi utilizado para a identificação de um conjunto de relações interdependes entre os indivíduos de uma determinada amostra. O objetivo principal desta análise é classificar objetos em grupos relativamente homogêneos, com base no conjunto de variáveis considerado (FÁVERO et al., 2009; HAIR JR. et al., 2009).

Para esse teste foi utilizado os indicadores de sustentabilidade das fazendas do EDUCAMPO. A partir dos valores de cada um desses indicadores a amostra foi agrupada com base no método de aglomeração não-hierárquica.

Uma vez que os conglomerados foram gerados, os indicadores de base são testados através de um teste de comparações múltiplas chamado de Análise de Variância (ANOVA) com a finalidade de verificar estatisticamente a diferença existente entre eles em cada um dos conglomerados.

Num segundo momento, com a finalidade de identificar a diferença entre os principais fatores estruturais, tecnológicos e de gerenciamento das fazendas outro teste ANOVA foi

realizado. Neste outro teste foi possível identificar as variáveis que rejeitassem o H_0 e então relacionar quais são as variáveis que explicam os *clusters* formados por meio dos indicadores de sustentabilidade.

Ao todo foram gerados três conglomerados e cada um deles foi classificado conforme o desempenho nos indicadores de sustentabilidade. O conglomerado com melhor desempenho (Cluster 1) foi nomeado como “Sustentabilidade +”; o conglomerado intermediário (Cluster 2) foi nomeado como “Médio” e, por fim, o conglomerado com o pior desempenho (Cluster 3) foi nomeado como “Sustentabilidade -”.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo é apresentado o comparativo das características estruturais e também dos indicadores de sustentabilidade entre as fazendas (convencionais/benchmark e INC) avaliadas por Dolman et al (2014) e as propriedades produtoras de leite do Sul/Sudoeste de Minas Gerais.

No decorrer do capítulo também é discutido os resultados do desempenho sustentável das fazendas do EDUCAMPO a partir dos indicadores de sustentabilidade calculados. Por fim, é apresentado os resultados da análise de conglomerados descrevendo-se as principais semelhanças e diferenças do desempenho sustentável e das características estruturais e de produção que foram encontradas em cada um dos *clusters* formados.

8.1 Características da produção de leite das fazendas do EDUCAMPO e Dolman et al. (2014)

A partir dos resultados obtidos pelo teste de médias (teste t) foi possível verificar diferenças significativas em todos os parâmetros estruturais e de produção que foram analisados entre as fazendas de leite de Dolman et al. (2014) e as do EDUCAMPO (Tabela 8).

Estruturalmente, as fazendas de leite do EDUCAMPO são 56% maiores em tamanho de área agrícola, com média de 76,3 ha, que as propriedades na Holanda (Benchmark e INC). O maior porte das fazendas do Sul/Sudoeste de Minas Gerais também foi verificado ao comparar o número médio de vacas ordenhadas e o total médio de leite produzido ao ano. Os seguintes valores foram encontrados para cada uma das realidades: 109 vacas em lactação e 845 mil kg FCPM/ano no EDUCAMPO contra 74 vacas em lactação e 574 mil kg FPCM/ano na média das propriedades de Dolman et al. (2014).

Tabela 8 – Valores médios, desvio padrão (σ) e teste de médias entre as características estruturais e de produção das fazendas da Holanda (Benchmark e INC) (Dolman et al., 2014) e do EDUCAMPO.

| Característica | Benchmark (σ) (2008-2009) | INC (σ) (2008-2009) | EDUCAMPO (σ) (2014/2015) | Benchmark / EDUCAMPO | | | INC / EDUCAMPO | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------|---------|----------------|---------|---------|
| | | | | t calc | p value | p value | t calc | p value | p value |
| Amostragem (#) | 56 | 18 | 50 | t calc | p value | p value | t calc | p value | p value |
| Área de forrageira ou agrícola (ha) | 48,3 (23) | 50,1 (19) | 76,3 (63,7) | 2,946 | 0,005 | *** | 2,608 | 0,011 | ** |
| Área culturas perenes (%) | 89 (11) | 97 (6) | 54,8 (27,3) | 8,283 | 0,000 | *** | 10,268 | 0,000 | *** |
| Área culturas anuais (%) | 11 (10) | 3 (5) | 45,2 (27,3) | 8,376 | 0,000 | *** | 10,459 | 0,000 | *** |
| Mão de obra contratada (uta) | 1,5 (0,5) | 1,6 (0,5) | 5,6 (3,8) | 0,000 | 0,000 | *** | 0,000 | 0,000 | *** |
| Vacas lactantes (#) | 72,6 (35,9) | 74,8 (35,2) | 109 (90,2) | 0,000 | 0,010 | *** | 0,000 | 0,028 | ** |
| Prod. total leite (kg FPCM) | 574.263 (281.999) | 573.525 (255.106) | 845.461 (835.649) | 0,000 | 0,033 | ** | 0,000 | 0,044 | ** |
| Prod. leite por área (kg FPCM/ha) | 11.900 (1.385) | 11.439 (1.565) | 9.426 (5436) | 0,000 | 0,003 | *** | 0,000 | 0,021 | ** |
| Prod. anual por vaca (kg FPCM) | 7.907 (855) | 7.663 (691) | 7.185 (1591) | 0,000 | 0,006 | *** | 0,000 | 0,090 | * |

*: $P < 0,10$; **: $P < 0,05$; ***: $P < 0,01$.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

uta: unidade de trabalho ano

Área agrícola: considera apenas a área disponível para cultivo.

É interessante destacar a intensidade do uso de mão de obra em cada uma dessas realidades uma vez que as fazendas do EDUCAMPO tiveram em média 3,6 vezes mais trabalhadores que as da Holanda. Esta superioridade é explicada pelo maior tamanho das propriedades em área e número de animais e também pela menor eficiência no uso da mão de obra quando comparado com as propriedades europeias (HAGEMANN et al., 2011). Conforme a Tabela 9, a produtividade média da mão de obra na amostra (INC e Benchmark) utilizada por Dolman et al. (2014) foi 1.215 kg FPCM/uta.dia, valor 2,5 vezes maior que o registrado na amostra do EDUCAMPO.

Tabela 9 – Produção total de leite diária e anual (kg FPCM), mão de obra contratada (uta) e eficiência da mão de obra (kg FPCM/uta.dia) das fazendas da Holanda (Benchmark e INC) (Dolman et al., 2014) e do EDUCAMPO.

| | Prod. total de leite (kg FPCM) | Prod. diária de leite (kg FPCM)* | M.O. contratada (uta) | Prod. leite por MO (kg FPCM/uta.dia) |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| EDUCAMPO | 845.461 | 2.772 | 5,6 | 495 |
| Dolman et al. (2014) Benchmark | 574.263 | 1.883 | 1,5 | 1.255 |
| Dolman et al. (2014) INC | 573.525 | 1.880 | 1,6 | 1.175 |

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

uta: unidade de trabalho ano

* Padronizado em 305 dias de lactação

Assim como a mão de obra, apesar da superioridade no tamanho das fazendas do EDUCAMPO, nota-se o melhor desempenho nos indicadores de produtividade das fazendas de leite europeias (Tabela 8). Estas fazendas tiveram valores médios superiores tanto na produtividade anual de leite por unidade de área (kg FPCM/ha.ano), de 11.900 kg FPCM/ha.ano e 11.439 kg FPCM/ha.ano para os grupos Benchmark e INC, respectivamente, como na produtividade anual de leite por vaca em lactação (kg FPCM/vaca.ano), de 7.907 kg FPCM para o grupo Benchmark e de 7.663 kg FPCM para o grupo INC. As fazendas do EDUCAMPO registraram valores médios de 9.426 FPCM/ha.ano e 7.185 FPCM/vaca.ano para cada um desses indicadores, respectivamente.

Constata-se com estes indicadores que ademais das fazendas europeias possuem animais com maior produtividade, estas também possuem uma maior taxa de lotação uma vez que a produtividade por hectare das fazendas do EDUCAMPO é 22% menor que as de Dolman et al. (2014).

Ao analisar a distribuição de áreas, verifica-se que as propriedades europeias tiveram uma maior proporção de áreas pastagens (forrageiras perenes) do que áreas agrícolas cultivadas (forrageiras anuais). Em média, mais de 90% das áreas foram estabelecidas com forrageiras perenes nas áreas agrícolas, enquanto que as fazendas do EDUCAMPO pouco mais da metade das áreas agrícolas (55%) tiveram a mesma destinação e 45% foram estabelecidos para a produção de culturas anuais (na maioria para a produção de silagem de milho), conforme apresentado na Tabela 8.

Os dados apresentados acima mostram claramente o contraste existente entre ambas as realidades de produção, diferenças que afetam diretamente o desempenho da sustentabilidade econômica, ambiental e que serão discutidas no decorrer deste capítulo.

É característico do Brasil trabalhar com propriedades agropecuárias de maior porte em razão da extensão de área disponível existentes no país. Além disso, a produção de leite em Minas Gerais é bastante heterogênea e este cenário reflete no desempenho inferior (FASSIO; REIS; GERALDO, 2006) quando comparado com sistemas de produção de leite europeus.

Ao analisar a distribuição das áreas do EDUCAMPO, verifica-se uma maior heterogeneidade no tamanho da área total e também na parcela de área que é destinada à produção agropecuária dessas fazendas, conforme apresentado na Figura 20. Enquanto que por outro lado, ao avaliar a distribuição das áreas em cada uma das fazendas, nota-se uma maior homogeneidade dentro da amostra, os valores médios são bastante próximos às medianas e foram de 2%, 36% e 40% para a área de mata nativa, área agrícola anual e área agrícola/pastagem perene, respectivamente.

As áreas de mata nativa têm grande destaque dentro do sistema de produção de leite no Brasil, uma vez que é exigida pelo Estado (SIQUEIRA; DURU, 2015). A realidade europeia é bastante diferente uma vez que as áreas remanescentes de mata são escassas nesse continente e muitas vezes ausentes em determinadas regiões desse continente.

Neste âmbito torna-se necessário realçar o recente trabalho publicado por Siqueira e Duru (2015) que destaca a necessidade de tratar as áreas de mata nativa e reserva como ativos ambientais dentro de propriedades de produção agropecuária. Mesmo que exista essa preocupação, ainda não há um consenso claro e também uma padronização na contabilização dos benefícios ambientais, sociais e econômicos que esse ativo possui

dentro dos sistemas produtivos agropecuários no Brasil e no mundo (SANTOS et al., 2011; SIQUEIRA; DURU, 2015).

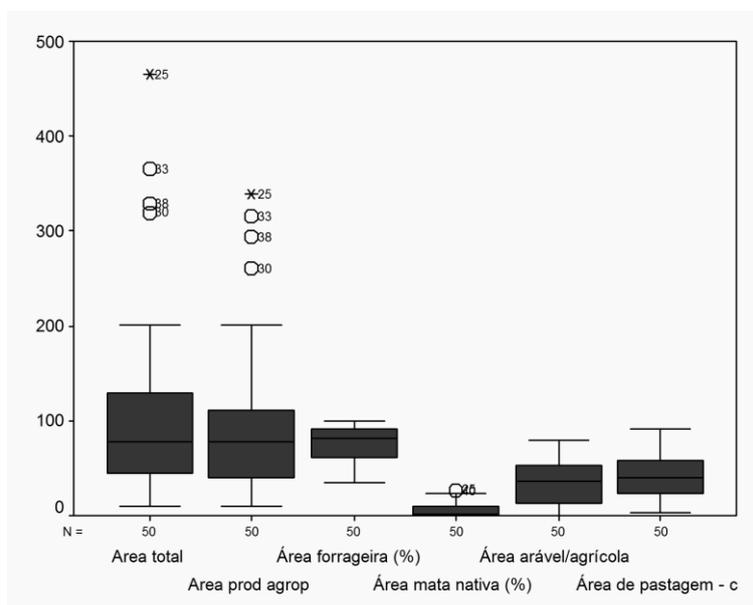


Figura 20 – Apresentação em Box-Plot dos valores de área total e área de produção agropecuária (em hectares), e distribuição das áreas (área de forrageira, área de mata nativa, área agrícola/anual e área de pastagem/perene) em %, na média das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

8.2 Análise da sustentabilidade das fazendas do EDUCAMPO e comparativo com Dolman et al. (2014)

Os indicadores de sustentabilidade calculados para as fazendas de do Educampo tiveram os seguintes resultados médios para cada categoria de impacto, conforme a Tabela 10:

- A. Indicadores econômicos:** i) renda da fazenda por unidade de trabalho familiar de € 2.385,4; ii) retorno pelo investimento, € 104 de retorno para cada € 100 de custo.
- B. Indicadores ambientais:** i) 2,3 m².ano/kg FPCM para a Ocupação da terra (OT); ii) 7,4 MJ/kg FPCM para o Uso de Energia Não Renovável (UENR); iii) 1,7 kg CO₂eq/kg FPCM para o Potencial de Aquecimento Global (PAG); iv) 20,5 g SO₂eq/kg FPCM e 97 kg SO₂eq/ha FPCM para o Potencial de Acidificação (PA) e; v) 121,8 g NO₃eq/kg FPCM e 570,7 kg NO₃eq/ha para o Potencial de Eutrofização (PE).
- C. Indicadores de desempenho social:** i) 6,1% de áreas de preservação de mata nativa; ii) 1,6% de bonificação no preço recebido pelo leite e; iii) 3,2 dias de folgas por funcionário ao mês.

Tabela 10 – Valores médios, desvio padrão (σ) e teste de médias entre os indicadores de sustentabilidade das fazendas da Holanda (Benchmark e INC) (Dolman et al., 2014) e as fazendas de Minas Gerais.

| Característica | Benchmark (σ) | INC (σ) | EDUCAMPO (σ) | Benchmark / EDUCAMPO | | | INC / EDUCAMPO | | |
|---|------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|---------|---------|----------------|---------|---------|
| | (2008-2009) | (2008-2009) | (2014/2015) | t calc | p value | p value | t calc | p value | p value |
| Amostragem (#) | 56 | 18 | 50 | | | | | | |
| Desempenho econômica | | | | | | | | | |
| Renda da fazenda (€/uta fam) | -7.047 (36.169) | -6.044 (34.425) | 2.385,4 (48.080) | 1,131 | 0,261 | ns | 0,796 | 0,430 | ns |
| Renda da fazenda (R\$/uta fam) | - | - | 7.473,9 (150642) | - | - | - | - | - | - |
| Retorno pelo investimento (R\$/R\$ 100 de custos) | 77 (16) | 77 (18) | 104,3 (19,8) | 7,731 | 0,000 | *** | 5,120 | 0,000 | *** |
| Desempenho ambiental (ACV) | | | | | | | | | |
| Ocupação da terra (m ² .ano/kg FPCM) | 1,4 (0,3) | 1,3 (0,2) | 2,3 (0,7) | 7,792 | 0,000 | *** | 8,483 | 0,000 | *** |
| Uso de energia não-renovável (MJ/kg FPCM) | 5,9 (1) | 5,0 (0,8) | 7,4 (2) | 4,787 | 0,000 | *** | 7,029 | 0,000 | *** |
| Pot. de aquecimento global (kgCO ₂ eq/kg FPCM) | 1,4 (0,2) | 1,3 (0,2) | 1,7 (0,3) | 6,610 | 0,000 | *** | 6,744 | 0,000 | *** |
| Pot. de acidificação (gSO ₂ eq/kg FPCM) | 11,1 (3,4) | 9,7 (4) | 20,5 (6,3) | 9,443 | 0,000 | *** | 8,356 | 0,000 | *** |
| Pot. de acidificação (kgSO ₂ eq/ha) | 79 (22) | 77 (30) | 97 (34) | 3,192 | 0,002 | *** | 2,202 | 0,031 | ** |
| Pot. de eutrofização (gNO ₃ eq/kg FPCM) | 78,3 (24,2) | 65,4 (26,2) | 121,8 (39,1) | 6,791 | 0,000 | *** | 6,804 | 0,000 | *** |
| Pot. de eutrofização (kgNO ₃ eq/ha) | 792 (267) | 733 (172) | 570,7 (193) | 4,838 | 0,000 | *** | 3,143 | 0,003 | *** |
| Desempenho social | | | | | | | | | |
| Tempo de pastejo (horas/vaca) | 2.626 (1.330) | 2.006 (1.312) | - | - | - | - | - | - | - |
| Pagamentos por atividades agroambientais (€/ha) | 23 (47) | 166 (175) | - | - | - | - | - | - | - |
| Penalidades por irregularidades comp. leite (%) | 3,0 (4,2) | 1,4 (3,1) | - | - | - | - | - | - | - |
| Áreas de preservação de mata nativa (%) | - | - | 6,1 (7,8) | - | - | - | - | - | - |
| Bonificação no preço recebido pelo leite (%) | - | - | 1,6 (2,6) | - | - | - | - | - | - |
| Dias de folga dos funcionários (#) | - | - | 3,2 (1,3) | - | - | - | - | - | - |

*: $P < 0,10$; **: $P < 0,05$; ***: $P < 0,01$.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

ns: não significativo

uta fam: unidade de trabalho ano familiar

Todos os indicadores foram calculados com base na metodologia de cálculo apresentada no capítulo anterior. Entretanto, deve-se realçar que para efeitos de comparação com os resultados do Dolman et al (2014), alguns dos indicadores não foram considerados já que foram específicos para aquela realidade.

Por fim, ao avaliar o comparativo de médias dos indicadores de sustentabilidade entre ambos os estudos, verifica-se que apenas um deles (receita da fazenda) não teve diferença estatística significativa. Os detalhes do comparativo de cada um dos indicadores serão discutidos nos subtópicos seguintes.

8.2.1 Indicadores de desempenho econômico

A performance econômica das fazendas de Minas Gerais foi melhor quando comparada com o desempenho das fazendas da Holanda, como apresentado na Tabela 10. Em geral, o custo de produção do EDUCAMPO mostrou-se mais barato que o praticado na realidade europeia o que pode ter refletido na sua melhor performance.

Analisando-se o desempenho econômico do EDUCAMPO, verifica-se que o indicador de “retorno sobre o investimento” possui a mediana e média ligeiramente superiores ao valor 100, isto significa que o retorno financeiro da produção de leite está em geral superior aos custos dessa atividade. É oportuno lembrar que valores abaixo de 100 significam que a atividade está tendo prejuízo (ver Figura 21).

Por outro lado, as fazendas avaliadas por Dolman et al. (2014) tiveram o valor médio de 77 para esse mesmo indicador (“retorno pelo investimento”). Apesar desse indicador apresentar um valor reduzido, Dolman et al. (2014) apontaram que as fazendas INC possuem uma elevada renda decorrente da proteção de aves e o uso de mão de obra familiar também é intenso, mas são fatores que não são levados em conta nas “receitas da atividade” e acabam não influenciando na melhoria desse indicador.

Já o indicador “renda da fazenda” possui o desvio quadrado e variabilidade bastante elevados, o que significa que há grandes diferenças nos valores deste indicador dentro do grupo de fazendas do EDUCAMPO. Este comportamento é observado tanto para as fazendas de Dolman et al. (2014) como as do Sul/Sudoeste de Minas Gerais o que reflete na aceitação da H_0 ao comparar as médias pelo teste de hipótese, o que significa que as

médias da renda da fazenda em ambas as realidades são iguais para este indicador, ou seja, não há diferenças estatísticas entre eles, como pode ser observado na Tabela 10.

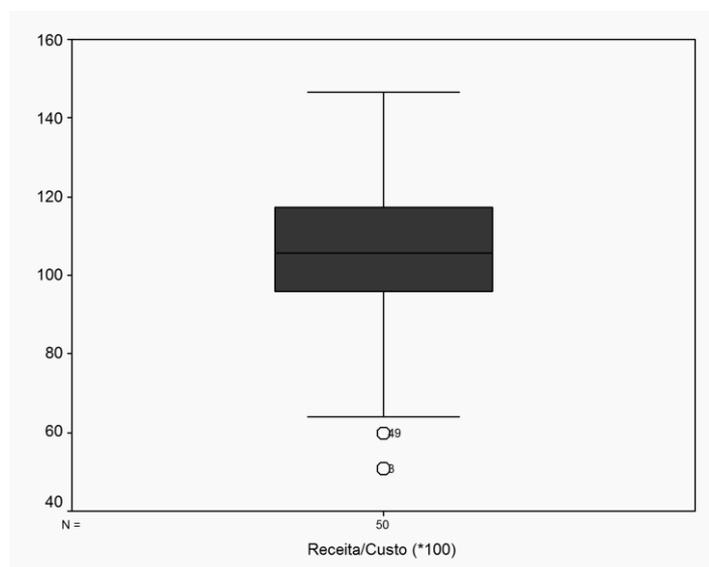


Figura 21 – Apresentação em Box-Plot do indicador de desempenho econômico “retorno pelo investimento” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

8.2.2 Indicadores de desempenho ambiental

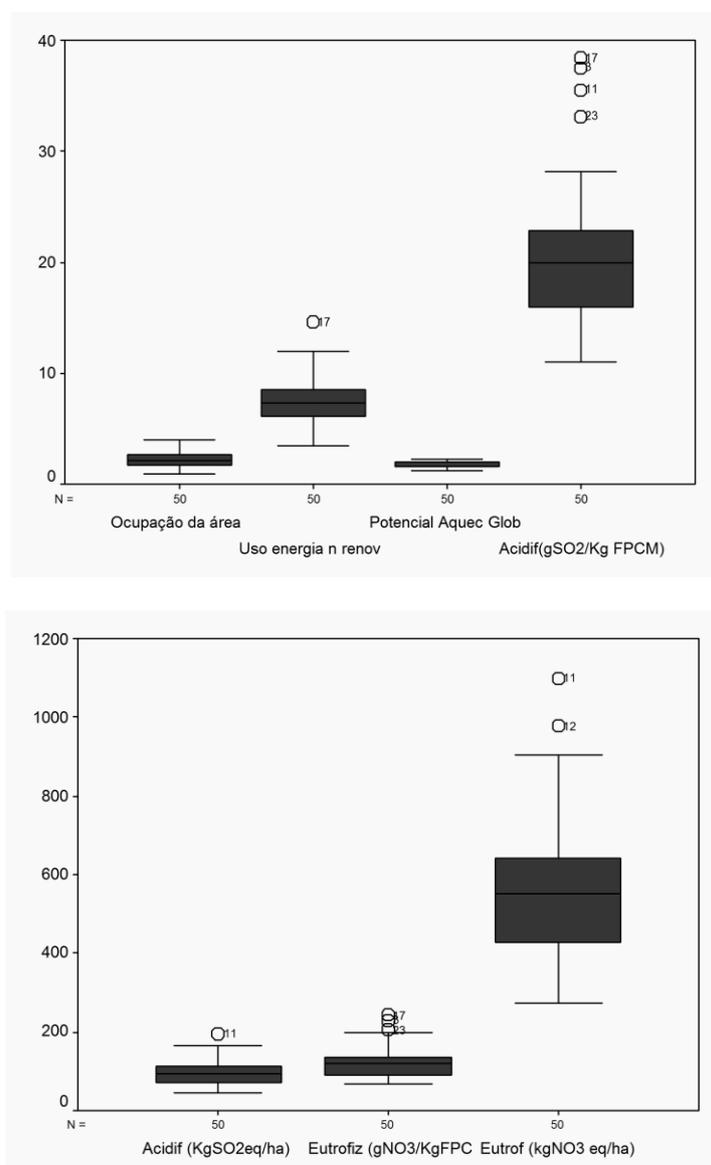
Ao comparar os indicadores de desempenho ambiental entre ambas as realidades, verifica-se que praticamente todos os indicadores registraram diferenças estatísticas significativas e em sua grande maioria foram menores nas fazendas analisadas por Dolman et al. (2014), conforme apresentado na Tabela 10 e Tabela 11.

As análises de cada um dos indicadores foram baseadas nos dados apresentados na Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12. Mais especificamente, a Tabela 10 apresenta os indicadores consolidados e resumidos no impacto ambiental total de cada uma das fazendas enquanto que na Tabela 11 cada um desses indicadores é separado e detalhado em impactos ambientais dentro e fora da fazenda. Já a Tabela 12 traz um consolidado dos impactos ambientais na produção de leite que também partiram da ACV e de premissas semelhantes à metodologia de Dolman et al. (2014) e deste estudo.

O indicador de Potencial de Acidificação (PA) por hectare merece destaque uma vez que foi o único que apresentou comportamento inverso, ou seja, Minas Gerais teve um impacto reduzido. O desempenho inverso deste indicador pode ser atribuído ao maior

tamanho das fazendas de Minas Gerais e também pela maior concentração de fósforo no solo europeu, sendo que este íon também contribui diretamente para o indicador de Potencial de Acidificação (DOLMAN et al., 2014).

Com base nas Figuras 22 e 23, verifica-se que para a realidade brasileira há uma grande dispersão ao analisar os impactos ambientais de PE e PA. Isso decorre, dos diferentes níveis de lotação, característica da alimentação, manejo de dejetos e do manejo de solos que possui a realidade das fazendas de leite do EDUCAMPO. Em ordem, serão detalhados e comparadas cada uma das categorias de impacto ambiental entre os indicadores calculados por Dolman et al. (2014) e para as fazendas em MG.



Figuras 22 e 23 – Apresentação em Box-Plot dos indicadores de desempenho ambiental de OT ($m^2 \cdot \text{ano} / \text{kg FPCM}$), UENR ($Mj / \text{kg FPCM}$), PAG ($\text{kg CO}_2 \text{eq} / \text{kg FPCM}$), PA ($\text{g SO}_2 \text{eq} / \text{kg FPCM}$) e PE ($\text{g NO}_3 \text{eq} / \text{kg FPCM}$), das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

Tabela 11 – Valores médios, desvio padrão (σ) e teste de médias entre os indicadores de desempenho ambiental (ACV) das fazendas da Holanda (Benchmark e INC) (Dolman et al., 2014) e as fazendas de Minas Gerais.

| Característica | Benchmark (σ) | INC (σ) | EDUCAMPO (σ) | Benchmark / EDUCAMPO | | | INC / EDUCAMPO | | |
|---|------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|---------|---------|----------------|---------|---------|
| | (2008-2009) | (2008-2009) | (2014/2015) | t calc | p value | p value | t calc | p value | p value |
| Amostragem (#) | 56 | 18 | 50 | | | | | | |
| Desempenho ambiental (ACV) | | | | | | | | | |
| <i>Ocupação da terra</i> | | | | | | | | | |
| Dentro da Fazenda (m ² .ano/kg FPCM) | 0,8 (0,1) | 0,8 (0,1) | 1,4 (0,7) | 6,195 | 0,000 | *** | 6,071 | 0,000 | *** |
| Fora da Fazenda (m ² .ano/kg FPCM) | 0,6 (0,3) | 0,5 (0,1) | 0,9 (0,3) | 4,996 | 0,000 | *** | 8,492 | 0,000 | *** |
| Total (m ² .ano/kg FPCM) | 1,4 (0,3) | 1,3 (0,2) | 2,3 (0,7) | 7,792 | 0,000 | *** | 8,483 | 0,000 | *** |
| <i>Uso de energia não-renovável</i> | | | | | | | | | |
| Dentro da Fazenda (MJ/kg FPCM) | 1,0 (0,2) | 0,8 (0,2) | 0,5 (0,3) | 10,177 | 0,000 | *** | 4,964 | 0,000 | *** |
| Fora da Fazenda (MJ/kg FPCM) | 4,9 (0,9) | 4,3 (0,8) | 6,9 (1,8) | 7,238 | 0,000 | *** | 8,326 | 0,000 | *** |
| Total (MJ/kg FPCM) | 5,9 (1) | 5,0 (0,8) | 7,4 (2) | 4,787 | 0,000 | *** | 7,029 | 0,000 | *** |
| <i>Potencial de aquecimento global</i> | | | | | | | | | |
| Dentro da Fazenda (kg CO ₂ eq/kg FPCM) | 0,8 (0,1) | 0,8 (0,1) | 1 (0,2) | 5,586 | 0,000 | *** | 4,950 | 0,000 | *** |
| Fora da Fazenda (kg CO ₂ eq/kg FPCM) | 0,6 (0,1) | 0,5 (0,1) | 0,7 (0,2) | 4,077 | 0,000 | *** | 6,351 | 0,000 | *** |
| Total (kg CO ₂ eq/kg FPCM) | 1,4 (0,2) | 1,3 (0,2) | 1,7 (0,3) | 6,610 | 0,000 | *** | 6,744 | 0,000 | *** |
| <i>Potencial de acidificação</i> | | | | | | | | | |
| Dentro da Fazenda (g SO ₂ eq/kg FPCM) | 6,2 (3) | 5,4 (3,8) | 14,8 (5,9) | 9,319 | 0,000 | *** | 7,699 | 0,000 | *** |
| Fora da Fazenda (g SO ₂ eq/kg FPCM) | 4,9 (1,1) | 4,3 (0,8) | 5,7 (1,4) | 3,315 | 0,001 | *** | 5,197 | 0,000 | *** |
| Total (g SO ₂ eq/kg FPCM) | 11,1 (3,4) | 9,7 (4) | 20,5 (6,3) | 9,443 | 0,000 | *** | 8,356 | 0,000 | *** |
| Dentro da Fazenda (kg SO ₂ eq/ha) | 77 (41) | 70 (50) | 129,5 (72,4) | 4,521 | 0,000 | *** | 3,811 | 0,000 | *** |
| Fora da Fazenda (kg SO ₂ eq/ha) | 90 (32) | 90 (17) | 66,8 (9,2) | 4,941 | 0,000 | *** | 7,201 | 0,000 | *** |
| Total (kg SO ₂ eq/ha) | 79 (22) | 77 (30) | 97 (34) | 3,192 | 0,002 | *** | 2,202 | 0,031 | ** |
| <i>Potencial de eutrofização</i> | | | | | | | | | |
| Dentro da Fazenda (g NO ₃ -eq/kg FPCM) | 34,4 (16,4) | 30,3 (20,5) | 82,9 (32,9) | 9,417 | 0,000 | *** | 7,832 | 0,000 | *** |
| Fora da Fazenda (g NO ₃ -eq/kg FPCM) | 43,9 (14,7) | 35,1 (8,7) | 39 (10,6) | 1,963 | 0,052 | * | 1,382 | 0,172 | ns |
| Total (g NO ₃ -eq/kg FPCM) | 78,3 (24,2) | 65,4 (26,2) | 121,8 (39,1) | 6,791 | 0,000 | *** | 6,804 | 0,000 | *** |
| Dentro da Fazenda (kg NO ₃ -eq/ha) | 530 (147) | 536 (164) | 708,9 (370,3) | 3,198 | 0,002 | *** | 2,656 | 0,010 | *** |
| Fora da Fazenda (kg NO ₃ -eq/ha) | 432 (202) | 403 (251) | 451,6 (53) | 0,665 | 0,508 | ns | 1,306 | 0,196 | ns |
| Total (kg NO ₃ -eq/ha) | 792 (267) | 733 (172) | 570,7 (193) | 4,838 | 0,000 | *** | 3,143 | 0,003 | *** |

*: $P < 0,10$; **: $P < 0,05$; ***: $P < 0,01$.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

ns: não significativo

Tabela 12 – Impactos ambientais para diferentes referenciais de ACV na produção de leite.

| Categ. de Impacto | Unidade | Brasil | Suécia | | Holanda | | Italia | Holanda | Holanda | Irlanda | Sul Brasil | | | Sul Brasil | |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|-------------------------|--------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------|--------|
| | | FPCM | ECM | ECM | FPCM | | FPCM | FPCM | FPCM | ECM | ECM | | | ECM | |
| | | Velazco- Bedoya (2015) | Cederberg; Mattson (2000) | | Dolman et al. (2014) | | Guerci et al. (2013) | Thomassen ; de Boer (2005) | Thomasse n et al. (2009) | Yan; Humpreys; Holden (2013) | Léis (2013) | | | Olszensvski (2011) | |
| | | Conv/Int (50) | Conv | Organ | INC (9) | Conv (28) | Intens (41) | Organ (8) | Conv (119) | Conv (18) | Past | Semi Inst | Intens | Semi Intens | Intens |
| OT | m2.ano/kg FPCM | 2,27 | 1,925 | 3,464 | 1,3 | 1,4 | 1,51 | 1,6 | 1,28 | 1,283 | 0,64 | 1,66 | 1,01 | 6,04 | 0,451 |
| UE | MJ/kg FPCM | | 3,55 | 2,511 | | | 5,97 | 2,48 | 5,3 | | 3,58 | 12,54 | 5,42 | 12,08 | 4,18 |
| UENR | MJ/kg FPCM | 7,42 | | | 5 | 5,9 | | | | | | | | | |
| PAG | kg CO ₂ eq/kg FPCM | 1,71 | 1,1 | 0,9 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,81 | 1,36 | 1,23 | 0,67/0,91 | 0,72/0,98 | 0,50/0,73 | 1,73 | 1,23 |
| PA | g SO ₂ eq/kg FPCM | 20,53 | 17,98 | 15,81 | 9,7 | 11,1 | 19,7 | 11,81 | 11,2 | | 6,96 | 9,39 | 11,8 | 5,96 | 6,89 |
| PE | g NO ₃ eq/kg FPCM | 121,81 | 60 | 66 | 65,4 | 78,3 | 90,1 | 82,14 | 120 | | 36,66 | 60,9 | 50,6 | 20,8 | 42,7 |

8.2.3 Ocupação da terra (OT)

Com relação a OT, o EDUCAMPO apresentou valores superiores aos encontrados para as fazendas de Dolman et al. (2014). Isto decorreu principalmente pelo maior tamanho que as fazendas de leite possuem em Minas Gerais, impactando diretamente neste impacto “dentro da fazenda”. Além disso, há a demanda elevada de alimentos concentrados de outras regiões do país que demandam a maior ocupação de terra “fora da fazenda”. Em média, aproximadamente 92% dos impactos ambientais do indicador “ocupação da terra fora da fazenda” decorre da compra dos concentrados e dos volumosos que compõem a ração dos animais (Tabela 11).

O indicador OT “dentro da fazenda” registrou valor médio de 1,4 m²/kg FPCM, puxado principalmente pela área total da fazenda e de 0,9 m²/kg FPCM para “fora da fazenda”, conforme apresentado no detalhamento da Tabela 11. Em ambas as situações, os valores foram superiores aos que foram calculados por Dolman et al (2014) e também aos demais resultados apresentados na Tabela 12. Ainda assim, o valor foi inferior a OT calculada por Olszevszki (2011) para sistemas semi-intensivos de produção de leite na região Sul do Brasil. Este fator merece destaque, uma vez que a produção de leite é demanda um elevado nível de alimentos (fora e dentro das fazendas) e isso afeta diretamente no indicador de ocupação da terra. Os resultados e a dispersão dos dados podem ser analisados nas Figuras 22 e 23

8.2.4 Uso de Energia Não-Renovável (UENR)

A categoria de impacto UENR das fazendo EDUCAMPO foi superior aos valores calculados por Dolman et. al (2014), conforme apresentado na Tabela 11. Para as fazendas em Minas Gerais o valor calculado foi de 7,4MJ/kg FPCM, sendo que mais de 93% dele é decorrente do uso de energia fora da fazenda, ao comparar com as fazendas da Holanda, este indicador foi de 5,9 MJ/kg FPCM para as propriedades Benchmark e de 5,0 MJ/kg FPCM para as INC.

A demanda de energia não-renovável fora das fazendas teve como principal fonte de emissão a compra de concentrados e volumosos, respondendo por 72% do valor total, em seguida está a produção de adubos e corretivos (13%) e combustíveis e energia utilizados

pela fazenda (11%). É importante destaca que o UENR dentro das fazendas da amostra do EDUCAMPO foi inferior aos valores das fazendas de Dolman et al. (2014) em 55%.

A grande maioria dos outros estudos encontrados na literatura não possui o cálculo específico de uso de energia não renovável, esses autores focaram na estimativa da demanda de energia total da produção de leite. A energia total é a soma do uso de energia renovável e não-renovável por uma dada atividade.

Mesmo que a diferença de cálculo entre os indicadores tenha impossibilitado o comparativo com os demais estudos apresentados na Tabela 12, nota-se que o UENR das fazendas do EDUCAMPO também foi superior aos resultados dos demais estudos que analisaram fazendas europeias. Mas, foi inferior aos resultados encontrados por Olszenvski (2011) e Léis (2013) quando analisaram sistemas semi-intensivos de produção. Ambas as autoras destacaram que a maior parte dos impactos relacionados à demanda de energia foram decorrentes da alimentação dos animais (produção e compra de alimentos).

8.2.5 Potencial de Aquecimento Global (PAG)

Os resultados do PAG também foram superiores aos valores calculados por Dolman et al. (2014). Na média das fazendas do EDUCAMPO, esta categoria de impacto foi de 1,7 kg CO₂/kg FPCM valor maior em 20% que os valores calculados para as fazendas na Holanda. Dentre as principais fontes de contribuição para este impacto “dentro da fazenda” é a fermentação entérica dos animais que respondeu por aproximadamente 65% das emissões, seguido das emissões diretas do manejo de dejetos e do manejo de solos, com 16% e 15%, respectivamente. A contribuição da queima de combustíveis para as emissões de CO₂eq dentro da fazenda foi de 4%.

Este fator de emissão é fortemente impactado pelo tipo de dieta, rebanho, peso dos animais, nível de produção e outros fatores que são determinantes na realidade de cada fazenda (LÉIS et al., 2014; RUVIARO, 2012).

Ao analisar este impacto ambiental externo à fazenda, constatou-se que a compra de concentrados respondeu por 81% das emissões desta categoria de impacto. os concentrados possuem um elevado impacto ambiental, quando contabilizada as emissões

da mudança de uso da terra (dLUC). Neste caso, a soja utilizada na composição do concentrado adquirido pelas fazendas em MG foi a principal responsável por essas emissões, uma vez que parte desse insumo decorre de áreas recentes de desflorestamento (<20 anos de abertura). Outro grupo de insumos que merece destaque nas emissões “fora da fazenda” são os adubos e corretivos que responderam por 7% deste impacto.

O PAG nas fazendas do EDUCAMPO foi superior a maioria dos outros estudos, com exceção de Thomassen e De Boer (2005) que avaliaram fazendas orgânicas na Holanda e Olszenwski (2011) que avaliou uma propriedade de leite em sistema semi-intensivo no sul do Brasil, como observado na Tabela 12. Este resultado pode ser explicado pela menor produtividade na produção familiar.

8.2.6 Potencial de Acidificação (PA)

A categoria de impacto de potencial de acidificação (PA) foi superior aos valores encontrados por Dolman et al. (2014). Esta categoria foi significativamente impactada pelas emissões indiretas de N nos sistemas de manejo de dejetos e de manejo dos solos “dentro das fazendas” do EDUCAMPO.

O valor médio calculado foi de 20,5 gSO₂eq/kg FPCM e 97 kgSO₂eq/ha, sendo que as emissões “dentro da fazenda” foi a principal fonte de contribuição para essa categoria de impacto, 72% do total. Dentro da fazenda, a principal fonte de emissões foi o manejo de solos (77%) devido à elevada deposição de N nos solos por parte dos dejetos e da palhada das áreas de plantio de forragens e pastagens.

Esta categoria de impacto foi superior aos demais estudos apresentados na Tabela 12.

8.2.7 Potencial de Eutrofização (PE)

Para o potencial de eutrofização, diferentemente dos demais impactos ambientais, as fazendas do EDUCAMPO tiveram esta categoria de impacto com valor menor do que os valores apresentados por Dolman et al (2014) por unidade de área. O valor médio calculado foi de 570,7 kg NO₃/ha. No entanto ao avaliar este fator por kg FPCM, o cenário

se inverte e o EDUCAMPO acaba tendo um maior impacto ambiental que as fazendas avaliadas por Dolman et al. (2014).

Como comentado anteriormente, há uma maior diluição dos impactos ambientais desta categoria de impacto e também do PA devido à maior extensão de terras na realidade de Minas Gerais.

Semelhante aos valores de PA, a principal fonte de impacto para essa categoria é o manejo de solos, que respondeu por 90,4%. Esta grande representatividade decorre das estimativas de lixiviação de N e P “dentro das fazendas”, que decorre da aplicação de N (fonte ureia) nas áreas de pasto e de plantio das fazendas e dos dejetos dos animais.

8.2.8 Indicadores de desempenho social

Para as fazendas do EDUCAMPO foram calculados indicadores de desempenho social diferentes dos calculados por Dolman et al. (2014) o que impossibilitou o comparativo entre ambas as realidades. A Figura 24 e a Tabela 10 apresentam a dispersão dos resultados dos indicadores de desempenho social que são: i) de áreas de preservação de mata nativa; ii) bonificação no preço recebido pelo leite e; iii) dias de folgas por funcionário ao mês.

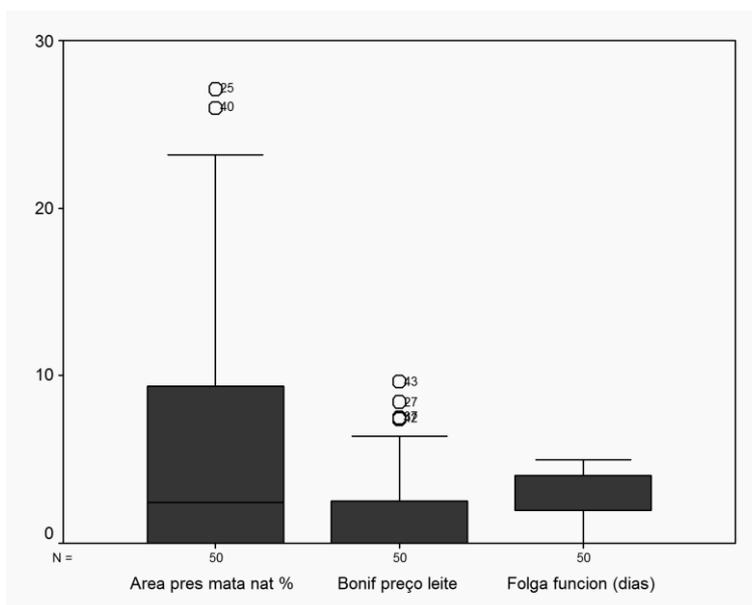


Figura 24 – Apresentação em Box-Plot dos valores dos indicadores de desempenho social das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

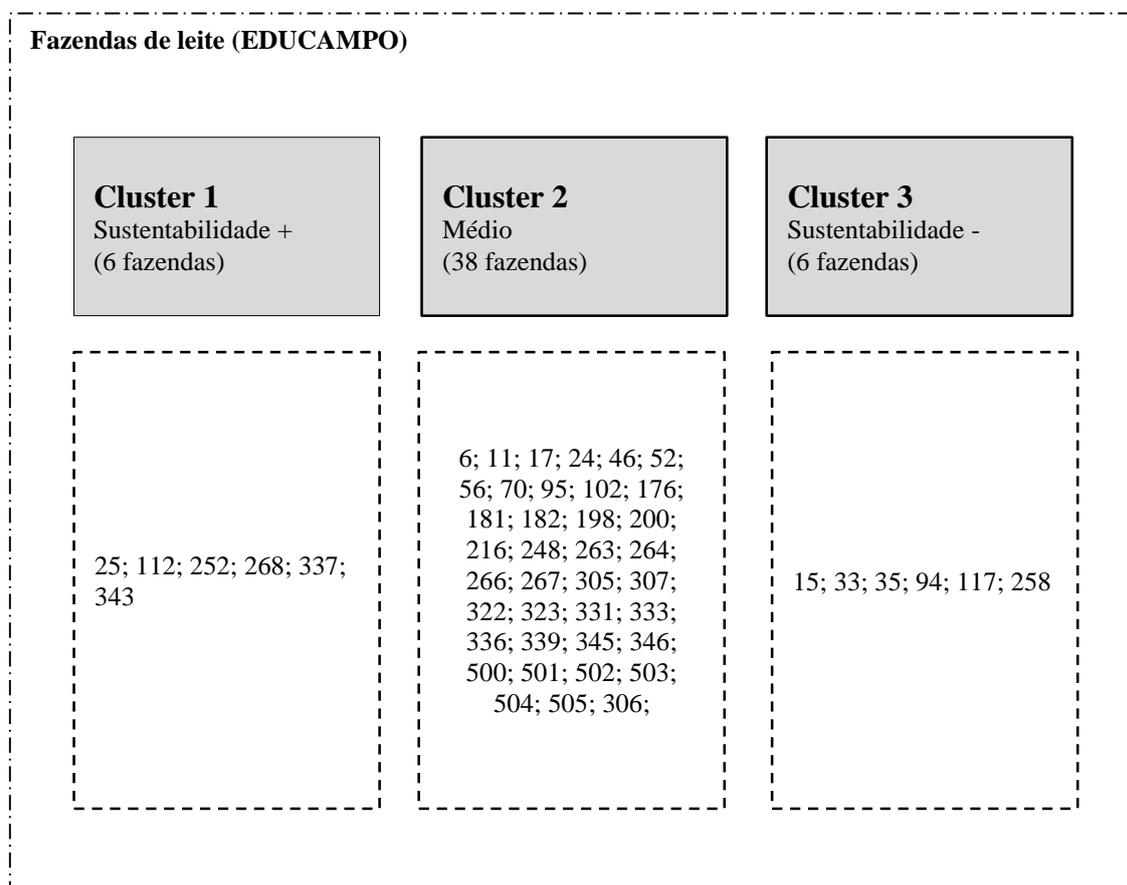
8.3 Conglomeração (*Clusters*) das fazendas de leite do EDUCAMPO

8.3.1 Formação dos conglomerados e indicadores de desempenho sustentável

A partir da análise de conglomerados, foi possível encontrar três *Clusters* relevantes dentro da amostra de fazendas do banco de dados do EDUCAMPO, conforme apresentado na Figura 25. Esta conglomeração tomou por base os indicadores de sustentabilidade (econômico, ambiental e social) calculados para cada uma das fazendas.

O *Cluster 1*, *Cluster 2* e *Cluster 3* foram compostos por 6, 38 e 6 fazendas, respectivamente, e uma vez que analisados os indicadores de sustentabilidade de cada um desses agrupamentos foi possível nomeá-los, como: “Sustentabilidade +”, para o *Cluster 1*; “Médio”, para o *Cluster 2* e; como “Sustentabilidade -”, quando relacionado com o *Cluster 3*.

Figura 25 – Conglomerados e suas respectivas fazendas (EDUCAMPO).



Utilizando o teste estatístico ANOVA como base, verificou-se que os cluster formados apresentaram diferenças estatísticas na maioria dos indicadores de sustentabilidade que também foram usados como base da conglomeração. Para os 12 indicadores de sustentabilidade considerados na análise, 2 de desempenho econômico, 7 de desempenho ambiental e outros 3 de desempenho social, apenas 5 deles foram iguais estatisticamente.

Os indicadores estatisticamente semelhantes entre os grupos formados foram o UENR, o PA por hectare e o PE por hectare, para os indicadores de desempenho ambiental, e “bonificação no preço recebido pelo leite” e “dias de folga dos funcionários”, para os indicadores de desempenho social. Portanto, conclui-se com esta análise que esses cinco indicadores não foram significativos estatisticamente para explicar as diferenças entre os centroides dos *clusters* que foram formados.

Por final, destacam-se os indicadores de desempenho econômico, pois apresentaram diferença estatística entre eles para cada um dos *clusters* formados.

Tabela 13 – *Clusters*, valores médios dos indicadores de sustentabilidade e resultados do teste ANOVA para cada uma das verificações.

| Características | Cluster | | | ANOVA | | |
|--|----------|--------|-----------|--------|-------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | F | Sig. | |
| Desempenho econômica | | | | | | |
| Renda da fazenda (R\$/uta fam) | 287212,8 | 4052,7 | -250597,3 | 84,308 | 0,000 | *** |
| Retorno pelo investimento (R\$/R\$ 100 de custos) | 125,9 | 105,8 | 72,6 | 20,209 | 0,000 | *** |
| Desempenho ambiental (ACV) | | | | | | |
| Ocupação da área (m ² .ano/kg FPCM) | 1,7 | 2,3 | 2,7 | 2,523 | 0,091 | * |
| Uso de energia não-renovável (MJ/kg FPCM) | 6,9 | 7,3 | 9,0 | 2,346 | 0,107 | ns |
| Pot. de aquecimento global (kg CO ₂ eq/kg FPCM) | 1,6 | 1,7 | 2,0 | 4,077 | 0,023 | ** |
| Pot. de acidificação (g CO ₂ eq/kg FPCM) | 18,6 | 19,8 | 27,2 | 4,515 | 0,016 | ** |
| Pot. de acidificação (kg CO ₂ eq/ha) | 110,5 | 94,2 | 101,2 | 0,634 | 0,535 | ns |
| Pot. de eutrofização (g NO ₃ eq/kg FPCM) | 101,8 | 118,2 | 164,8 | 5,411 | 0,008 | *** |
| Pot. de acidificação (kg NO ₃ eq/ha) | 595,5 | 560,7 | 609,6 | 0,216 | 0,807 | ns |
| Desempenho social | | | | | | |
| Áreas de preservação de mata nativa (%) | 13,5 | 5,7 | 0,9 | 4,759 | 0,013 | ** |
| Bonificação no preço recebido pelo leite (%) | 1,2 | 1,7 | 1,8 | 0,097 | 0,908 | ns |
| Dias de folga dos funcionários (#) | 3,8 | 3,1 | 3,2 | 0,778 | 0,465 | ns |

*: $P < 0,10$; **: $P < 0,05$; ***: $P < 0,01$.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

ns: não significativo

uta fam: unidade de trabalho ano familiar

Verifica-se que o grupo “Sustentabilidade +” *ou (*Cluster 1*) foi aquele que apresentou o melhor desempenho nos indicadores econômicos dentre os demais conglomerados. A Figura 26 mostra que o grupo “Sustentabilidade +” possui uma mediana e média superior

aos demais conglomerados no indicador “Retorno pelo Investimento (R\$/R\$ 100 de custos)”, ficando em segundo lugar o “Cluster Médio” e em terceiro o “Cluster Sustentabilidade –”.

O *Cluster 1* destaca-se no desempenho econômico também no indicador “renda da fazenda por mão de obra familiar”. A diferença da renda entre o Cluster 1 e o Cluster 3 foi superior a R\$ 500.000,00/uta fam e isto destaca fortemente a primeira posição deste conglomerado no quesito desempenho econômico. Vale notar que a diferença também foi expressiva quando comparado com o *cluster 2* que teve esse indicador médio calculado em R\$ 4.072,00/uta fam no ano, conforme apresentado na Tabela 13.

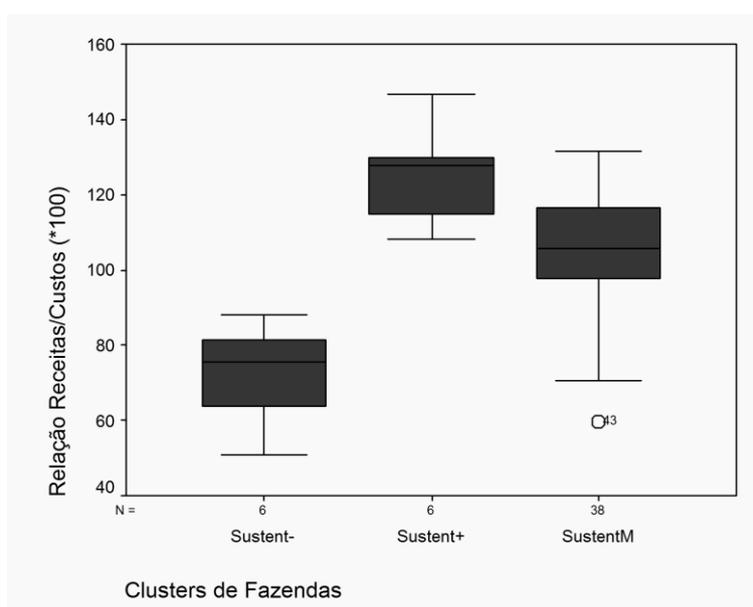


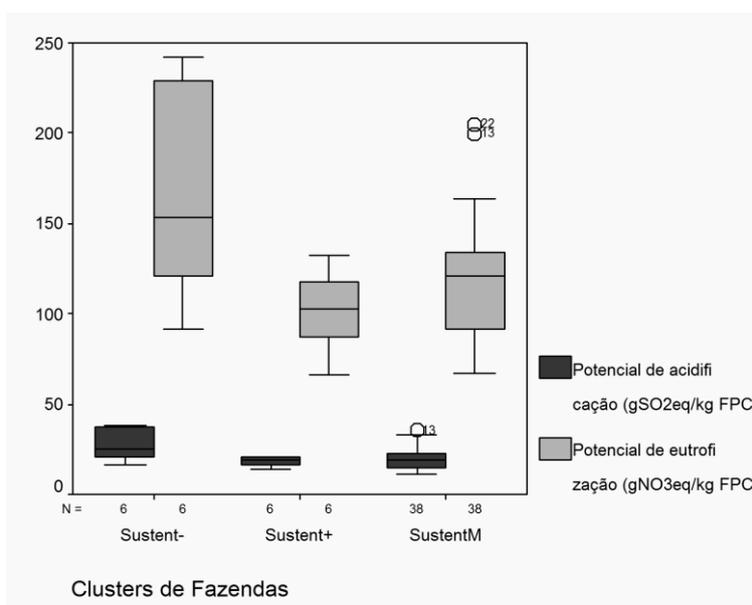
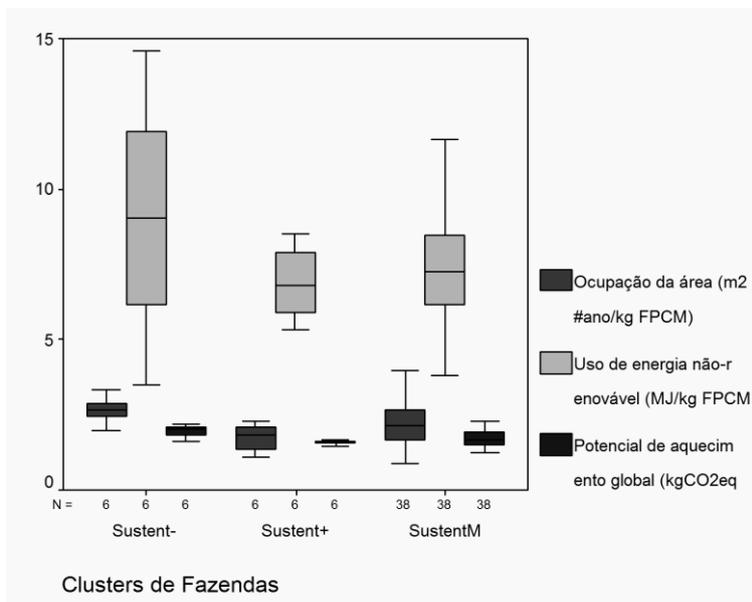
Figura 26 – Apresentação em Box-Plot do indicador de desempenho econômico, “Renda pelo Investimento (R\$/R\$ 100 de custos)” entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

Do ponto de vista ambiental, verifica-se que os indicadores UENR (MJ/kg FPCM), PE (kg NO₃eq/ha) e PA (kg SO₂/ha) não apresentaram diferenças entre os *clusters*. Mas, por outro lado, vale destacar que a PE e PA com base na produção de leite tiveram diferenças estatísticas significativas entre os *clusters*, conforme apresentado na Tabela 13. Da mesma forma que o Cluster 1 (Sustentabilidade +) teve destaque dentre os indicadores de desempenho econômico, este também foi o agrupamento que apresentou os menores impactos ambientais quando comparado com os demais.

Ao comparar os valores médios das categorias de impacto ambiental de cada um dos agrupamentos, foi possível verificar uma redução significativa nos impactos ambientais

causados desse primeiro conglomerado, a diferença média entre o cluster de menor impacto para o cluster de maior impacto é de 34% para a OA, de 21% no PAG, de 32% no PA e de 38% no PE. Comportamento semelhante também foi observado nas medianas apresentadas nos Box-Plot de cada um desses indicadores apresentados nas Figuras 27 e 28.

Como comentado, as categorias de impacto ambiental de PA e PE apresentaram comportamentos diferentes quando colocadas em unidades funcionais diferentes, kg de FPCM e hectares. Estes indicadores quando expressos em kg de FPCM tiveram diferenças estatísticas significativas entre os Clusters, mas quando calculados em unidade de área são iguais estatisticamente. Autores como Haas; Wetterich; Geier (2000), Thomassen e de Boer (2005) e Thomassen et al. (2009), apontam que a utilização desses indicadores é mais relevante em unidade de área em razão do potencial de impacto que ambos possuem inerentes a eles nesse mesmo aspecto. Estas categorias de impacto quando contabilizadas por kg FPCM deixam o seu caráter específico e passa a ser um impacto abrangente como o PAG que tem efeitos gerais na atmosfera. Portanto, torna-se relevante uma análise mais aprofundada sobre a categorização do Cluster 1 como o agrupamento com menores impactos ambientais na produção de leite nas categorias de PA e PE.



Figuras 27 e 28 – Apresentação em Box-Plot dos indicadores de desempenho ambiental de OA (m².ano/kg FPCM), UENR (Mj/kg FPCM), PAG (kg CO₂eq/kg FPCM), PA (g SO₂eq/kg FPCM) e PE (g NO₃eq/kg FPCM), entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

Por fim, não foram verificadas diferenças estatísticas nos indicadores de desempenho social de “bonificação no preço recebido pelo leite” e “dias de folga dos funcionários”. Como comentado no capítulo de metodologia, estes indicadores foram desenvolvidos como uma *proxy* dos indicadores considerados por Dolman et al. (2014) e também pelo atributo de sustentabilidade interna que não havia sido contemplado por esses autores. Portanto, esta análise sugere que estes indicadores foram testados e, a partir destes resultados, pode-se concluir que não possuem interferência na formação dos *clusters*, mais ainda assim é sugerível que se façam estudos mais detalhados em bancos de dados

que possuem informações relevante e ajudem a desenvolver um embasamento mais preciso sobre o uso destes indicadores para o cálculo do desempenho social (interno+externo) nas fazendas produtoras de leite (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; VAN CALKER et al., 2005).

Ainda no quesito de desempenho social, como um *proxy* para o atributo “qualidade da paisagem” que foi considerado por Dolman et al. (2014), tomou-se por base a proporção de áreas de mata nativa em relação a área total das fazendas do EDUCAMPO. Este indicador em cada um dos agrupamentos formados apresentou diferenças estatisticamente significativas entre eles, o que ressalta a importância deste indicador como um parâmetro de medição do desenvolvimento sustentável na produção de leite. Este resultado é de grande relevância, uma vez que não foi encontrado na revisão de literatura uma abordagem semelhante para a utilização das áreas de mata nativa como indicadores de desempenho sustentável na produção de leite.

As diferenças estatisticamente significativas deste indicador entre os clusters formados conformam com a proposta de Haas; Wetterich e Geier (2000) de considerar a qualidade da paisagem e a biodiversidade dentro de um sistema de produção agropecuário, como um benefício no ponto de vista do desempenho social externo (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; VAN CALKER et al., 2005), mas mesmo assim deve-se atentar nos benefícios ambientais e econômicos que estas áreas possuem (SANTOS et al., 2011; SIQUEIRA; DURU, 2015).

A Figura 29 apresenta o comportamento do indicador “área de preservação de mata nativa” nos diferentes conglomerados que foram formados, no conglomerado “sustentabilidade -”, o valor da mediana foi nulo, enquanto que o *cluster* “sustentabilidade +” apresenta a mediana pouco superior aos 10%.

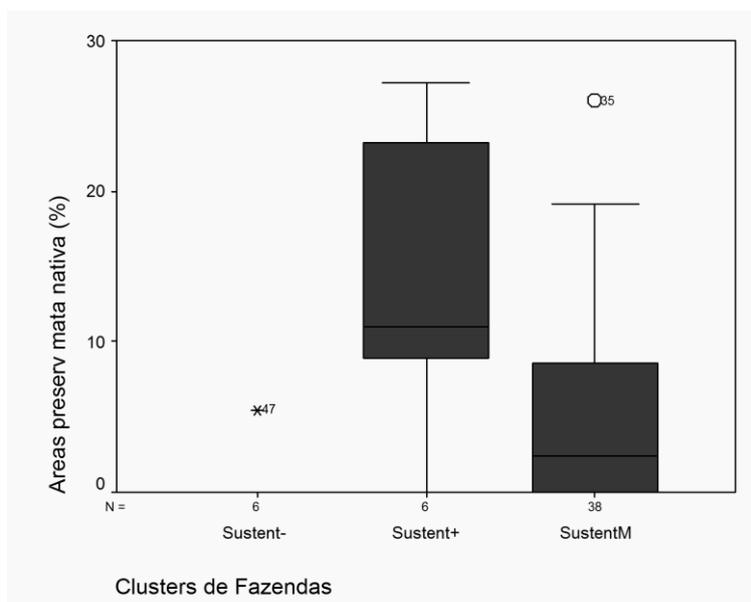


Figura 29 – Apresentação em Box-Plot do indicadores de desempenho social externo, “área de preservação de mata nativa (%)”, entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

8.3.2 Análise das características estruturais de produção nos *clusters* formados

Como comentado no capítulo anterior, a partir dos *clusters* formados dentro do banco das fazendas de Minas Gerais, também foi testada estatisticamente as diferenças entre os indicadores estruturais, de produção e econômicos, com a finalidade de identificar as variáveis com diferenças significativas entre elas, entre os conglomerados formados a partir dos indicadores de desempenho sustentável. Busca-se com isso, entender quais são os principais fatores que podem explicar os resultados de desempenho da sustentabilidade encontrados na formação dos agrupamentos de “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -”.

Dessa forma, na Tabela 14²⁸ estão elencados todos os indicadores que tiveram diferença significativa entre os conglomerados formados. De forma ampla, verifica-se que grandes grupos de indicadores que diferiram entre os *clusters*, foram da estrutura das áreas das fazendas, a efetividade no uso de insumos, a relevância da mão-de-obra contratada e familiar, além dos indicadores de produtividade. As variáveis de custos que também

²⁸ Um maior detalhamento do teste ANOVA que foi desenvolvido pode ser encontrado no ANEXO D e no ANEXO E.

apresentaram diferenças estatísticas significativas, também merecem destaque, uma vez que são explicativas do desempenho produtivo e econômico de cada uma das fazendas.

Vale destacar que na revisão de literatura desta dissertação, foram encontrados os seguintes fatores como, explicativos para o melhor desempenho ambiental e também sustentável em fazendas produtoras de leite: i) o tamanho da propriedade; ii) número de vacas ordenhadas; iii) produção total (GAUDINO et al., 2014; HAGEMANN et al., 2011; RIPOLL-BOSCH et al., 2012; THOMASSEN et al., 2009; VAN PASSEL et al., 2007); iv) produtividade por animal; v) produtividade por vaca; vi) taxa de lotação (CABRERA; SOLÍS; DEL CORRAL, 2010; GERBER et al., 2011; GUERCI et al., 2013; HAGEMANN et al., 2011; OUDSHOORN et al., 2012; POWELL; RUSSELLE; MARTIN, 2010; RIPOLL-BOSCH et al., 2012; THOMASSEN et al., 2009); vii) uso de ordenha mecânica; viii) frequência do número de ordenhas (CABRERA; SOLÍS; DEL CORRAL, 2010; GUERCI et al., 2013; OUDSHOORN et al., 2012; THOMASSEN et al., 2009; VAN PASSEL et al., 2007); xix) maior envolvimento da mão de obra familiar (CABRERA; SOLÍS; DEL CORRAL, 2010; GUERCI et al., 2013); x) uso eficiente dos recursos de produção (uso de energia, uso de fertilizantes, consumo de concentrados) e conversão alimentar (MSI) (GUERCI et al., 2013; IRIBARREN et al., 2011; THOMASSEN et al., 2009; VAN PASSEL et al., 2007, 2009) e xi) idade do produtor e troca de gerações na atividade (RIPOLL-BOSCH et al., 2012; VAN PASSEL et al., 2007). Ao comparar esses fatores encontrados na literatura com os resultados das fazendas de Minas Gerais, foi possível verificar variáveis semelhantes que diferenciam e podem explicar também os conglomerados que foram formados, como apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores médios das características estruturais, de produção e de desempenho econômico que tiveram diferenças estatísticas, para os *clusters* formados entre as 50 fazendas do EDUCAMPO para o ano safra 2014/2015.

| Área da fazenda | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | F | Sig. | |
|---|------------------|------------------|------------------|----------|-------------|-----|
| Área total (ha) | 191,34 | 90,77 | 96,45 | 3,29 | 0,046 | ** |
| Área utilizada para produção agropecuária (ha) | 156,59 | 83,02 | 95,45 | 2,58 | 0,087 | * |
| Área de forrageira (ha) | 119,31 | 70,83 | 68,18 | 3,05 | 0,057 | * |
| Área mata nativa (%) | 13,52 | 5,69 | 0,91 | 4,76 | 0,013 | ** |
| Dados estruturais, MO e insumos | | | | | | |
| Mão de obra contratada (uta) | 9,11 | 5,15 | 4,85 | 3,17 | 0,051 | * |
| Mão de obra familiar que atua na empresa (uta fam) | 1,75 | 1,76 | 1,00 | 2,55 | 0,089 | * |
| Concentrados comprados (kg/100kg FPCM) | 52,60 | 51,92 | 70,79 | 2,61 | 0,084 | * |
| Uso de diesel (l/ 100kg FPCM) | 1,40 | 0,96 | 2,22 | 5,44 | 0,007 | *** |
| Uso de corretivos (kg CaO/ha) | 108,68 | 67,21 | 218,24 | 3,01 | 0,059 | * |
| Produção | | | | | | |
| Vacas total (#) | 252,18 | 114,54 | 127,97 | 4,94 | 0,011 | ** |
| Vacas lactantes (#) | 218,51 | 92,66 | 102,60 | 6,12 | 0,004 | *** |
| Produção total de leite (kg FPCM) | 1965797,90 | 706497,11 | 605230,52 | 7,90 | 0,001 | *** |
| Produção anual por vaca (kg FPCM) | 8797,95 | 7119,58 | 5990,42 | 5,74 | 0,006 | *** |
| Produção diária de leite (kg FPCM) | 5385,75 | 1935,61 | 1658,17 | 7,90 | 0,001 | *** |
| Produção diária por uta (kg FPCM/uta) | 559,73 | 337,14 | 342,59 | 7,37 | 0,002 | *** |
| Gordura no leite (%) | 3,61 | 3,69 | 3,90 | 3,70 | 0,032 | ** |
| Conv alimentar vacas lactantes (kg FPCM/kg MSI) | 1,31 | 1,09 | 0,92 | 5,98 | 0,005 | *** |
| Econômicos | | | | | | |
| COT/litro de leite (R\$/litro) | 0,95 | 1,05 | 1,61 | 22,62 | 0,000 | *** |
| Lucro/litro de leite (R\$/litro) | 0,25 | 0,04 | -0,50 | 22,51 | 0,000 | *** |
| Custo concentrado na ativ. / Renda bruta do leite (%) | 35,27 | 37,18 | 47,55 | 4,13 | 0,022 | ** |

*: $P < 0,10$; **: $P < 0,05$; ***: $P < 0,01$.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

ns: não significativo

uta fam: unidade de trabalho ano familiar

Verifica-se uma significativa diferença no tamanho das fazendas entre os conglomerados, dentre os quais “sustentabilidade +”, apresentou as maiores áreas, conforme a Tabela 14 e Figura 30. Este resultado converge com demais resultados encontrados na literatura que indicam o tamanho das fazendas de leite como um fator que influencia no desempenho sustentável dessa atividade.

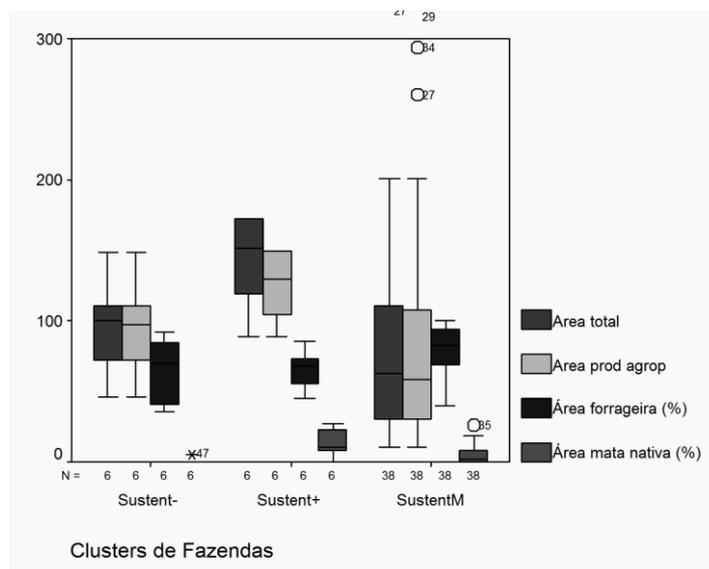


Figura 30 - Apresentação em Box-Plot do tamanho (ha) e relação das áreas (%), entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

Semelhantemente ao tamanho das áreas, verificou-se também que um maior número de animais na propriedade também está vinculado com o *cluster* “Sustentabilidade +”, de forma que as medianas apresentadas na Figura 31 destacam essa diferença.

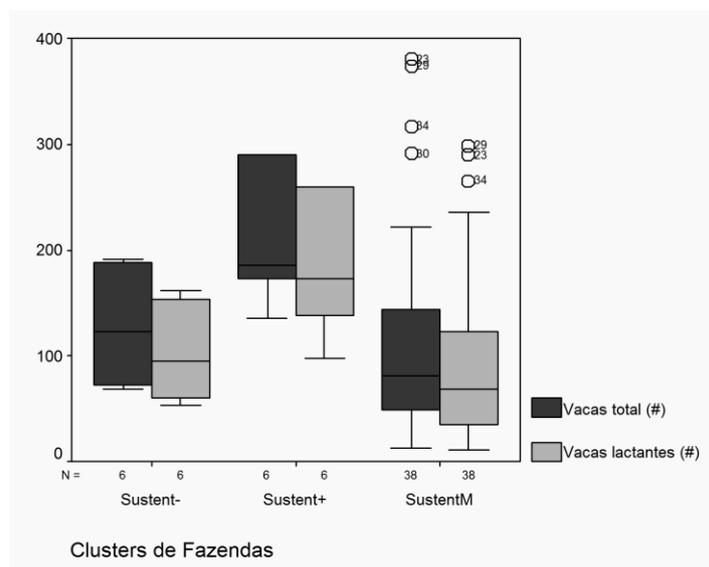


Figura 31 - Apresentação em Box-Plot do total de vacas e o total de vacas lactantes (#), entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

Ao analisar a eficiência no consumo de concentrados, os valores médios encontrados entre estes conglomerados, mostram um consumo mais eficiente em 28%, chegando a valores próximos de 52 kg/100kg.FPCM produzido. Valor adequado, quando comumente é sugerido a compra de 1 kg de concentrado para a produção de 2 a 2,5 kg de

litro de leite (SALMAN; OSMARI; SANTOS, 2011). Semelhantemente, verifica-se também uma maior eficiência na produção de leite pelo total de matéria seca ingerida pelas vacas lactantes (Tabela 14). O *cluster* “Sustentabilidade+”, teve valor médio de 1,31 kg FPCM/kg MSI, enquanto que o *cluster* “Médio”, teve valor médio de 1,09 kg FPCM/kg MSI e, o *cluster* “Sustentabilidade -” de 0,92 kg FPCM/kg MSI, valores que diferem estatisticamente a partir do teste de ANOVA desenvolvido entre os conglomerados (GUERCI et al., 2013; IRIBARREN et al., 2011; THOMASSEN et al., 2009; VAN PASSEL et al., 2007, 2009). Também destaca-se o aumento no uso de corretivos por unidade de área nas fazendas do primeiro *cluster*, conforme apresentado na Figura 32. Este maior uso de corretivos, pode impactar diretamente no aumento do impacto ambiental por unidade de área. De acordo com o IPCC (2006b), este insumo afeta diretamente nas emissões de CO₂eq quando aplicados ao solo.

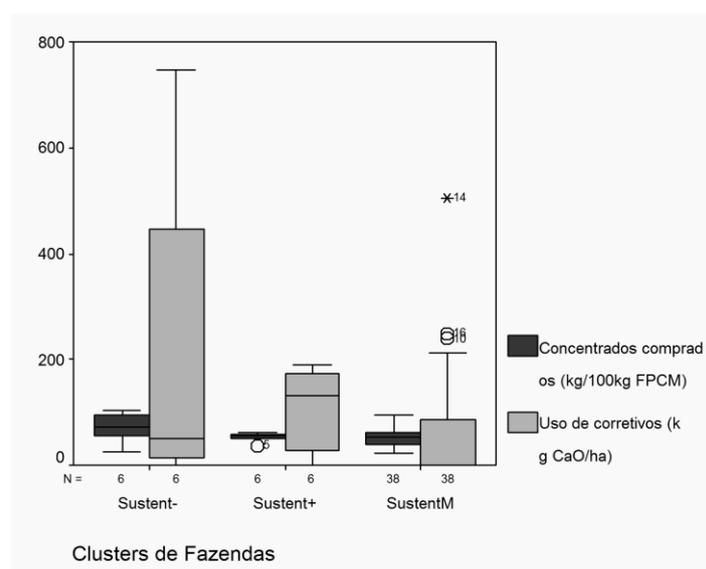


Figura 32 - Apresentação em Box-Plot da conversão do consumo de concentrados e uso de corretivos por unidade de área entre os conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

Não menos importante, é importante discutir os resultados do teste de significância da produtividade anual por vaca de leite e a produtividade anual por hectare. De acordo com o teste, apenas a produtividade por animal teve diferença estatística entre os conglomerados formados, enquanto que a produtividade por hectare foi igual estatisticamente entre os grupos. Este resultado é bastante interessante, pois ambos fatores geralmente são tratados como se apresentassem uma relação estreita entre eles. Ao fazer o teste de correlação entre ambos na amostra das fazendas do EDUCAMPO, obteve-se o fator de correlação de 0,49. Valor que mostra que existe uma relação entre as variáveis,

mas não é tão significativa. De forma que o resultado anual é diretamente influenciado pelo tamanho da área e nível de lotação dos animais. Apesar do *cluster 1* ter apresentado tanto o tamanho de área, como a produção de anual por animal maior (diferenças nas médias significativas), os fatores lotação animal e a produção de leite por hectare, não foram significativos. Isto pode ser explicado pela área dos Box-plot que reflete na grande dispersão dos dados entre as fazendas. Portanto, é relevante entender e estudar com mais detalhes qual a relação de cada uma das formas de medir produtividade numa fazenda de leite e como podem impactar na sustentabilidade. Para este estudo, apenas a produção anual por vaca, mostrou-se diferente entre os conglomerados, conforme apresentado na Figura 33.

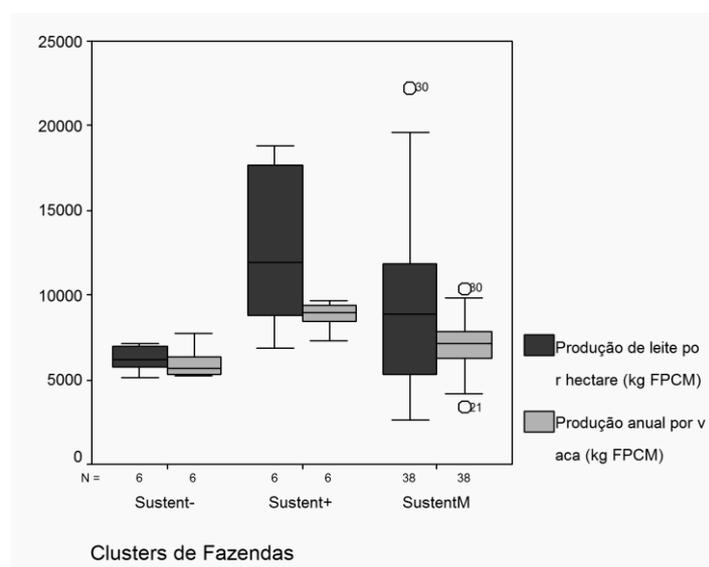


Figura 33 - Apresentação em Box-Plot da “produção de leite por hectare” e “produção anual por vaca” nos conglomerados, “Sustentabilidade +”, “Médio” e “Sustentabilidade -” das fazendas de leite do EDUCAMPO (2014/2015).

Por fim, também foi verificada uma diferença significativa entre o número de ordenhas entre os *clusters* formados. De forma que o conglomerado “Sustentabilidade +”, apresentou um número maior de ordenhas, quando comparado com os demais conglomerados, semelhante ao resultado de Cabreara; Solís; Del Corral (2010). Além disso, também se verifica um maior nível de utilização de mão de obra familiar e eficiência de ordenha por mão de obra contratada no melhor cluster em desempenho da sustentabilidade.

Também foi testada a diferença para os fatores de idade do produtor, tempo que é produtor de leite e distância da fazenda para a cidade (RIPOLL-BOSCH et al., 2012; VAN

PASSEL et al., 2007) e não foi encontrada diferença estatística significativa entre os *clusters* que foram formados.

Todos os fatores acima elencados são de grande relevância para entender qual a dinâmica da sustentabilidade na produção de leite em Minas Gerais. Assim, verifica-se que há uma diferença no desempenho da sustentabilidade entre os *clusters* que foram formados com base em 7 dos 12 indicadores de desempenho de sustentabilidade que foram calculados para cada uma dessas fazendas. Entre esses conglomerados, elencados pelo nível de desempenho de sustentabilidade, também foi possível observar diferenças nas características estruturais e de produção entre elas. Havendo diferenças significativas nos seguintes fatores: a) tamanho das áreas, b) uso eficiente de recursos, c) mão de obra familiar na atividade; d) conversão alimentar; e) produtividade por animal; f) tamanho do rebanho; g) consumo de concentrados; h) nível de correção do solo; i) produção anual por vaca e, j) eficiência da MO na ordenha.

9 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão de literatura realizada para a contextualização e embasamento desta dissertação demonstrou que é grande hoje o número de publicações acerca da avaliação da sustentabilidade na produção de leite. O elevado número de publicações a respeito ressalta a importância deste tema, no entanto, constatou-se que o termo é empregado constantemente com foco em um ou dois pilares da sustentabilidade, o pilar ambiental e econômico, deixando normalmente de lado a questão social. Este estudo foi baseado no ferramental desenvolvido por Dolman, et al. (2014) para a avaliação da sustentabilidade na produção de leite. Foi necessário realizar ajustes para adaptá-lo à realidade brasileira, de forma que pode ser utilizado como base para o desenvolvimento e aprimoramento de pesquisas semelhantes na área.

O setor de lácteos no país teve crescimento considerável nos últimos anos e a temática da sustentabilidade emergiu, talvez com maior rapidez. Ressaltando a necessidade de uma ferramenta que seja mais adequada para avaliação das operações da produção de leite no Brasil, pela ótica da gestão de operações sustentáveis. Assim, este *framework* é necessário para o melhor planejamento e desenvolvimento do setor e, com isso, alcançar os níveis exigidos pelos consumidores dentro da produção. Ainda neste ponto e, não menos importante, é relevante que as evoluções destas análises sejam casadas com a necessidade dos produtores rurais, indústrias, varejo, governo e entidades de classe do setor. A não padronização dos *frameworks* prejudica a comparação entre regiões e sistemas produtivos (O'BRIEN et al., 2014), atrasando de forma considerável o desenvolvimento conjunto deste setor.

Destaca-se o caráter inédito do cálculo de indicadores de sustentabilidade para um grupo de 50 fazendas estado de Minas Gerais. Em geral, são encontrados apenas trabalhos estudos de casos que tratam de replicar a realidade brasileira com os seus resultados. Portanto, os valores encontrados são inéditos e estimam o desempenho das fazendas de leite do EDUCAMPO na região de Minas Gerais.

Com relação aos indicadores de desempenho econômico, foram encontrados os seguintes valores: i) renda da fazenda, o valor médio obtido foi de € 2.385,4 por unidade de trabalho familiar das fazendas; para as ii) receitas sobre custos, o valor encontrado foi de 104,3 de retorno para cada 100 de custo na atividade de produção de leite. Já com relação aos

indicadores de desempenho ambiental com base na ACV da produção de leite tiveram valores médios de 2,3 m².ano/kg FPCM para a OT, de 7,4 MJ/kg FPCM para o UENR, de 1,7 kg CO₂eq/kg FPCM para o PAG, de 20,5 g SO₂eq/kg FPCM e 97 kg SO₂eq/ha FPCM para o PA e de 121,8 g NO₃eq/kg FPCM e 570,7 kg NO₃eq/ha. Por fim, ao avaliar os indicadores de desempenho social, as i) áreas de preservação de mata nativa (%), foi de 6,1%, a ii) bonificação no preço recebido pelo leite (%) foi de 1,6% e os dias de folgados funcionários (#), foi de 3,2.

Além disso, os resultados deste trabalho mostram a relevância do desenvolvimento e aprimoramento de um ferramental para o Brasil e também confronta o sistema de produção nacional com outros países que possuem esta temática mais desenvolvida. Mas, ainda assim, foi possível identificar fatores que pode afetar a sustentabilidade da produção de leite, sendo estes: a) tamanho das áreas, b) uso eficiente de recursos, c) mão de obra familiar na atividade; d) conversão alimentar; e) produtividade por animal; f) tamanho do rebanho; g) consumo de concentrados; h) nível de correção do solo; i) produção anual por vaca e, j) eficiência da MO na ordenha.

Os valores apresentados no desempenho da sustentabilidade nos *clusters* formados, podem ser explicados pelos fatores que tiveram diferença estatística entre eles. Portanto, este material pode servir como uma “régua” ou *framework* que produtores de leite podem usar como base de entendimento do nível de desempenho sustentável que a sua fazenda possui.

É importante ressaltar que ainda não foi encontrado na revisão de literatura um ferramental simples de ser aplicado. Sugere-se, portanto, a necessidade de aprimorar este estudo em um universo maior de fazendas, como maior número de variáveis de produção, tecnológicas e estruturais heterogêneas, com a finalidade de melhorar a metodologia empregada neste estudo inicial. Podendo ser criada, portanto, uma “régua do desempenho sustentável na produção de leite”, para uso dos produtores, indústria e governo.

O Projeto EDUCAMPO, é muito relevante para o desenvolvimento da produção na região de Minas Gerais, vide o elevado grau de tecnificação que a amostra estudada apresentou. A difusão tecnológica e de conhecimento realizada por esse programa, deve ser associada ao desenvolvimento sustentável desse setor. É recomendado que as coletas de dados pelos técnicos do EDUCAMPO, também sejam focadas nos aspectos que o termo sustentabilidade engloba. Quanto maior a precisão na coleta de informações no dia-a-dia

com o produtor rural, maior será a assertividade da análise de sustentabilidade. Parâmetro que pode e deve ser estratégico para o melhor desenvolvimento das operações e também na melhor colocação da empresa rural neste mercado demandante de práticas sustentáveis. Isto pode ser carregado como uma vantagem competitiva, uma vez que para a sua elaboração é necessário ter uma visão detalhada e minimalista de todos os processos que compõem o sistema de produção de sua atividade. Refletindo na ampliação de conhecimento dos pontos que devem ser melhorados e que são os *hotspots* tanto para alcançar um melhor desempenho econômico, como também alavancar o melhor desenvolvimento ambiental e social da sua atividade.

As propriedades avaliadas neste estudo representam apenas uma pequena parcela dos produtores de leite do país, uma vez que possuem elevado nível tecnológico de produção. É recomendada a aplicação e o desenvolvimento deste *framework* em propriedades produtoras de leite com outros tipos de sistemas de produção e também que mais se assemelhem com a realidade brasileira, com a finalidade de identificar qual é o desempenho sustentável “real” da produção leiteira brasileira. Também é importante melhorar a amostragem, com a finalidade de identificar com maior precisão os principais impactos que as propriedades do EDUCAMPO possuem internamente e externamente à propriedade.

Alguns autores como Gerber et al. (2011); Powell; Russelle e Martin (2010), reforçam a análise da sustentabilidade e dos impactos ambientais de forma mais holística. Já que a intensificação da produção e a análise dos impactos por unidade funcional refletem em resultados negativos maiores por unidade de área, apesar de diluído na unidade produzida. Dessa forma, também sugere-se avaliar a sustentabilidade da produção de leite em propriedades altamente intensificadas com essa visão, para poder compreender a partir de uma outra visão qual a dinâmica dos impactos econômicos, sociais e, principalmente, ambientais que isso pode gerar.

Outros pontos de grande destaque, são os impactos de mudança no uso do solo e também de absorção e estocagem de C. Neste estudo foi levado em conta os fatores de mudança no uso do solo (dLUC, em inglês) da compra dos alimentos dos animais. Por outro lado, não foram levadas em conta os efeitos positivos da área de mata e de pastagens bem manejadas nos efeitos ambientais, através do sequestro e estocagem de carbono.

Neste aspecto, diversos estudos começaram a contabilizar e estimar qual o impacto do dLUC nos sistemas produtivos agropecuários no Brasil, em razão da preocupação de conseguir estimar de forma mais precisa, quais são os impactos ambientais que o desflorestamento nos biomas amazônico e cerrado, que são as principais regiões de expansão do agronegócio brasileiro nas últimas décadas, têm nesses sistemas de produção e também nos seus produtos e subprodutos (CEDERBERG; MEYER, 2009; LÉIS, 2013; LÉIS et al., 2014; PRUDÊNCIO DA SILVA et al., 2010, 2014; RUVIARO, 2012; SIQUEIRA; DURU, 2015).

Apesar desse avanço na maior precisão dos impactos ambientais dos sistemas agropecuários no Brasil, outro ponto que merece destaque, mas que ainda é pouco discutido e é constantemente ignorado em estudos de ACV, é o sequestro e a estocagem de carbono no solo e na biomassa dentro das fazendas. O sequestro e a estocagem de carbono (C) decorre do melhor manejo das áreas de pasto e agrícolas, e também ao total de carbono (C) que foi sequestrado e estocado nas áreas de mata nativa e também de reflorestamento nas unidades de produção (SIQUEIRA; DURU, 2015).

Este tema e análise foi recentemente ressaltado e apresentado por Siqueira e Duru (2015) em um estudo que baseou-se em fazendas de pecuária de corte na região amazônica no Brasil. Estes autores, destacaram o quão importante é contabilizar os benefícios que áreas de mata nativa têm dentro das fazendas, sendo relevante a quantificação dos estoques de carbono como forma de valoração dessas áreas, já que atualmente as análises realizadas pouco destacam essas áreas como contribuintes para o meio-ambiente e sociedade.

Esta temática é de grande relevância e deve ser considerada em futuras pesquisas, uma vez que nos resultados do desempenho da sustentabilidade de leite encontrados nesta dissertação, houve relevância do indicador social de “área de reserva ou mata nativa (%)” como uma variável explicativa na formação dos *clusters* de desempenho da sustentabilidade. Indicador que considera a qualidade da paisagem e a biodiversidade dentro de um sistema de produção agropecuário, como um benefício no ponto de vista do desempenho social externo (LEBACQ; BARET; STILMANT, 2013; VAN CALKER et al., 2005). Portanto, a quantificação (econômica, ambiental ou social) deste “fator de produção” que muitas vezes é deixado de lado, é de extrema relevância para a maior preservação do mesmo (SANTOS et al., 2011; SIQUEIRA; DURU, 2015), além da maior assertividade nas análises de sustentabilidade em fazendas no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas, NBR ISO 14040, 2009. **Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009, 21p.
- ACOSTA-ALBA, I.; VAN DER WERF, H. The use of reference values in indicator-based methods for the environmental assessment of agricultural systems. **Sustainability**, v. 3, n. 12, p. 424–442, 16 fev. 2011.
- AGE/MAPA. Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **PIB do Agronegócio 2014**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 02 ago 2014.
- AGUILAR-JIMÉNEZ, C. E.; TOLÓN-BECERRA, A.; LASTRA-BRAVO, X. Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental , económica y social del cultivo de maíz en Chiapas , México Integrated assessment of environmental , economic and social. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 43, n. 1, p. 155–174, 2011.
- ALVARENGA, R. A. F. DE; PRUDÊNCIO DA SILVA, V.; SOARES, S. R. Comparison of the ecological footprint and a life cycle impact assessment method for a case study on Brazilian broiler feed production. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 25–32, 2012.
- ALVES, B. J. R. et al. Emissões de óxido nitroso e óxido nítrico do solo em sistemas agrícolas. In: LIMA, M. A. et al. (Eds.). . **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 347.
- ALVES, D. R. Industrialização e comercialização do leite de consumo no Brasil. In: MADALENA, F. E. et al. (Eds.). . **Produção de Leite e Sociedade: uma análise crítica da cadeia do leite no Brasil**. 1. ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia da UFMG (FEPMVZ), 2001. p. 75–83.
- ASSIS, A. G. et al. **Sistemas de produção de leite no Brasil**: Circular Técnica. Juiz de Fora - MG, Embrapa Gado de Leite, , 2005.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. Disponível em: https://ptax.bcb.gov.br/ptax_internet/consultaBoletim.do?method=consultarBoletim>. Acesso em 30 de julho de 2015.
- BÉLANGER, V. et al. Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 421–430, dez. 2012.
- BELL, S.; MORSE, S. G. **Sustainability Indicators, Measuring the Immeasurable**. UK: Earthscan, 1999.
- BERRE, D. et al. Finding the right compromise between productivity and environmental efficiency on high input tropical dairy farms: A case study. **Journal of environmental management**, v. 146, p. 235–44, 15 dez. 2014.
- BINDER, C. R.; FEOLA, G.; STEINBERGER, J. K. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture.

Environmental Impact Assessment Review, v. 30, n. 2, p. 71–81, fev. 2010.

BOCKSTALLER, C. et al. Review article Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems . A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 28, p. 139–149, 2008.

BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P. E. P. Measuring the immeasurable — A survey of sustainability indices. **Ecological Economics**, v. 63, n. 1, p. 1–8, jun. 2007.

BOND, A. J.; MORRISON-SAUNDERS, A. Re-evaluating sustainability assessment: aligning the vision and the practice. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 1, p. 1–7, jan. 2011.

BRAKLAICH, M.; BRYANT, C.; SMIT, B. Review and appraisal of concept of sustainable food production system. **Environmental Management**, 15: 1-14. 1991, apud YUNLONG, C.; SMIT, B. Sustainability in agriculture: a general review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 49, n. 3, p. 299–307, jul. 1994.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12651compilado/>. Acesso em 05 de julho de 2015.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. Assessoria de Gestão Estratégica – Brasília : Mapa/ACS, 2013. 96 p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf/>. Acesso em 10 de março de 2015.

BRASIL. MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Emissões de Metano por Fermentação Entérica e Manejo de Dejetos de Animais**. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010. 120 p. Disponível em: http://proclima.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/28/2014/05/brasil_mcti_fermentacao_enterica.pdf/>. Acesso em 01 de maio de 2015.

BRASIL. MDIC. Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio. **Sistema de gerenciamento de dados Aliceweb** – banco de dados disponível em: <http://alicesweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em 02 ago 2014.

BRASIL. MME. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, 2011. 267 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em 10 de março de 2015.

BUYS, L. et al. Creating a sustainability scorecard as a predictive tool for measuring the complex social, economic and environmental impacts of industries, a case study: assessing the viability and sustainability of the dairy industry. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 184–92, 15 jan. 2014.

CABRERA, V. E.; SOLÍS, D.; DEL CORRAL, J. Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 387–93, jan. 2010.

CALLADO, C. L. A. **Modelo de mensuração de sustentabilidade empresarial: uma aplicação em vinícolas localizadas na serra gaúcha**. [s.l.] Universidade do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2010.

CAPPER, J. L.; CADY, R. A.; BAUMAN, D. E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. **Journal of animal science**, v. 87, n. 6, p. 2160–2167, jun. 2009.

CEDERBERG, C.; FLYSJO, A. **Life cycle inventory of 23 dairy farms in South-Western Sweden**. [s.l.: s.n.].

CEDERBERG, C.; MATTSSON, B. Life cycle assessment of milk production — a comparison of conventional and organic farming. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, p. 49–60, 2000.

CEDERBERG, C.; MEYER, D. **Life cycle inventory of greenhouse gas emissions and use of land and energy in Brazilian beef production**. [s.l.: s.n.].

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Boletim Ativos do Campo n34 - Leite**, Julho de 2014a. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/leite/>>. Acesso em 02 ago 2014.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em 02 julho 2015

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB do Agronegócio**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em 02 ago 2014b.

CLARO, P. B. DE O.; CLARO, D. P. Desenvolvimento de indicadores para monitoramento da sustentabilidade : o caso do café orgânico. **Revista de Administração**, v. 39, n. 1, p. 18–29, 2004.

CLIFT, R. Metrics for supply chain sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 5, n. 3-4, p. 240–247, 1 out. 2003.

COLLINS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração: Um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2a Edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CORAL, E. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

COSTA, A. A. V. M. R. Sustainable agriculture III: Indicators. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 90–105, 2010.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 2. ed. Lincoln: Sage Publications, 2003.

CRUZ, A. A. **Indicadores de sustentabilidade: Estudo de caso em propriedades produtoras de leite nas regiões sul e sudeste do Brasil utilizando a metodologia RISE**. [s.l.] Escola Superior de Agricultura (ESALQ) da Universidade do Estado de São Paulo (USP), 2013.

CVB. **CVB Table booklet feeding of ruminants**, CVB, , 2008.

DOLMAN, M. A. et al. Benchmarking the economic, environmental and societal performance of Dutch dairy farms aiming at internal recycling of nutrients. **Journal of Cleaner Production**, v. 73, p. 245–252, jun. 2014.

DUMANSKI, J.; SMYTH, A. J. FESLM: A framework for evaluating sustainable land management. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 93, p. 401–406, 1995.

DUMANSKI, J.; SMYTH, A. J. **FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management**. Roma: [s.n.].

EDUCAMPO/SEBRAE – Projeto Eduacampo Sebrae. Disponível em: <<http://www.cpdEDUCAMPO.com.br/>>. Acesso em 02 ago 2014.

ELLIOTT, F. F. The “representative firm” idea applied to research and extension in Agricultural Economics. **Journal of Farm Economics**, v. 10, p. 483–498, 1928.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – **Embrapa Gado de Leite. Sistema de produção de leite na região sudeste** (versão online) (2015a).

Disponível

em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/autores.htm>>. Acesso em: 20 de julho de 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – **Embrapa Gado de Leite. Tecnologia para produção de leite na Região Sudeste do Brasil. Vacas em Lactação: Alimentação e manejo de vacas durante o período pré-parto**. (versão online) (2015b). Disponível em:<

<http://www.cnpqgl.embrapa.br/sistemaproducao/book/export/html/256>>. Acesso em: 25 de julho de 2015.

EPE, E. DE P. E. **Balço energético nacional 2015: Ano base 2015**Rio de Janeiro, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. **EU dairy farms report 2013 based on FADN data**,European Comission. Directorate-General for Agricultural and Rural Development, , 2013.

EUROPEAN COMMISSION. Farm Accounting Data Network (FADN). Disponível em:<<http://ec.europa.eu/agriculture/ricaprod/>>. Acesso em 10 de março de 2015.

FAO. **Greenhouse gas emissions from the dairy sector: a life cycle assessment**, Viale delle Terme di Caracalla,Food and Agriculture Organization of the United Nations, , 2010.

FASSIO, L. H.; REIS, R. P.; GERALDO, L. G. Desempenho técnico e econômico da atividade leiteira em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1154–1161, 2006.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de Dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERNANDES, L. A. DE O.; WOODHOUSE, P. J. Family farm sustainability in southern Brazil: An application of agri-environmental indicators. **Ecological Economics**, v. 66, n. 2-3, p. 243–257, jun. 2008.

FERREIRA, J. M. L. et al. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 271, p. 12–25, 2012.

FIGGE, F.; HAHN, T. Value oriented impact assessment: the economics of a new approach to impact assessment. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 47, n. 6, p. 921–941, nov. 2004.

GAUDINO, S. et al. Assessing agro-environmental performance of dairy farms in northwest Italy based on aggregated results from indicators. **Journal of environmental Management**, v. 140, n. 74, p. 120–34, 1 jul. 2014.

GERBER, P. et al. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. **Livestock Science**, v. 139, n. 1-2, p. 100–108, jul. 2011.

GERDESSEN, J. C.; PASCUCCI, S. Data Envelopment Analysis of sustainability indicators of European agricultural systems at regional level. **Agricultural Systems**, v. 118, p. 78–90, jun. 2013.

GOMES, S. T. Diagnóstico e perspectivas da produção de leite no Brasil. In: VILELA, D.; BRESSAN, M.; CUNHA, A. S. (Eds.). **Restrições técnicas, econômicas e institucionais ao desenvolvimento da cadeia produtiva de leite no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa, 1999. p. 19–35.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A; RIESGO, L. Alternative approaches to the construction of a composite indicator of agricultural sustainability: An application to irrigated agriculture in the Duero basin in Spain. **Journal of environmental management**, v. 90, n. 11, p. 3345–62, ago. 2009.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A; SANCHEZ-FERNANDEZ, G. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. **Ecological Economics**, v. 69, n. 5, p. 1062–1075, mar. 2010.

GOVERNO DE MINAS GERAIS – Portal do Governo de Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/>>. Acesso em 10 de março de 2015.

GRENZ, J. et al. RISE - A method for assessing the sustainability of agricultural production at farm level. **Rural Development News**, p. 5–9, 2009.

GUERCI, M. et al. Effect of farming strategies on environmental impact of intensive dairy farms in Italy. **Journal of Dairy Research**, v. 80, n. 3, p. 300–8, ago. 2013.

GUTBERLET, J. Sustainability: a new paradigm for industrial production. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 1, n. 3, p. 225–236, 2000.

HAAS, G.; WETTERICH, F.; GEIER, U. Life cycle assessment framework in agriculture on the farm level. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 5, n. 6, p. 345–348, 2000.

HAGEMANN, M. et al. Benchmarking of greenhouse gas emissions of bovine milk production systems for 38 countries. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166-167, p. 46–58, jun. 2011.

HAIR JR., J. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 6a Edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HALBERG, N.; VERSCHUUR, G.; GOODLASS, G. Farm level environmental indicators, are

they useful? An overview of green accounting systems for European farms. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 105, n. 1-2, p. 195–212, jan. 2005.

HEIJUNGS, R. et al. **Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds**. Leiden, Netherlands: [s.n.].

HISCHIER, R. et al. **Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods Data v2.2 (2010)**DübendorfSwiss Centre for Life Cycle Invenetories, , 2010. Disponível em: <https://www.ecoinvent.org/files/201007_hischier_weidema_implementation_of_lcia_methods.pdf>

HOFFMAN, A. J. Climate change strategy : The business logic behind voluntary greenhouse gas reductions. **California Management Review**, v. 47, p. 21–46, 2004.

HUNGRIA, M. et al. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, p. 927–939, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – CENSO AGROPECUÁRIO, 2006 – Banco de dados disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 02 ago 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – SIDRA – banco de dados disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 02 ago 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METERELOGIA – INMET. **Banco de Dados Metereológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em 10 de julho 2015.

IPCC, I. P. ON C. C. Chapter 10 - Emissions from livestock and manure management. In: **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 4. ed. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2006a. p. 10.1–10.87.

IPCC, I. P. ON C. C. Chapter 11 - N₂O Emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. In: **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 4. ed. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2006b. p. 1–54.

IPCC, I. P. ON C. C. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (Eds.). . **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Geneva, Switzerland: [s.n.].

IRIBARREN, D. et al. Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. **The Science of the Total Environment**, v. 409, n. 10, p. 1786–98, 15 abr. 2011.

JANK, M. S.; GALAN, V. **Competitividade do Sistema Agroindustrial do Leite** (PENSA/IPEA, Ed.)**Competitividade da Agroindústria Brasileira**São Paulo, 1998.

JANUÁRIO, E. DE C. **Mudanças Institucionais e as Relações entre Produtores Rurais e o Segmento Processador de Leite no Brasil**. [s.l.] Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2014.

JOHNSON, Sandra; MENGERSEN, Kerrie. Integrated Bayesian network framework for modeling complex ecological issues. **Integrated environmental assessment and management** v. 8, n. 3, p. 480–90, jul. 2012, apud BUYS, L. et al. Creating a Sustainability Scorecard as a predictive tool for measuring the complex social, economic and environmental impacts of industries, a case study: assessing the viability and sustainability of the dairy industry. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 184–92, 15 jan. 2014

KLEINDORFER, P. R.; SINGHAL, K.; VAN WASSENHOVE, L. N. Sustainable Operations Management. **Production and Operations Management**, v. 14, n. 4, p. 482–492, 2005.

LEBACQ, T.; BARET, P. V.; STILMANT, D. Sustainability indicators for livestock farming. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 2, p. 311–327, 16 nov. 2013.

LÉIS, C. M. **Desempenho ambiental de três sistemas de produção de leite no sul do Brasil pela abordagem da avaliação do ciclo de vida**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

LÉIS, C. M. et al. Carbon footprint of milk production in Brazil: a comparative case study. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 1, p. 46–60, 2014.

LEITE BRASIL. Associação Brasileira dos Produtores de Leite. Banco de dados disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/download/maiores%20laticinios%202012.pdf/>>. Acesso em 02 ago 2014.

LIMA, H. et al. **Análise de Indicadores Econômicos em Fazendas no Pantanal Utilizando Inferência Fuzzy: Ferramentas, Construção e Validação** Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy - CBSF. **Anais...Natal - RN: 2012** Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71794/1/0042.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2013

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems . the MESMIS framework. **Ecological Indicators**, v. 2, p. 135–148, 2002.

MARTINS, G. DE A. Metodologias convencionais e não-convencionais e a pesquisa em administração. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 0, n. 0, p. 1–6, 1994.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 123–139, 1976.

MOLLENHORST, H.; BERENTSEN, P. B. M.; DE BOER, I. J. M. On-farm quantification of sustainability indicators: an application to egg production systems. **British poultry science**, v. 47, n. 4, p. 405–17, ago. 2006.

MORAIS, R. F. et al. **Emissões de N₂O provenientes da aplicação de uréia e sulfato de amônio em um Argissolo cultivado com campim-elefante** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, , 2011.

NORRIS, G. A. Integrating life cycle cost analysis and LCA. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 6, p. 118–120, 2001.

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle: Revised edition** Washington DC Subcommittee

on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council, , 2001.

O'BRIEN, C. Sustainable production – a new paradigm for a new millennium. **International Journal of Production Economics**, v. 60-61, p. 1–7, abr. 1999.

O'BRIEN, D. et al. A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 3, p. 1835–51, mar. 2014.

OLSZENSVSKI, F. T. **Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo: estudo aplicado**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

ORGANIZAÇÃO DA AGRICULTURA E ALIMENTOS DAS NAÇÕES UNIDAS. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO. Faostat – Banco de dados disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor/>>. Acesso em 02 ago 2014.

OUDSHOORN, F. W. et al. Sustainability evaluation of automatic and conventional milking systems on organic dairy farms in Denmark. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 59, n. 1-2, p. 25–33, mar. 2012.

PERIPOLLI, V. et al. Fecal nitrogen to estimate intake and digestibility in grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 163, n. 2-4, p. 170–176, 2011.

PINTÉR, L.; ZAHEDI, K.; CRESSMAN, D. R. **Capacity Building for Integrated Environmental Assessment and Capacity Building for**. 2. ed. Canada: International Institute for Sustainable Development (IISD), 2010.

POPE, J.; ANNANDALE, D.; MORRISON-SAUNDERS, A. Conceptualising sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 24, n. 6, p. 595–616, ago. 2004.

POWELL, J. M.; RUSSELLE, M.; MARTIN, N. P. Trends in the Dairy Industry and Their Implications for Producers and the Environment. In: GERBER, P. et al. (Eds.). **Livestock in a Changing Landscape**. Volume 2 ed. Washington D.C, USA: Island Press, 2010.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 363, n. 1491, p. 447–65, 12 fev. 2008.

PRETTY, J. N. **Regenerating Agriculture:: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance**. London, UK: Development, International Institute for Environment and London, 1995.

PRIMAVESI, O. et al. Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários: bases para inventário de emissão de metano por ruminantes. In: LIMA, M. A. et al. (Eds.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. 1. ed. Brasília, DF: Ebrapa, 2012. p. 240–270.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V. **Effects of intensity and scale of production on environmental impacts of poultry meat production chains**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V. et al. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 222–231, 2014.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V. et al. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 9, p. 1831–1839, 2010.

RAMETSTEINER, E. et al. Sustainability indicator development—Science or political negotiation? **Ecological Indicators**, v. 11, n. 1, p. 61–70, jan. 2011.

RAMOS, T. B.; CAEIRO, S. Meta-performance evaluation of sustainability indicators. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 157–166, mar. 2010.

RANGANATHAN, J. **Sustainability rulers, measuring corporate environmental and social performance** Washington DC, Sustainable Enterprise Perspectives, World Resource Institute, , 1998. Disponível em: <<http://www.wri.org/meb/pdf/janet/pdf>>

REINHARD, S.; LOVELL, C. A. K.; THIJSSSEN, G. J. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA. **European Journal of Operational Research**, n. 121, p. 287–303, 2000.

RIGBY, D. et al. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. **Ecological Economics**, v. 39, n. 3, p. 463–478, dez. 2001.

RILEY, J. The indicator explosion: local needs and international challenges. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 87, n. 2, p. 119–120, nov. 2001.

RIPOLL-BOSCH, R. et al. An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. **Agricultural Systems**, v. 105, n. 1, p. 46–56, jan. 2012.

RODRIGUES, G. S. et al. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 4, p. 229–239, jul. 2010.

RONDINELLI, D.; VASTAG, G. International environmental standards and corporate policies: an integrative framework. **California Management Review**, v. 39, n. 1, p. 106–122, 1996.

RUVIARO, C. F. et al. Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 9–24, 2012.

RUVIARO, C. F. **Life cycle assessment in beef production in Brazil**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

SAISANA, M.; TARANTOLA, S. **State-of-the-art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development**, 2002.

SALMAN, K. D.; OSMARI, E. K.; SANTOS, M. G. R. **Manual prático para formulação de ração para vacas leiteiras** Rondônia, Brasil Embrapa Rondônia, , 2011.

SANTOS, M. C. et al. **Economic and Environmental Aspects of Cattle Production : Legal**22

- International Conference on Production Research. **Anais...Foz do Iguaçu, Brazil: 2011**
- SCHIEFER, G. Environmental control for process improvement and process efficiency in supply chain management—the case of the meat chain. **International Journal of Production Economics**, v. 78, n. 2, p. 197–206, 2002.
- SHIELDS, D. J.; ŠOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**, v. 2, p. 149–160, 2002.
- SICHE, R. et al. Índices Versus Indicadores: Precisões Conceituais Na Discussão Da Sustentabilidade De Países. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, p. 137–148, 2007.
- SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 15, n. 1, p. 281–299, abr. 2012.
- SIQUEIRA, T. T. DA S. **Analyse environnementale multicritere de systemes bovins allaitants a travers le monde : une approche par cycle de vie**. [s.l.] Ecole d'Ingénieur de Purpan, Toulouse, France, 2012.
- SIQUEIRA, T. T. DA S. et al. **Desempenhos econômico e ambiental de um sistema de produção na Amazônia Legal : uma análise de ciclo de vida** 52 Congresso da SOBER. **Anais...Goiânia, GO: 2014**
- SIQUEIRA, T. T. S.; DURU, M. Economics and environmental performance issues of a typical Amazonian beef farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. in press, p. 1–20, 2015.
- SORDI, A. et al. **Emissão de óxido nitroso a partir de urina e esterco de bovinos em pastagem** XXXIII Congresso Brasileiro de Coência do Solo. **Anais...Uberlândia, MG: 2012**
- SPEELMAN, E. N. et al. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework : Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 14, p. 345–361, 2007.
- SUGAWARA, E. T. **Comparação dos desempenhos ambientais do b5 etílico de soja e do óleo diesel, por meio da avaliação do ciclo de vida (acv)**. [s.l.] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.
- THOMASSEN, M. A. et al. Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farms. **Ecological Economics**, v. 68, n. 8-9, p. 2278–2284, jun. 2009.
- THOMASSEN, M. A.; DE BOER, I. J. M. Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 111, n. 1-4, p. 185–199, dez. 2005.
- TWEETEN, L. G. Representative farms for policy and projection research. **Journal of Farm Economics**, v. 45, n. 5, p. 1458–1465, 1963.
- UNITED NATIONS. **United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil** Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. **Anais...New York: 1992**
- VALADARES FILHO, S. DE C. et al. **Atualização das tabelas brasileiras de composição de**

alimentos para bovinos VII Simpósio de Produção de Gado de Corte. **Anais...**2011

VAN ASSELT, E. D. et al. A protocol for evaluating the sustainability of agri-food production systems—A case study on potato production in peri-urban agriculture in The Netherlands.

Ecological Indicators, v. 43, p. 315–321, ago. 2014.

VAN CALKER, K. J. et al. Development and application of a multi-attribute sustainability function for Dutch dairy farming systems. **Ecological Economics**, v. 57, n. 4, p. 640–658, jun. 2006.

VAN CALKER, K. J. et al. Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming. **Agriculture and Human Values**, v. 22, n. 1, p. 53–63, mar. 2005.

VAN CALKER, K. J. et al. Maximising sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach. **Ecological Economics**, v. 65, n. 2, p. 407–419, abr. 2008.

VAN CALKER, K. J. et al. Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: An application to conventional and organic dairy farming. **Agricultural Systems**, v. 94, n. 2, p. 205–219, maio 2007.

VAN CAUWENBERGH, N. et al. SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 120, n. 2–4, p. 229–242, maio 2007.

VAN DE HAAR, M. J.; ST-PIERRE, N. Major advances in nutrition: Relevance to the sustainability of the dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1280–1291, 2006.

VAN HORN, H. H. et al. Components of Dairy Manure Management Systems. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2008–2030, 1994.

VAN PASSEL, S. et al. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. **Ecological Economics**, v. 62, n. 1, p. 149–161, abr. 2007.

VAN PASSEL, S. et al. Sustainable value assessment of farms using frontier efficiency benchmarks. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 3057–3069, 2009.

VAN PASSEL, S.; MEUL, M. Multilevel and multi-user sustainability assessment of farming systems. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 32, n. 1, p. 170–180, jan. 2012.

VELEVA, V. et al. Indicators of sustainable production. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, n. 5, p. 447–452, out. 2001.

VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: Framework and methodology. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, p. 519–549, 2001.

VILAIN, L. **La méthode IDEA, indicateurs de durabilité des exploitations agri- coles, 3e édition, guide d'utilisation**. 3e édition ed. Dijon, France: Educagri Éditions, 2008.

VILELA, D.; LEITE, J. L. B.; RESENDE, J. C. **Políticas para o leite no Brasil: Passado, Presente e Futuro** (G. T. Santos, Ed.)Simpósio sobre sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil. **Anais...**Maringá: UEM/CCA/DZO, 2002

WILSON, J.; TYEDMERS, P.; PELOT, R. Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. **Ecological Indicators**, v. 7, n. 2, p. 299–314, abr. 2007.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. [s.l.] Oxford Press, 1987.

YAN, M.-J.; HUMPHREYS, J.; HOLDEN, N. M. Life cycle assessment of milk production from commercial dairy farms: the influence of management tactics. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 7, p. 4112–24, jul. 2013.

YUNLONG, C.; SMIT, B. Sustainability in agriculture: a general review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 49, n. 3, p. 299–307, jul. 1994.

ZAHM, F.; VIAUX, P.; VILAIN, L. Assessing farm sustainability with the IDEA method—from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. **Sustainable Development**, v. 281, n. 1782, p. 271–281, 2008.

ZOCCAL, R.; ALVES, E. R.; GASQUES, J. G. **Diagnóstico da Pecuária de Leite Nacional** Embrapa, , 2011.

ZYLBERSZTAJN, D.; FARINA, E. M. M. Q. Strictly coordinated food-systems : Exploring the limits of the Coasian firm. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 2, n. 2, p. 249–265, 1999.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Memorial de Cálculos dos indicadores de sustentabilidade nas fazendas produtoras de leite de Minas Gerais.

- Indicadores de desempenho econômico

O Projeto EDUCAMPO, faz o acompanhamento mensal dos custos de produção para cada uma das fazendas que fazem parte dessa iniciativa. Para isso, possuem análises de desempenho econômicos conforme a estrutura de avaliação proposta por Matsunaga, Bemelmans e Toledo (1976). A metodologia proposta por esses autores sugere o cálculo do custo de produção em três diferentes níveis:

Custo operacional efetivo (COE): compõe todos os itens de custos considerados variáveis ou despesas diretas representadas pelo desembolso em dinheiro registrado ao longo do ciclo de produção, sendo facilmente calculado entre a quantidade utilizada e o seu valor.

Custo operacional total (COT): trata-se da parcela dos custos indiretos representados pela depreciação das benfeitorias, máquinas e equipamentos, animais de serviço e forrageiras perenes, além da provisão da mão de obra e taxas associadas ao processo de produção e mão de obra familiar.

Custo Total (CT): O custo total é a soma do COT com o custo da oportunidade do capital em benfeitorias, máquinas e equipamentos, animais e forrageiras não anuais (perenes). No EDUCAMPO não é considerado o custo de oportunidade da terra.

A Receita Total (RT) das fazendas de leite inclui a venda do leite, animais, silagens, esterco e outras fontes de receita, quando houver.

Esta abordagem é semelhante à utilizada no FADN nas análises das fazendas agropecuárias na União Europeia que foi tomada como base para o estudo Dolman et al. (2014). Portanto, os indicadores de desempenho econômicos calculados nesta análise seguirão o mesmo padrão que o apresentado por esses autores. Os indicadores serão calculados em relação ao período anual da safra 2014/2015. A i) “renda da fazenda” será calculada a partir da receita subtraída do Custo Total (CT) de cada uma das fazendas.

Para efeitos de comparação, no Custo Total (CT) não será considerado o custo anual da mão de obra familiar da atividade. O valor da “renda da fazenda” será apresentado por unidade de trabalho ano da mão de obra familiar da propriedade (uta fam ou também chamado como funcionários não pagos da fazenda), conforme apresentado na Equação 1. Enquanto que o indicador ii) retorno pelo investimento (RI) será calculado como uma relação do CT pela receita total da fazenda, conforme a Equação 2. O RI será expresso para cada R\$ 100,00 do CT.

Equação 1

$$Renda \left(\frac{R\$}{uta\ fam} \right) = \frac{RT - (CT - \text{Custo da Mão de Obra Familiar})}{n^\circ\ de\ func\ não\ pagos\ que\ trabalham\ na\ fazenda}$$

Onde:

RT: Receita total da fazenda no ano em R\$;

CT: Custo Total da fazenda no ano em R\$.

Equação 2

$$RI = \frac{RT}{CT} \times 100$$

Onde:

RI: Retorno pelo investimento em R\$ para cada R\$ 100,0 de CT;

RT: Receita total da fazenda no ano em R\$;

CT: Custo Total da fazenda no ano em R\$.

Todos os dados para o cálculo destes indicadores estão disponíveis no banco de dados do EDUCAMPO. Os indicadores foram calculados através do software Microsoft Excel®.

- Indicadores de desempenho ambiental (ACV)

Assim como o estudo desenvolvido por Dolman et al. (2014), diversos outros autores também trataram de identificar os impactos ambientais em sistemas de produção de leite, tomando por base a Análise de Ciclo de Vida. Parte destes estudos são na sua grande maioria desenvolvidos na Europa para a realidade daquele continente (CEDERBERG; FLYSJO, 2004; CEDERBERG; MATTSSON, 2000; DOLMAN et al., 2014; GUERCI et al., 2013; IRIBARREN et al., 2011; THOMASSEN; DE BOER, 2005; THOMASSEN et

al., 2009; YAN; HUMPHREYS; HOLDEN, 2013), e alguns deles no Brasil (LÉIS, 2013; OLSZENSVSKI, 2011). O que ressalta ainda mais a importância do método (ACV) e também de mais estudos que representem a realidade da produção de leite no Brasil.

Nos subtópicos seguintes, serão detalhadas as etapas de elaboração da ACV: i) Definição da unidade funcional, escopo e alocação dos impactos; ii) inventário do ciclo de vida (ICV), iii) avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) e, por fim, iv) interpretação dos resultados da ACV (que foi brevemente tratada neste capítulo, mas que está detalhada no capítulo de Resultados e Discussão).

- Unidade funcional, escopo e alocação

O cálculo dos indicadores de desempenho ambiental foi baseado na metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV) para todas as fazendas estudadas. Para isso, **a unidade funcional (UF)** considerada é de 1 (um) quilograma de gordura e proteína corrigida de leite (FPCM). A utilização desta UF favorece a comparação entre fazendas produtoras de leite que possuem raças e padrões de alimentação diferentes entre elas.

O FPCM é calculado pela multiplicação do total de leite produzido pela taxa de energia do leite de uma determinada fazenda produtora. Essa padronização do conteúdo energético é de 4% de gordura e 3,3% de proteína que é tido como um leite padrão (CVB, 2008; FAO, 2010). Os coeficientes da equação abaixo são influenciados pela correlação entre gordura e proteína, gordura e lactose e, proteína e lactose. Existem outros métodos de padronização como a ECM (*Energy Corrected Milk*) que é bastante difundida para comparação entre diferentes resultados de avaliação de ACV. Ambas as fórmulas (FPCM e ECM) resultam em valores que podem ser vistos como uma UF que corrige a massa do leite em função de sua qualidade, apesar da diferença entre ambos os resultados encontrados utilizando-se ambas as fórmulas não são significativos (LÉIS et al., 2014). Para efeitos de comparação esta dissertação seguirá no mesmo padrão de UF utilizado por Dolman et al. (2014), que considerou o FPCM, ver Equação 3. Os índices de proteína e gordura das fazendas de leite são coletados mensalmente pelos técnicos do EDUCAMPO.

Equação 3

$$FPCM \left(\frac{kg}{ano} \right) = kg \text{ leite} \left(\frac{kg}{ano} \right) \times (0,116 \times \% \text{ Gord.} + 0,06 \times \% \text{ Prot.} + 0,337)$$

Onde:

% Gord.: gordura no leite em %;

% Prot.: proteína no leite em %;

kg leite: produção de leite no ano em kg.

A **fronteira do sistema de produção** foi o mesmo adotado por Dolman et al. (2014), caracterizado do “berço até a porteira”, conforme apresentado no capítulo anterior. Enquanto que os insumos agrícolas e fatores de produção de leite considerados também foram semelhantes aos considerados por esses autores, sendo eles: concentrados, volumosos (forragens anuais e perenes), sementes, leite para aleitamento, animais, energia, combustíveis, fertilizantes/corretivos e transporte. As entradas como benfeitorias, máquinas, implementos, agentes de silagem, minerais, aditivos, produtos veterinários e de ordenha, não foram considerados devido ao seu impacto ambiental reduzido (DOLMAN et al., 2014) e também pelo pouco detalhamento dos mesmos. Os produtos fitossanitários não foram considerados na análise, uma vez que o detalhamento na base não foi suficiente para o cálculo dos impactos ambientais desses insumos. O sal mineral utilizado na fazenda também não foi considerado, por não existirem dados da ACV deste produto em bases nacionais e internacionais (SIQUEIRA et al., 2014). Como saídas foram consideradas a produção de leite e coprodutos como os animais e dejetos, as forragens comercializadas e as emissões para o meio ambiente.

Em todo processo multifuncional, a **alocação econômica** foi utilizada (DOLMAN et al., 2014). Este método consiste em dividir os impactos ambientais atribuídos ao sistema de produção de leite, levando em conta a destinação econômica de cada um dos produtos gerados. Ou seja, para os diversos *outputs* é realizada a alocação dos impactos ambientais em decorrência do valor relativo que cada um deles possui (DOLMAN et al., 2014). A alocação econômica é amplamente utilizada em análises de ACV na produção de leite (LÉIS et al., 2014).

- Inventário do ciclo de vida (ICV)

Para o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) foram considerados os dados anuais das fazendas de leite do EDUCAMPO entre o período de maio/2014 a abril/2015. Apesar de Dolman et al. (2014) enfatizarem a utilização de dados de mais de um ano para minimizar a variação técnico-econômica existente entre os anos, devido a dificuldades técnicas para extração dos dados do EDUCAMPO, só foi possível a extração do período acima citado.

Além disso, para esta pesquisa foram escolhidas fazendas com mais de 75% da margem bruta decorrente da venda do leite. Esta seleção foi realizada para que alguns fatores de produção, como a compra de concentrados, adubos, consumo de forragens, entre outros, sejam facilmente alocados com a principal atividade da fazenda, neste caso, a produção de leite (THOMASSEN et al., 2009).

Estes pontos, são ligados diretamente à atividade e são divididos em fontes de emissão dentro e fora da fazenda. Nesta figura não estão considerados todos os pontos de emissões que contribuem para outros impactos ambientais que serão considerados neste estudo, com exceção do uso de água (SIQUEIRA, 2012). Os diferentes pontos de emissão existentes e os fluxos de uma fazenda de leite estão considerados na Figura 34.

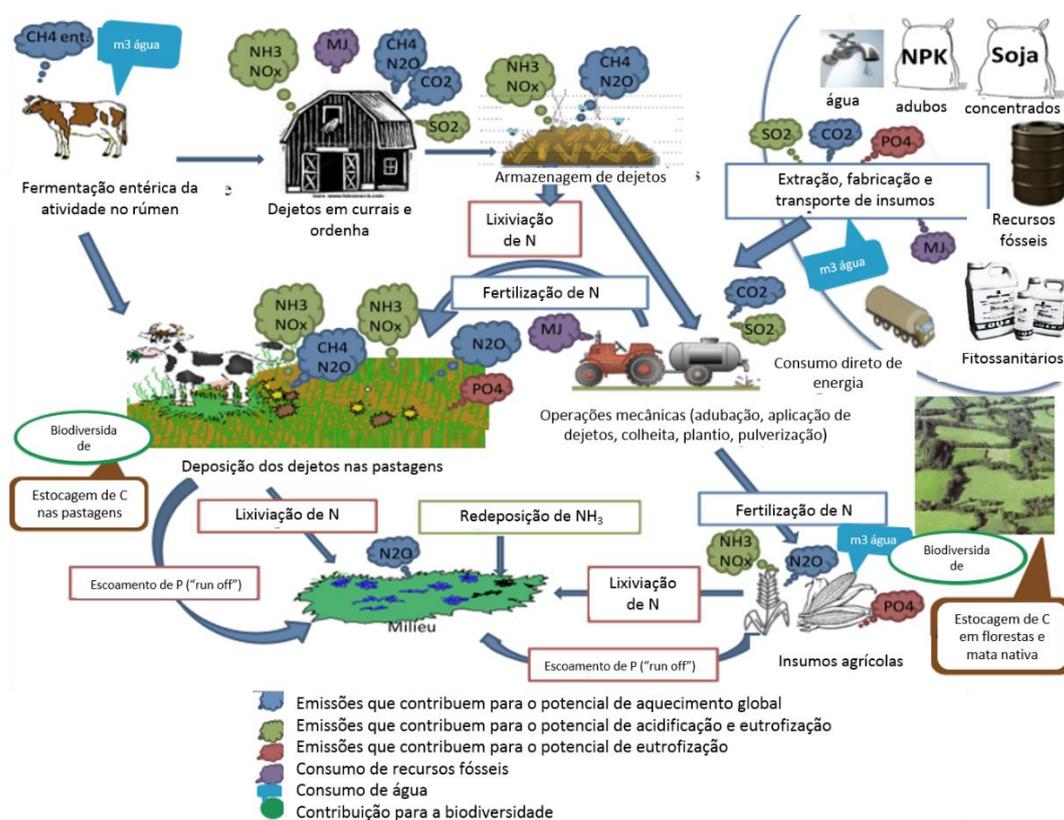


Figura 34 – Os diferentes pontos de emissão, seus caminhos e os principais processos de produção em uma fazenda produtora de leite.

Fonte: Siqueira (2011).

Nesta segunda etapa da ACV, com base no banco de dados do EDUCAMPO, os recursos utilizados e as emissões decorrentes do processo de produção de cada um deles foram coletados e calculados. Além disso, os insumos comprados para as fazendas de leite também tiveram contabilizados os seus recursos utilizados, assim como a sua produção e transporte para cada unidade de produto. O ICV dos produtos comprados, tais como: combustíveis, energia, sementes, volumosos, concentrados e fertilizantes/corretivos

foram detalhados na base internacional de dados de ACV do Ecoinvent 3.0 e também no inventário utilizado por Olszensvski (2011) e Léis (2013) que calcularam os impactos ambientais de fazendas de leite no Sul do Brasil. O ICV decorrente da aquisição de animais e leite para aleitamento também foi considerado. Para isso, tomou-se por base os resultados calculados e obtidos nas fazendas deste mesmo estudo.

A distância considerada para o transporte dos componentes de ração e outros insumos utilizados nas fazendas de leite, seguiu os resultados apresentados por Léis et al. (2014) que avaliou o desempenho ambiental de três sistemas de produção de leite na região sul do país. No seu trabalho, a autora considerou o desempenho ambiental de um sistema de produção de leite confinado, semi-confinado e a base de pasto no Brasil. Em média, nestes três cenários, a distância do local da compra até a propriedade (km) para a silagem foi de 3,7 km; para a ração e o sal mineral, de 35,3 km; para outros tipos de volumosos, de 59,0 km; e para os concentrados, de 215,5 km. É importante destacar que esta região (sul/sudoeste de minas gerais) é próxima de um polo de produção de grãos, mais especificamente de Milho, que é localizado na região norte do estado de São Paulo, o que pode favorecer ainda mais na redução da distância para compra deste tipo de insumo que compõem os concentrados. A distância média da aquisição de demais insumos que não foram elencados acima, considerou a mesma distância para compra da ração e sal mineral.

Os componentes nutricionais para o cálculo da Proteína Bruta (PB), dos Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), teor de Matéria Seca (MS) e Energia Bruta (EB) de cada uma das fazendas foram baseadas nas informações do NRC (2001), IPCC (2006a), Peripolli et al. (2011) e Valadares Filho et al. (2011), devido ao não detalhamento desse tipo de informação no banco de dados do EDUCAMPO. Para a estimativa da proporção dos componentes da alimentação de cada uma das fazendas, foi necessário encontrar o total de pastagens consumidas pelos animais ao ano, uma vez que o total de concentrados e volumosos comprados/produzidos nas propriedades esteve disponível no banco de dados do EDUCAMPO.

Para isso, considerou-se o teor de consumo de matéria seca (em kg) pelo peso vivo das categorias animais, fator que variou de 2% (bezerros em aleitamento) até 3%-5% (novilhas, vacas secas, vacas em lactação), em razão da produtividade por animal e sistema de produção adotado nas fazendas. Além disso, também foi levado em conta uma proporção de consumo nas propriedades intensivas de produção de 40% de consumo de

concentrados e 60% de consumo de volumosos. Estes fatores, de consumo de matéria seca (CMS) e proporção concentrado:volumoso foram propostos por artigos técnicos publicados pela Embrapa Gado de Leite (EMBRAPA, 2015a; 2015b). A partir desses valores, foi subtraída a necessidade de consumo de MS dos insumos comprados e produzidos nas fazendas, cujas produção são conhecidas (volumosos, concentrados), em MS. O valor faltante, foi considerado como a ingestão de pastagens para cada uma das fazendas. Uma vez com a composição alimentar em mãos, foram calculados os teores de Proteína Bruta (PB), dos Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), teor de Matéria Seca (MS) e Energia Bruta (EB), para cada uma das unidades de produção em estudo.

A Tabela 15 apresenta os valores médios dos componentes nutricionais de diferentes alimentos utilizados na alimentação animal. Sendo que o total de cabeças, o peso médio, o período e o ganho de peso das diferentes categorias de animais em cada uma das propriedades, foram calculados a partir das informações fornecidas pelo EDUCAMPO e pelo Cepea/Esalq-Usp²⁹.

Tabela 15 – Composição nutricional dos diferentes componentes da dieta das fazendas de leite do EDUCAMPO.

| Componente | MS | NDT | PB | EB |
|---|-----------|------------|-----------|-----------|
| Aveia Forrageira | 17,70 | 68,61 | 11,6 | 4,10 |
| Aveia Preta | 16,67 | 68,61 | 12,98 | 4,10 |
| <i>Braquiária Brizantha</i> | 35,63 | 51,02 | 6,77 | 3,86 |
| <i>Braquiária Brizantha</i> cv. Marandú | 32,25 | 58,06 | 7,24 | 4,22 |
| <i>Braquiária Decumbens</i> | 30,10 | 56,87 | 6,49 | - |
| <i>Braquiária Humidícola</i> | 31,52 | 49,81 | 7,19 | 4,02 |
| Cana-de-Açúcar - Bagaço | 51,71 | 42,89 | 2,03 | 0,05 |
| Cana-de-Açúcar - Capineira | 28,77 | 62,80 | 2,76 | 4,13 |
| Cana-de-Açúcar - Silagem | 26,12 | 52,80 | 3,77 | 4,34 |
| Capim Colômbio | 28,06 | 50,80 | 8,18 | 4,15 |
| Capim Mombaça | 28,06 | 59,00 | 10,15 | - |
| Capim Tifton 85 | 26,96 | 60,56 | 12,91 | 2,91 |
| Feno | 84,64 | 45,04 | 6,12 | 0,15 |
| Fosfato Bicálcico | 98,54 | | | |
| Leite de Vaca | 12,45 | 93,00 | 24,35 | - |
| Milho - Quirera | 88,71 | 83,20 | 9,02 | 4,10 |
| Milho - Silagem | 31,11 | 63,37 | 7,24 | 4,65 |
| Sal Comum | 99,15 | | | |
| Soja - Farelo | 88,57 | 80,48 | 48,71 | 4,48 |
| Sorgo - Silagem | 29,76 | 58,72 | 6,45 | 4,22 |

MS: Teor de matéria seca; NDT: Nutrientes digestíveis totais; PB: Proteína bruta; EB: Energia Bruta; “-”: dados não disponíveis.

²⁹ Estes dados foram solicitados por e-mail junto com o Eng. Agrônomo Wagner Yanaguizawa, Coordenador do Projeto de Leite do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP) em julho de 2015.

Fonte: Peripolli et al. (2011) e Valadares Filho et al. (2011).

O ICV dos concentrados comprados, mais especificamente, soja e milho foi baseado nos trabalhos desenvolvidos por Prudêncio da Silva (2011) e Prudêncio da Silva et al. (2010, 2014). Nestes trabalhos, os autores consideraram dois cenários de produção de grãos, um que considera os impactos da mudança do uso do solo (dLUC em inglês), que deve ser considerado em áreas de desflorestamento mais recente, como é o caso da região do Cerrado e Floresta Amazônica (Regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte do Brasil), e outro cenário que não considera esse impacto, já que são regiões de abertura mais antigas que é o caso das vegetações da região Sul do país e também de áreas de Mata Atlântica na região Sudeste.

Nesta dissertação, devido à localização das propriedades leiteiras na região Sudeste, foi considerado como base de cálculo o cenário de grãos produzidos em áreas com impacto de mudança de solo reduzidos, já que são de áreas localizadas na região Sudeste do país de aberturas com mais de 20 anos. De forma que para a produção de milho considerou-se um sistema convencional de produção, sem impactos de mudança no uso do solo, que é predominante nas mesorregiões Sul de Minas Gerais e Ribeirão Preto e Campinas do estado de São Paulo. Enquanto que a soja, foi considerada que 50% dela é proveniente de região de Cerrado (principalmente da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto do Paranaíba) e outros 50% do estado de São Paulo sob sistema de plantio direto (SPD), de forma que foram contabilizados os impactos de mudança de uso do solo por desmatamento para a porção proveniente da região de Cerrado. Esta regionalização da origem dos alimentos foi realizada conforme informações do Cepea/Esalq-USP³⁰.

O ICV do processamento da soja e do milho, em farelo de soja e milho moído, e posterior processamento da ração foi baseado nos inventários utilizados por Olszenvski (2011). Como comentado, foi considerado o consumo padrão para todas as fazendas de um concentrado de 22% de PB. A dinâmica da alocação dos impactos no processamento de soja para farelo de soja e óleo de soja, considerou os valores propostos por Sugawara (2012), de 62,4% e 37,6%, respectivamente – o autor considerou a alocação econômica como base de cálculo.

³⁰ Informação coletada através de contato virtual com o pesquisador Mauro Osaki, responsável pela área de Custos de Produção de Grãos do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP) em julho de 2015.

O ICV das forrageiras anuais adquiridas para alimentação animal foi extraído do inventário utilizado por Léis (2013) para a silagem e da base do Ecoinvent para o bagaço-de-cana e cana-de-açúcar “in natura”. Devido à não disponibilidade do inventário de feno, sempre que este volumoso foi consumido, foi calculado um total em kg equivalente em silagem – tomando por base o teor de MS em ambos.

Para os adubos e corretivos, foi considerado a aplicação e o ICV de Ureia (RUVIARO, 2012) e Calcário Calcítico, nas áreas de forrageiras e agrícolas das propriedades produtoras de leite, devido ao não detalhamento desses insumos no banco do EDUCAMPO.

Por fim, o ICV da criação dos animais, produção de leite, dos dejetos, manejo dos solos, produção de forrageiras anuais e produção de forrageiras perenes, considerou como base os dados presentes na base de dados do EDUCAMPO, de referenciais bibliográficos (ASSIS et al., 2005; IPCC, 2006a, 2006b; LÉIS, 2013; OLSZENSWSKI, 2011; PERIPOLLI et al., 2011; VALADARES FILHO et al., 2011; VAN HORN et al., 1994) e, quando necessário, também por meio de contato direto com agentes do setor³¹.

As emissões de CO₂ dos animais não foram estimadas uma vez que a razão anual das emissões de CO₂ é considerada como sendo zero (IPCC, 2006a). De acordo com o IPCC (2006a), o total de CO₂ que é fotossintetizado pelas plantas é retornado na atmosfera por meio da respiração em forma de CO₂.

Para o cálculo do inventário das emissões da fermentação entérica, do manejo de dejetos e do manejo de solos, considerou-se os diferentes sistemas de produção encontrados na base de fazendas do EDUCAMPO. Mais especificamente, para o cálculo do CH₄ proveniente da fermentação entérica dos animais e também para o manejo de dejetos considerou-se o Nível 2 (ou *Tier 2*) proposto pelo IPCC (2006a, 2006b). Enquanto que para o manejo de solos, considerou-se em grande parte o Nível 1 (ou *Tier 1*) de cálculo, com alguns fatores utilizando-se o Nível 2 proposto pelo IPCC.

Com foco em trazer os resultados mais próximos à realidade brasileira, no cálculo das emissões da fermentação entérica, para o fator de conversão de metano o (Y_m) foi utilizado o valor de 6,2% de acordo com Primavesi et al. (2012). Enquanto que a produção

³¹ Foram contatados especialistas do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea/Esalq-USP), do EDUCAMPO/Sebrae e também o Eng. Agrônomo Miguel Shiota (consultor especializado em produção pecuária), por meio de contato telefônico em maio de 2015.

de dejetos foi calculada levando em conta os resultados de Olszenvski (2011), Van Horn et al. (1994) e o IPCC (2006a). O cálculo da ingestão de MS por animal (IPCC 2006a), decorreu da digestibilidade e teor de PB da alimentação para cada categoria animal e fazenda, fatores que variam em razão do tipo de forragens e concentrados utilizados na composição da ração dos animais para cada propriedade produtora de leite. Estes valores foram calculados tomando como base o teor de consumo de alimentos e a composição nutricional de cada um deles, com base nas partir das tabelas nutricionais de Peripolli et al. (2011) e Valadares Filho et al. (2011)³².

De forma que o N que é excretado pelos animais, foi calculado com base no total de N disponível na MS ingerida pelos animais, menos o total de N retido nos animais e no leite (IPCC, 2006a). As emissões diretas de CH₄ e N₂O do manejo dos dejetos variou consideravelmente em razão do sistema de manejo adotado em cada uma das fazendas em análise, da mesma forma que as emissões indiretas de NH₃-NO_x por volatilização e por lixiviação – as perdas por lixiviação só foram contabilizadas quando os dejetos foram manejados secos em “armazenamento sólido” ou “drylot” (IPCC, 2006a).

As emissões diretas de oxido nitroso (N₂O) do solo e os fatores de emissão (EF, em inglês) no manejo dos solos foram calculados de acordo com o IPCC (2006b), mas com ajustes para a realidade brasileira considerando os resultados propostos por Alves et al. (2012), Sordi et al. (2012) e Morais et al. (2011), utilizando as equações 11.2 e 11.5 do capítulo 11 *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* publicado pelo IPCC (2006a; 2006b), que considera o nitrogênio ingerido e retido nos animais e a aplicação de N nos solos. Portanto, nas emissões de N₂O das entradas de N nos solos, considerou-se o fator de emissão (EF₁) de 0,31% (ALVES et al., 2012; MORAIS et al., 2011), valor inferior ao sugerido pelo IPCC, de 1%, para o *Tier 1* da análise. E, o fator de emissão de N₂O decorrente do N na urina e no esterco que são depositados diretamente nas pastagens tomou por base o fator de 1,54% para a urina e 0,46% para o esterco (SORDI et al., 2012), sendo uma feita média ponderada entre ambos a partir da proporção de urina e esterco nos dejetos do rebanho de 40% e 60%, respectivamente (VAN HORN et al., 1994). Dessa forma, o fator EF_{3PRP} considerado foi de 0,89%, valor inferior aos 2% tido como *default* no IPCC (2006b).

³² Dados disponíveis e extraídos da base CQBAL (<https://cqbal.agropecuaria.ws>).

As emissões indiretas de N_2O decorrentes da volatilização de NH_3 e NO_x e lixiviação do nitrato (NO_3) foram estimadas utilizando os fatores de emissão propostos pelo IPCC (2006b). Com exceção do fator de volatilização de adubos minerais ($Frac_{GASF}$) – fração de N que volatiliza a partir de fertilizantes sintéticos (eq. 11.11 do relatório do IPCC, 2006b) – considerou-se o valor médio do intervalo encontrado por Hungria et al. (2006) de 15% a 25% com adubação de ureia sob sistema de plantio convencional na região Sul do Brasil, este fator foi superior ao valor de 10%, tido como padrão do IPCC (2006b). Com relação às perdas de fósforo pela lixiviação dos dejetos no pasto, foi considerada a relação 0,657 de P_2O_5 por N excretado e o fator de lixiviação de 1%, de acordo com os cálculos desenvolvidos por Siqueira (2012). Com relação à lixiviação e *run-off* de N no manejo dos solos, também foi considerado fator proposto pelo IPCC (2006b) – $Frac_{LEACH}$ - de 0,3, para a parcela que é perdida por lixiviação, fator recomendado para estimar a perda em regiões com regime hídrico elevado. O fator de emissão do N perdido por lixiviação e *run-off* foi de 0,0075 kg N_2O-N / N lixiviado/*run off* (IPCC 2006b).

Ainda no manejo de solos, foram também contabilizadas as emissões de CO_2 em razão da adubação nitrogenada de Ureia e a correção dos solos. Foram considerados os valores padrão fornecidos pelo IPCC (2006b), de 0,2, para a Ureia e, 0,12, para o calcário.

Para o desenvolvimento dos inventários foi considerada a matriz energética no Brasil com base nos dados do Ecoinvent v.3®, em que o sistema de distribuição pública para o Brasil é formado por 52% de hidroeletricidade, 16% de biomassa e demais 32% de fontes de energia não renovável (gás natural, diesel, carvão e nuclear). As informações da produção dos combustíveis também foram baseadas no banco de dados do Ecoinvent®. Os dados referentes ao poder calorífico e densidade dos combustíveis foram baseados no relatório do Balanço Energético Nacional de 2015 (EPE, 2015, p. 224), de acordo com a Tabela 16.

Tabela 16 – Combustíveis, suas respectivas densidades e poder caloríficos, considerados neste estudo.

| Combustível | Densidade | PCS | PCI | PCS | PCI |
|---------------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| | kg/l | kcal | kcal | Mj/kg | Mj/kg |
| Gasolina | 0,742 | 11.220 | 10.400 | 46,94 | 43,51 |
| Diesel | 0,840 | 10.750 | 10.100 | 44,98 | 42,26 |
| Etanol Anidro | 0,791 | 7.090 | 6.750 | 29,66 | 28,24 |

PCS: Poder calorífico superior; PCI: Poder calorífico inferior.

Fonte: EPE (2015, p. 224) e Ecoinvent®.

O banco de dados do EDUCAMPO, para diversos insumos utilizados na produção de leite possui apenas o valor final dos custos anuais despendidos para cada um deles. Disponibilidade que variou de fazenda para fazenda, mas que englobou praticamente todos os insumos, com exceção dos concentrados. Estes fatores de produção foram, os fertilizantes/corretivos (ureia/calcário), sementes, combustíveis, volumosos e energia elétrica. Nestes casos, para converter os custos da compra de insumos em quantidades, foram utilizados como base de cálculo os preços médios do estado de MG para cada um desses insumos.

Estes dados foram disponibilizados no banco do EDUCAMPO e também pelo Cepea/Esalq-USP³³. Neste centro de pesquisa é desenvolvido um projeto contínuo de levantamento de custos de produção nas principais regiões pecuárias do país. O valor dos insumos que compõem os custos é atualizado mensalmente através do contato direto com casas agropecuárias e outros fornecedores de insumos.

Uma mesma abordagem de cálculo foi utilizada por Thomassen et al. (2009), quando não disponíveis as quantidades de cada insumo nas fazendas que foram analisadas por esses autores.

- Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV)

As categorias de impacto ambiental selecionadas para este estudo, foram as mesmas que as utilizadas por Dolman et al. (2014): potencial de acidificação, potencial de eutrofização, ocupação da terra, uso de energia não-renovável e potencial de mudanças climáticas.

Em breve descrição, a acidificação é resultante da deposição ácida (indicador) na água e no solo em virtude da liberação de íons de hidrogênio por diversas substâncias. Enquanto que a eutrofização é o enriquecimento dos ecossistemas através do depósito de N, P e substâncias orgânicas degradáveis, resultando em um aumento da produção de biomassa e diminuição da concentração de oxigênio nos meios receptores. A ocupação da terra

³³ Estes dados foram solicitados por e-mail junto com o Eng. Agrônomo Wagner Yanaguizawa (coordenador do Projeto de Leite) e Eng Agrônoma Gabriela Ribeiro (coordenadora do Projeto de Custos em Pecuária de Corte), do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP) em julho de 2015. Estes dados estão apresentados no ANEXO C.

reflete no uso de terras que foram descaracterizadas para outras finalidades. Já a demanda de energia consiste no uso acumulado de energia renovável e não renovável. Para este estudo em específico, será considerado apenas a demanda de energia não renovável, semelhante ao utilizado por Dolman et al. (2014). E o potencial de mudanças climáticas ou aquecimento global refere-se aos efeitos adversos na saúde humana e dos ecossistemas, sendo representado por um indicador de gases de efeito estufa (OLSZENSVSKI, 2011).

Dessa forma, neste terceiro estágio, os recursos utilizados e as emissões quantificadas no Inventário de Ciclo de Vida (ICV) foram organizados e apresentados como impactos ambientais para cada uma das categorias consideradas. Para a AICV foi utilizado o método CML 2001 (todas as categorias de impacto) para o cálculo dos impactos de: Potencial de Eutrofização (PE), Potencial de Acidificação (PA), Ocupação da terra (OT) e Potencial de Aquecimento Global (PAG). Este método surgiu na Holanda por meio de um grupo de cientistas associados ao Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden (HEIJUNGS et al., 1992; HISCHIER et al., 2010). Os dados referentes a Demanda Acumulada de Energia Não-Renovável foram, por sua vez, calculados e tratados através da metodologia *Cumulative Energy Demand* (CED, em inglês)³⁴ (HISCHIER et al., 2010). O cálculo das emissões do rebanho e seus respectivos impactos, mais especificamente, da fermentação entérica, do manejo de dejetos foi realizado a partir da metodologia de cálculo proposta pelo IPCC (2006a, 2006b, 2007). Mesmos fatores também foram considerados para o cálculo das emissões no manejo dos solos de cada fazenda, decorrente da deposição dos dejetos, deposição de N, adubação e correção do solo com Ureia e Calcário.

Quadro 13 – Principais diretrizes das categorias de impacto ambiental consideradas.

| Potencial de Acidificação | |
|-----------------------------------|--|
| Resultados de AICV | Emissões de substâncias acidificantes para o ar (em kg) |
| Modelo de caracterização | Modelo RAINS10, desenvolvido pela IIASA, descrevendo o destino e deposição das substâncias acidificantes adequadas para estudos de ACV |
| Indicador de categoria | Deposição/acidificação de carga crítica |
| Fator de caracterização | Potencial de acidificação para emissões acidificantes para o ar (em kg SO ₂ eq/kg emissão) |
| Unidade do indicador de resultado | kg (SO ₂ eq) |

³⁴ Este método é baseado na metodologia publicada pelo Ecoinvent e está disponível no software Simapro® (<http://www.earthshift.com/software/simapro/ced>).

| Potencial de Eutrofização | |
|--|--|
| Resultados de AICV | Emissões de nutrientes para ar, água e solo (em kg) |
| Modelo de caracterização | Procedimento estequiométrico que identifica a equivalência entre N e P para sistemas terrestres e aquáticos |
| Indicador de categoria | Deposição de N/P equivalentes em biomassa |
| Fator de caracterização | Potencial de eutrofização para cada emissão eutrofizantes para ar, água e solo (em kg PO ₄ eq/ kg emissão) |
| Unidade do indicador de resultado | kg (PO ₄ eq) |
| Ocupação da terra | |
| Resultados de AICV | Uso da terra (em m ² ano) |
| Modelo de caracterização | Agregação não ponderada |
| Indicador de categoria | Ocupação da terra |
| Fator de caracterização | 1 para todos os tipos de ocupação (adimensional) |
| Unidade do indicador de resultado | m ² .ano (ocupação da terra) |
| Demanda de energia* | |
| Resultados de AICV | Demanda de energia (MJ) |
| Modelo de caracterização | Valor intrínseco de energia retirada da natureza, expresso MJeq |
| Indicador de categoria | Consumo de energia |
| Fator de caracterização | Energia renovável e não renovável |
| Unidade do indicador de resultado | MJeq |
| Potencial de Mudanças Climáticas (aquecimento global) | |
| Resultados de AICV | Emissões de gases de efeito estufa (em kg) |
| Modelo de caracterização | IPCC definindo o potencial de aquecimento global para diferentes gases |
| Indicador de categoria | Radiação infravermelha |
| Fator de caracterização | São expressos como potencial de aquecimento global para o horizonte de tempo de 20; 100 ou 500 anos de cada gás em escala global (em kg CO ₂ eq/kg emissão) |
| Unidade do indicador de resultado | kg (CO ₂ eq) |

Fonte: Adaptado de Léis (2013) e Hischer et al. (2010).

Os fatores de impacto de potencial de eutrofização em alguns trabalhos são apresentados em PO₄eq (GUERCI et al., 2013; IRIBARREN et al., 2011; LÉIS, 2013; OLSZENSVSKI, 2011), enquanto que no trabalho de Dolman et al. (2014, sua caracterização foi em NO₃-eq, mesmo fator que será considerado neste estudo. Esta diferença decorre de que geralmente em estudos europeus é utilizado o fator em nitrato, e o fator em fosfato é considerado como genérico (HISCHIER et al., 2010). Para efeitos de comparação, o PE nesta dissertação será desenvolvido com o nitrato como fator de impacto. Dessa forma, para o comparativo com os resultados de Dolman et al. (2014), esta categoria de impacto que está em fosfato equivalente foi transformada em nitrato

equivalente, com base no fator de conversão de 1 quilograma de nitrato é equivalente a 0,1 quilograma de fosfato, com base nas categorias de impacto do CML 2001.

Portanto, os fatores de caracterização do impacto ambiental das categorias que serão consideradas nesta dissertação, seguem as seguintes substâncias equivalentes e suas respectivas unidades: kg SO₂eq para o potencial de acidificação, kg NO₃eq para o potencial de eutrofização, m² para a ocupação da terra e MJeq para o uso de energia não renovável. Para o potencial de aquecimento global, os fatores são expressos como potencial de mudanças climáticas em CO₂eq, para o horizonte de tempo de 20, 100 ou 500 anos (GWP 20, 100 ou 500), de cada gás em escala global. Será considerado o potencial de aquecimento para 100 anos, de forma que 1 kg de CH₄ tem 25 vezes o GWP de 1 kg de CO₂, e 1kg de N₂O representa 298 kg de CO₂eq (IPCC, 2007). As substâncias incluídas nas análises e a caracterização dos fatores para cada um dos impactos considerados estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Fatores de caracterização do impacto ambiental.

| Categoria de Impacto | Unidade/Substâncias incluídas | Fatores |
|---|---------------------------------------|----------------|
| Uso de área CML 2001 | m² | 1 |
| Uso de energia CED | MJ | 1 |
| Mudanças Climáticas IPCC (2007) | kg CO₂ equivalente | |
| | CO ₂ | 1 |
| | CH ₄ | 25 |
| | N ₂ O | 298 |
| Acidificação CML 2001 | kg SO₂- equivalente | |
| | SO ₂ | 1,2 |
| | NH ₃ | 1,6 |
| | NO e NO ₂ | 0,5 |
| Eutrofização CML 2001 | kg NO₃- equivalente | |
| | NO e NO ₂ | 1,3 |
| | P ₂ O ₅ | 13,4 |
| | NH ₃ | 3,5 |
| | NO ₃ | 1 |
| | PO ₃ -4 | 10 |
| | NH ₄ | 3,3 |
| | COD | 0,22 |

Fonte: IPCC (2007) e Hirschier et al. (2010).

Para o desenvolvimento dos impactos ambientais das fazendas de leite, utilizou-se o software Simapro 8®, no qual foram calculados os impactos ambientais dessas cinco categorias para a produção de uma unidade de cada um dos seguintes produtos: energia elétrica em MJ, combustíveis (gasolina, diesel e etanol) em kg, fertilizantes (ureia) em kg, corretivos (calcário calcítico) em kg, sementes (milho e pastagens) em kg, volumosos (silagem de milho, cana-de-açúcar e bagaço de cana-de-açúcar) em kg. Enquanto que foi considerado para o transporte também os impactos ambientais para o transporte de uma unidade em tonelada quilômetro (tkm).

No caso dos concentrados, os dados da sua composição consideraram os valores de impacto calculados por Prudêncio da Silva (2011) e Prudêncio da Silva et al. (2010, 2014) na produção de soja e milho³⁵ em áreas de abertura consolidada, com predominância de adubação química e sistema de plantio direto, conforme apresentado na Tabela 18. Enquanto que os impactos do seu processamento e transporte foi calculado também no Simapro 8®, para um quilograma de ração, com base no inventário utilizado por Olszenwski, (2011).

Tabela 18 – Impactos ambientais calculados por Prudêncio da Silva (2011) para a produção de Soja e Milho nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, considerando e não considerando os fatores de impacto de mudança de uso da terra pelo desmatamento.

| Impacto | Unidd | Soja (1 ton) | | Milho (1ton) | | | |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | C. Oeste (c/desm) SPD | Sul (s/ desm) SPD | C. Oeste (c/desm) SPD | C. Oeste (s/desm) SPD | Sul (s/desm) SPD | Sul (s/desm) Conv. |
| Pot. acidificação | kg SO ₂ eq. | 4,56 | 2,46 | 11,76 | 11,59 | 15,03 | 15,05 |
| Pot. eutrofização | kg PO ₄ eq. | 6,39 | 6,59 | 4,19 | 4,15 | 4,65 | 5,73 |
| Pot. mudanças climáticas | kg CO ₂ eq. | 1860,00 | 337,00 | 823,89 | 360,79 | 415,20 | 418,18 |
| Ocupação da área | m ² .ano | 1835,00 | 2017,00 | 1680,48 | 1680,31 | 1527,65 | 1527,65 |
| Demanda acum. energia | MJ | 7990,00 | 3912,00 | 4058,59 | 3213,20 | 3593,29 | 3593,29 |

SPD: Sistema de plantio direto

Fonte: Adaptado de Prudêncio da Silva (2011).

³⁵ O detalhamento dos impactos da produção de milho que foram calculados por Prudêncio da Silva (2011) e Prudêncio da Silva et al. (2010, 2014) foram coletados através de contato eletrônico junto ao autor Vamilson Prudêncio da Silva e recebidos em julho de 2015.

Verifica-se que tanto nos impactos da produção de soja, como os impactos da produção de milho, a categoria Demanda Acumulada de Energia foi considerada como a agregação do uso de energia renovável como não-renovável nos resultados calculados por Prudêncio da Silva (2011) e Prudêncio da Silva et al. (2010, 2014) que foram apresentados na tabela acima. Portanto, para o cálculo do uso de energia não-renovável na produção de soja e milho, foi considerado como base a Tabela 7 disponível na tese de doutorado de Prudêncio da Silva (2011 p. 138) onde são detalhados os impactos ambientais da Demanda Acumulada de Energia para a produção de 1 tonelada de frango congelado no Brasil e na França. Nesta tabela foi possível obter a distribuição do uso de energia renovável e não-renovável no estágio de ciclo de vida da produção de alimentos. Assim, para a soja, o uso de energia não renovável é de 74% na região Centro-Oeste e Sul do Brasil e, para o milho, de 72% e 91%, respectivamente. Estes valores foram considerados como base para o cálculo dos demais impactos ambientais do Uso de Energia Não-Renovável (UENR) na produção de 1 kg FPCM de leite nas fazendas do EDUCAMPO.

Com relação aos impactos diretos na fazenda, os impactos ambientais da queima dos combustíveis também foram extraídos dessa forma, com base na queima de 1 kg de combustível. Os demais impactos diretos estão relacionados com a fermentação entérica dos animais, o manejo dos dejetos e também com o manejo de solos. É importante ressaltar que a ocupação da terra dentro da fazenda, considerou a área total da fazenda como base de cálculo.

Após a coleta e ordenação dos impactos ambientais unitários para cada insumo de produção, as fórmulas propostas para o cálculo dos impactos ambientais para cada uma das fazendas foram programadas e os impactos da produção de leite das fazendas em Minas Gerais calculados através do software Microsoft Excel®.

- Interpretação dos resultados

Após o inventário e a avaliação dos impactos ambientais, os resultados de cada fazenda foram analisados com a finalidade de verificar se os mesmos atendem aos objetivos e ao escopo propostos. De forma que as comparações e as análises foram discutidas no capítulo de Resultados e Discussões. Os resultados foram comparados com os obtidos por Dolman et al. (2014) e depois confrontados dentro da amostra do EDUCAMPO.

- Indicadores de desempenho social

O cálculo do desempenho social, considerou dois indicadores baseados nos indicadores considerados por Dolman et al. (2014) e outro a partir da revisão de literatura realizado.

O primeiro deles é relacionado ao parâmetro de “serviços de ecossistema (qualidade da paisagem) providos pelos produtores rurais” proposto por Dolman et al. (2014), que na base de fazendas de MG foi considerado como *proxy* as áreas de mata-nativa de cada uma delas, este valor foi expresso como a relação do total de área nativa pela área total de cada fazenda, expressos em porcentagem (%), como apresentado na Equação 4. Para análise deste indicador será considerado que quanto maior a proporção de área de mata nativa, maior os benefícios da fazenda à sociedade.

Equação 4

$$\text{Área mata nativa (\%)} = \frac{\text{total área mata nativa (ha)}}{\text{área total (ha)}} \times 100$$

O segundo deles, é baseado no indicador de “penalidades por irregularidades na composição do leite (% do leite)” que foi utilizado por Dolman et al. (2014) como um *proxy* na avaliação da “segurança alimentar”. Foi considerada a relação da bonificação recebida pelo produtor rural por litro de leite (R\$/litro) pelo preço total do litro de leite vendido (R\$/litro). Como comentado no início deste capítulo, esta bonificação é geralmente relacionada com o total de leite comercializado, assim como, pela qualidade do leite entregue tomando por base a composição química de CCS, CBT, Gordura e Proteína, principalmente. Para análise deste indicador, será considerado que quanto maior o nível de bonificação, maior será o nível de qualidade do leite comercializado. A qualidade do leite está diretamente relacionada com a qualidade da alimentação do rebanho, do manejo na ordenha dos animais e das condições sanitárias da ordenha. O cálculo desse indicador seguirá a Equação 5.

Equação 5

$$\text{Bonificação no preço recebido pelo leite (\%)} = \frac{\text{bonificação (R\$/litro)}}{\text{preço do leite ao produtor (R\$/litro)}} \times 100$$

Por fim, como um indicador de sustentabilidade social interno às fazendas, relacionado com o atributo “condições de trabalho” apresentado na revisão de literatura de Lebacqz, Baret e Stilmant (2013) e nos resultados encontrados por Van Calster et al. (2005), será

utilizado como base o número de folgas que os funcionários de cada fazenda do EDUCAMPO possuem por mês. Para análise deste indicador, será considerado que quanto maior o número de folgas ao mês, melhor a condição de trabalho dos funcionários contratados nas unidades de produção.

Todos os dados para o cálculo destes indicadores estão disponíveis no banco de dados do EDUCAMPO. Os indicadores foram calculados através do software Microsoft Excel®.

ANEXOS

ANEXO A – Termo de Compromisso

ANEXO B – Variáveis Disponíveis no Banco de Dados do EDUCAMPO

ANEXO C – Preço Unitário Médio dos Insumos em Minas Gerais (Maio/2014 a Abril/2015)

ANEXO D – Teste ANOVA entre as principais características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015

ANEXO E - Valores médios das características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015.

ANEXO A – Termo de Compromisso – Banco de Dados EDUCAMPO

TERMO DE COMPROMISSO

TERMO DE Compromisso que entre si celebram o SERVIÇO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MINAS GERAIS – SEBRAE-MG, UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV

De um lado o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais, Serviço Social Autônomo, sem fins lucrativos, com sede em Belo Horizonte-MG, na Av. Barão Homem de Melo, nº 329, Bairro Nova Suíça, CNPJ o nº 16.589.137/0001-63, Inscrição Estadual nº 062.955576.00-97, neste ato representado por seu Diretor Superintendente, AFONSO MARIA ROCHA, inscrito no CPF/MF sob o nº. 454.191.246-53, portador da carteira de identidade nº. M-2.631.330, expedida pela SSP/MG, e pelo Diretor Técnico, LUIZ MÁRCIO HADDAD PEREIRA SANTOS, inscrito no CPF/MF sob o nº. 091.086.291-53, portador da carteira de identidade nº. 1625/D, expedida pelo CREA-MG, doravante denominado simplesmente SEBRAE-MG,

DANIEL MARCELO VELAZCO BEDOYA, inscrito no CPF/MF sob o nº 310.299.988-33, portador da carteira de identidade nº 44.813503-6, expedida pela SSP/SP, como autor responsável pelo desenvolvimento do Projeto de Pesquisa denominado XXXXXXXXXXXX doravante denominado de Mestrando, e o DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO, da FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE (FEA) da UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP, com sede em São Paulo-SP, na Cidade Universitária, Butantã, na Avenida Professor Luciano Gualberto, 908, CEP n.º 05508-010, CNPJ n.º 63.025.530/0012-67, Inscrição Estadual nº ISENTO neste ato representada pelo seu Professor, ALCEU SALLES CAMARGO JR, inscrita no CPF/MF sob o nº 027.876.228-01 portador da carteira de identidade nº 17.206.771-6, expedida pela SSP/SP, doravante denominada Orientador.

Considerando que serão solicitados os seguintes dados para a consolidação da dissertação em andamento:

Para o desenvolvimento desta pesquisa serão solicitados os seguintes grupos de dados para as fazendas de leite (extensivo, semi-intensivo e intensivo) do Projeto EDUCAMPO que contenham dados entre os anos de 2010 à 2014:

- Perfil Sócio Econômico;
- Perfil Tecnológico;
- Composição dos custos e receitas das fazendas;
- Indicadores econômicos;
- Composição das áreas das fazendas;
- Dados técnicos (agricultura, pastagens, etc. – produtividade, implantação, cortes, etc.) e zootécnicos;
- Indicadores de produtividade;
- Descrição de Inventários e Recursos (Rebanho);
- Descrição dos insumos utilizados (comprados e produzidos) na Pecuária (Animais) (quantidade, descrição, destino, valor);
- Descrição dos insumos utilizados (comprados e produzidos) na Pecuária (Pastagens) (quantidade, descrição, destino, valor);
- Descrição dos insumos utilizados (comprados e produzidos) na Agricultura (quantidade, descrição, destino, valor);
- Descrição da mão-de-obra (funcionários, salários, mão-de-obra familiar);

O **Mestrando** será o autor e responsável pelo desenvolvimento do pesquisa denominada ANÁLISE DO DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DE LEITE COM BASE NO TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE - UM ESTUDO NA PRINCIPAL BACIA LEITEIRA DO BRASIL.

O **Mestrando** e o **Orientador**, declaram serem os únicos proprietários dos direitos da pesquisa acima citada.

As partes, acima qualificadas, resolvem, de comum acordo, celebrar o presente **TERMO DE COMPROMISSO**, doravante denominado simplesmente **TERMO**, mediante as seguinte cláusulas e compromissos.

O objeto do presente **TERMO** é o compartilhamento de informações, pelo **CEDENTE** e pela, referentes aos dados gerados pelo Projeto EDUCAMPO.

O Sebrae Sede, se julgar pertinente, pode solicitar a apresentação antecipada dos resultados da pesquisa.

Concordamos que não é permitido divulgar nomes de produtores, propriedades ou agroindústrias; Concordamos que é vedado o repasse das informações para outras pesquisas e a “guarda” é de total responsabilidade do pesquisador; e que os dados poderão ser utilizados somente para a pesquisa solicitada.

Concordamos que ao término da pesquisa e antes da sua divulgação, publicação e a apresentação, será reservado ao Sebrae, o direito de verificar os resultados da mesma, por quem a referida instituição julgar apto para tal ação.

Ao término da Pesquisa, o pesquisador enviara uma cópia da mesma para o Sebrae Sede;

CLÁUSULA - DA TOLERÂNCIA QUANTO ÀS DISPOSIÇÕES CONTRATUAIS E REMÉDIOS JURÍDICOS

- Nenhuma omissão ou demora por parte do **SEBRAE-MG** em exercer qualquer direito ou remédio jurídico estabelecido neste **TERMO** ou previsto em Lei, deverá operar ou se reconstituir em renúncia do mesmo.
- Tampouco deverá qualquer exercício parcial ou isolado, ou o exercício de qualquer direito contratual ou legal excluir outro direito que será sempre cumulativo e não exclusivo.

CLÁUSULA SEXTA - DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

- Casos omissos e modificações serão resolvidos entre as partes através de Termos Aditivos, que farão parte integrante deste **TERMO**.
- Fica eleito o Foro da Comarca de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, que será o competente para dirimir dúvidas decorrentes da execução deste **TERMO**, com renúncia expressa de qualquer outro, por mais privilegiado que seja.

E, por estarem assim, justas e contratadas, assinam as partes o presente **TERMO**, em 02 (duas) vias de igual teor e forma para um só efeito, na presença das testemunhas abaixo, que também o assinam.

São Paulo, 15 de Abril de 2015.

Mestrando Daniel. M. Velazco Bedoya

Prof. Dr. Alceu Salles Camargo Jr.

ANEXO B – Variáveis Disponíveis no Banco de Dados do EDUCAMPO

| Variáveis |
|--|
| A. Perfil Sócio Econômico |
| Como foi informado do projeto EDUCAMPO |
| Idade |
| Grau de escolaridade do produtor de leite |
| Forma de aquisição da empresa |
| Tempo que está na produção de leite |
| Residência do produtor de leite |
| Principal fonte de renda |
| Grau de escolaridade dos filhos na atividade |
| Número de membros na família |
| Número de membros que atuam na empresa |
| Possui sucessores na atividade |
| Tem descendência de produtores rurais |
| Atividade leiteira como fonte principal na família |
| Casa própria |
| Acesso à internet |
| Pretende continuar na atividade leiteira |
| Pretende aumentar a produção leiteira |
| Bens que possui em casa |
| Propriedade Familiar/Patronal |
| Localização das moradias dos integrantes com vínculo direto na atividade |
| Distância da moradia até o município mais próximo |
| Número de residências de familiares sendo utilizadas na propriedade |
| Número de residências de funcionários sendo utilizadas na propriedade |
| Enquadramento no Pronaf (Renda <R\$160k) |
| Formas associativas que o produtor participa |
| Disponibilidade da água nas casas |
| Coleta pública de lixo |
| Disponibilidade de energia elétrica |
| Acesso regular ao transporte |
| Disponibilidade de telefone |
| Disponibilidade de internet |
| Acesso ao serviço de saúde |
| Total de pessoas no estabelecimento (efetivos e temporários) |
| Total de funcionários registrados |
| Pagamento de hora extra |
| Salários maiores a um salário |
| Auxílio alimentação |
| Auxílio moradia |
| Auxílio educação e transporte |
| Participação dos lucros |
| Seguro contra acidentes |
| Acesso a lazer |
| Espaço para cultivo de alimentos |
| Fonte de disponibilidade de água |
| Regularização do uso da água (outorga ou dispensa da outorga) |
| Regularização ambiental dos empreendimentos (Dispensa de licenciamento, autorização ambiental de funcionamento, licenciamento ambiental) |
| Reserva legal regularizada |
| Fonte de abastecimento de água nas moradias |
| Destino do esgoto gerado nas residências da propriedade |
| Destino do lixo gerado no estabelecimento (doméstico e das atividades) |
| Número de corpos d'água na propriedade |
| Número de nascentes na propriedade |
| Produção certificada (orgânica, ISO, produção especial, etc) |
| Qualidade aparente da água disponível para o consumo dos animais |
| Disponibilidade de sombra para os animais |
| Classificação das Áreas de Proteção Permanente |
| Uso do solo dentro das APP's |
| Coleta e destinação adequada dos resíduos gerados no estabelecimento (%) |
| Destinação adequada do esgoto doméstico |

| |
|--|
| Compostagem ou reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos |
| Destinação adequada e tratamento de efluentes líquidos (gerados por criações ou unidade de beneficiamento) |
| Tratamento de efluentes gasosos (gerados em caldeiras, biodigestores, carvoaria) |
| Uso e ocupação do solo nas APP's |
| Proporção das APP's úmidas efetivamente protegidas e com bom estado de conservação |
| Caracterização da Reserva Legal (RL) |
| B. Perfil Tecnológico |
| Tipo de mão de obra utilizada na produção de leite |
| Quantidade de mão de obra permanente contratada para manejo do gado de leite |
| Número de folgas por funcionário por mês |
| Existência de algum programa de pagamento por desempenho (da empresa ou da mão de obra) |
| Satisfação com o trabalho da mão de obra na propriedade |
| Número médio de anos de trabalho da equipe na empresa |
| Sistema de produção adotado |
| Tem sistema rotacionado de pastagens |
| Possui pastagens irrigadas |
| Tipo do volumoso utilizado na suplementação do rebanho |
| Possui irrigação nas áreas de produção de volumosos |
| Faz uso de fertirrigação |
| Método de distribuição de dejetos |
| Faz adubação anual e/ou correção do solo |
| Utiliza dieta total |
| Frequência de uso do concentrado para vaca em lactação |
| Faz divisão de lotes das vacas em lactação |
| Frequência do uso de concentrado para recria de fêmeas |
| Forma de mineralização |
| Distância média percorrida pelos animais até a fonte de abastecimento de água |
| Disponibilidade de água para dessedentação dos animais |
| Realiza pesagem de animais da cria e recria |
| Tipo de anotações zootécnicas feitas mensalmente |
| Idade média das novilhas ao primeiro parto (meses) |
| Qual o sistema de reprodução |
| Número de ordenhas realizadas diariamente |
| Tipo de ordenha realizada |
| Tipo de aleitamento realizado |
| Participação de algum programa de pagamento por qualidade e composição |
| Capacidade de armazenamento de leite em número de dias. (Capacidade de armazenamento/volume diário) |
| Frequência da coleta de leite |
| Número de coletas por mês para análise da qualidade do leite |
| Distância do ponto mais próximo d linha de leite |
| Destino dos dejetos líquidos e sólidos |
| Tipo de desmama |
| Tipo de resdriamento do leite |
| Existência de certificação (ambiental, social) |
| Faz acasalamento genético do rebanho |
| Genética dos animais |
| Caracterização da genética na parcela predominante do rebanho |
| Grau de sangue predominante (acima de 50%) |
| Caracterização da genética na parcela predominante no restante do rebanho |
| Grau de sangue predominante no restante do rebanho (acima de 50%) |
| C. Coleta de dados |
| C.a. Informações Técnicas |
| Área usada para pecuária |
| Área usada para pecuária considerando reserva |
| Vacas em lactação |
| Total de vacas |
| Total de animais (média mensal) |
| Total de dh/dia (média mensal) |
| CCS média do período |
| CBT média do período |
| EST média do período |
| % Gordura média do período |
| % Proteína média do período |
| C.b. Indicadores de Produtividade |

| |
|--|
| Produção média de leite |
| Produção/ dia de IEP |
| Produção / Vacas em lactação |
| Produção / Total de vacas |
| Produção / Mão-de-obra permanente |
| Produção / Área para pecuária |
| Produção / área para pecuária considerando reserva |
| Produção / área de produção de forrageira |
| C.c.Informações Econômicas |
| Renda bruta da atividade leiteira |
| Renda bruta do leite |
| Preço médio do leite |
| Gasto com concentrado na atividade leiteira |
| Gasto com mão-de-obra contratada na atividade leiteira |
| Custo da mão-de-obra familiar |
| Custo operacional efetivo da atividade leiteira |
| Custo operacional total da atividade leiteira |
| Custo total da atividade leiteira |
| Estoque de capital em (benf. + maq. + forr. + anim.) |
| Estoque de capital em (benf. + maq. + forr. + anim. + terra) |
| Estoque de capital em benfeitorias |
| Estoque de capital em máquinas |
| Estoque de capital em animais |
| Estoque de capital em terra |
| C.d.Indicadores Econômicos |
| COE da atividade leiteira em equivalentes litros de leite |
| COT da atividade leiteira em equivalentes litros de leite |
| CT da atividade leiteira em equivalentes litros de leite |
| Custo operacional efetivo do leite |
| Custo operacional total do leite |
| Custo total do leite |
| COE do leite/preço do leite |
| COT do leite/preço do leite |
| CT do leite/preço do leite |
| Gasto com mão-de-obra na ativ. / Renda bruta do leite |
| Gasto com volumoso na atividade / RB do leite |
| Gasto com concentrado na ativ. / Renda bruta do leite |
| Gasto com medicamento na atividade / renda bruta do leite |
| Gasto com mão-de-obra na ativ./renda bruta da atividade |
| Gasto com volumoso na atividade / RB da atividade |
| Gasto com concentrado na ativ./renda bruta da atividade |
| Gasto com medicamento na atividade / renda bruta da atividade |
| Margem bruta da atividade |
| Margem bruta unitária |
| Margem bruta / Área |
| Margem bruta por área considerando a reserva |
| Margem bruta / Vacas em lactação |
| Margem bruta / Total de vacas |
| Margem líquida da atividade |
| Margem líquida unitária |
| Margem líquida por área |
| Margem líquida por área considerando a reserva |
| Margem líquida por vaca em lactação |
| Lucro total |
| Lucro unitário |
| Renda do leite/Renda atividade |
| Estoque de capital por vaca em lactação |
| Estoque de capital médio por litro de leite (diário) |
| Investimento em animais/Estoque de capital em animais |
| Investimento em máquinas e equipamento/Estoque de capital em máquinas e equipamentos |
| Investimento em benfeitorias/Estoque de capital em benfeitorias |
| Investimento anual/Estoque de capital total |
| Investimento anual / Renda Bruta da atividade leiteira |
| Investimento anual / Margem Bruta |

| |
|---|
| Taxa de remuneração do capital sem terra |
| Taxa de remuneração do capital com terra |
| Remuneração da mão-de-obra familiar |
| Ponto de nivelamento da atividade |
| Ponto de cobertura operacional total da atividade |
| Ponto de cobertura total da atividade |
| Taxa de giro do estoque de capital total |
| Lucratividade Operacional |
| C.d.Indicadores Financeiros |
| Rentabilidade da atividade em fluxo de caixa |
| C.e.Descrição - Inventário e Recursos |
| Benfeitorias |
| Açudes e represas |
| Bezerreiros |
| Bebedouros |
| Casas |
| Cercas |
| Depósitos e silos de concentrado |
| Estruturas de energia elétrica |
| Pista de alimentação |
| Curral |
| Galpão de confinamento |
| Garagem |
| Sala de ordenha |
| Silos |
| Troncos |
| Máquinas e equipamentos |
| Implementos e máquinas |
| Tratores agrícolas |
| Ordenha |
| Equipamentos |
| Tanques de refrigeração |
| Veículos |
| C.d.Descrição - Rebanho |
| Vacas em Lactação |
| Vacas Secas |
| Fêmeas 0 - 12 meses em aleitamento |
| Fêmeas 0 - 12 meses desaleitadas |
| Fêmeas 12 - 24 meses |
| C.f. Gastos gerais, compra e estoque |
| Insumos Pecuária - Alimentação |
| Concentrados comerciais |
| Principais energéticos e proteicos |
| Aditivos |
| Proteicos |
| Energéticos |
| Minerais |
| Volumosos |
| Insumos Pecuária - Sanidade |
| Medicamentos |
| Vacinas |
| Exames Laboratoriais |
| Hormônios |
| Reprodução |
| Qualidade do leite |
| Material de ordenha |
| Qualidade do leite |
| Material de ordenha |
| Transportes e descontos no leite |
| Energia e combustível |
| Óleo Diesel |
| Álcool |
| Gasolina |
| Energia elétrica |

| |
|--|
| Lubrificantes |
| Outros |
| Insumos Agricultura |
| Adubos e corretivos |
| Fitossanitários |
| Sementes |
| Outros |
| Despesas de Assistência Técnica |
| Despesas Administrativas |
| Impostos e taxas |
| Acessórios e Despesas em Geral |
| Reparos e consertos de Máq e Benfeitorias |
| Arrendamento/Aluguel |
| Empréstimo para pecuária de leite |
| Balanco Patrimonial |

ANEXO C – Preço Unitário Médio dos Insumos em Minas Gerais (Maio/2014 a Abril/2015)

| Insumo | Unidade | Preço Médio |
|---|----------------|--------------------|
| Calcário Calcítico (s/frete) - SP | R\$/kg | R\$ 0,14 |
| Calcário Dolomítico (s/frete) - MG | R\$/kg | R\$ 0,25 |
| Concentrado 20% PB | R\$/kg | R\$ 0,89 |
| Concentrado 22% PB | R\$/kg | R\$ 1,15 |
| Diesel | R\$/litro | R\$ 2,65 |
| Energia elétrica rural* | R\$/Kwh | R\$ 0,37 |
| Etanol | R\$/litro | R\$ 2,23 |
| Gasolina | R\$/litro | R\$ 3,12 |
| Glifosato | R\$/litro | R\$ 19,85 |
| Sal Mineral 60P | R\$/kg | R\$ 1,63 |
| Sal Mineral 90P | R\$/kg | R\$ 2,12 |
| Semente <i>B. Brizantha</i> Marandú vc 36 | R\$/kg | R\$ 3,66 |
| Semente <i>B. Decumbens</i> vc 50 | R\$/kg | R\$ 13,98 |
| Semente Milho (60.000 sementes) | R\$/kg | R\$ 15,01 |
| Ureia Agrícola | R\$/kg | R\$ 1,72 |
| Ureia Pecuária | R\$/kg | R\$ 2,03 |

*dado extraído da CEMIG (http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx)

Fonte: Cepea/Esalq-USP (2015).

ANEXO D – Teste ANOVA entre as principais características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|----------------|----------------|----|-------------|-------|-------|
| Area total | Between Groups | 52747,3 | 2 | 26373,66 | 3,286 | 0,046 |
| | Within Groups | 377204,9 | 47 | 8025,64 | | |
| | Total | 429952,2 | 49 | | | |
| Area prod agrop | Between Groups | 28072,8 | 2 | 14036,42 | 2,577 | 0,087 |
| | Within Groups | 256009,8 | 47 | 5447,02 | | |
| | Total | 284082,6 | 49 | | | |
| Área forrageira (%) | Between Groups | 1764,9 | 2 | 882,45 | 3,046 | 0,057 |
| | Within Groups | 13614,9 | 47 | 289,68 | | |
| | Total | 15379,8 | 49 | | | |
| Área mata nativa (%) | Between Groups | 498,3 | 2 | 249,17 | 4,759 | 0,013 |
| | Within Groups | 2460,9 | 47 | 52,36 | | |
| | Total | 2959,3 | 49 | | | |
| Área arável/agrícola - culturas anuais (%) | Between Groups | 960,6 | 2 | 480,31 | 0,944 | 0,396 |
| | Within Groups | 23909,9 | 47 | 508,72 | | |
| | Total | 24870,5 | 49 | | | |
| Área de pastagem - culturas perenes (%) | Between Groups | 412,2 | 2 | 206,10 | 0,363 | 0,697 |
| | Within Groups | 26649,0 | 47 | 567,00 | | |
| | Total | 27061,2 | 49 | | | |
| Mão de obra contratada (uta) | Between Groups | 85,1 | 2 | 42,57 | 3,169 | 0,051 |
| | Within Groups | 631,3 | 47 | 13,43 | | |
| | Total | 716,5 | 49 | | | |
| Uso de diesel (l/100kg FPCM) | Between Groups | 8,7 | 2 | 4,35 | 5,440 | 0,007 |
| | Within Groups | 37,6 | 47 | 0,80 | | |
| | Total | 46,3 | 49 | | | |
| Outros alimentos comprados (kg/100 kg FPCM) | Between Groups | 718,6 | 2 | 359,31 | 0,572 | 0,568 |
| | Within Groups | 29539,1 | 47 | 628,49 | | |
| | Total | 30257,7 | 49 | | | |
| Concentrados comprados (kg/100kg FPCM) | Between Groups | 1864,0 | 2 | 931,98 | 2,608 | 0,084 |
| | Within Groups | 16795,6 | 47 | 357,35 | | |
| | Total | 18659,6 | 49 | | | |
| Mão de obra familiar que atua na empresa (uta fam) | Between Groups | 2,9 | 2 | 1,46 | 2,547 | 0,089 |
| | Within Groups | 26,9 | 47 | 0,57 | | |
| | Total | 29,8 | 49 | | | |
| Uso de eletricidade (kWh/100 kg FPCM) | Between Groups | 5,5 | 2 | 2,75 | 0,445 | 0,643 |
| | Within Groups | 290,7 | 47 | 6,18 | | |

| | | | | | | |
|---|----------------|------------------|----|------------------|-------|-------|
| | Total | 296,2 | 49 | | | |
| Uso de fertilizantes artificiais (kg N/ha) | Between Groups | 3688,4 | 2 | 1844,19 | 0,060 | 0,942 |
| | Within Groups | 1437891,7 | 47 | 30593,44 | | |
| | Total | 1441580,1 | 49 | | | |
| Uso de corretivos (kg CaO/ha) | Between Groups | 120495,5 | 2 | 60247,73 | 3,009 | 0,059 |
| | Within Groups | 940988,8 | 47 | 20021,04 | | |
| | Total | 1061484,3 | 49 | | | |
| Uso de herbicidas (l/ha) | Between Groups | 59,1 | 2 | 29,56 | 3,053 | 0,057 |
| | Within Groups | 455,0 | 47 | 9,68 | | |
| | Total | 514,1 | 49 | | | |
| Vacas total (#) | Between Groups | 98313,2 | 2 | 49156,62 | 4,940 | 0,011 |
| | Within Groups | 467730,5 | 47 | 9951,71 | | |
| | Total | 566043,7 | 49 | | | |
| Vacas lactantes (#) | Between Groups | 82353,4 | 2 | 41176,69 | 6,116 | 0,004 |
| | Within Groups | 316448,3 | 47 | 6732,94 | | |
| | Total | 398801,7 | 49 | | | |
| Vacas lactantes / Total de vacas (%) | Between Groups | 128,1 | 2 | 64,06 | 1,401 | 0,256 |
| | Within Groups | 2148,5 | 47 | 45,71 | | |
| | Total | 2276,6 | 49 | | | |
| Rebanho produtivo (%) | Between Groups | 27,7 | 2 | 13,84 | 0,257 | 0,774 |
| | Within Groups | 2531,4 | 47 | 53,86 | | |
| | Total | 2559,0 | 49 | | | |
| Lotação por área pecuária (cab por ha) | Between Groups | 1,3 | 2 | 0,64 | 0,281 | 0,756 |
| | Within Groups | 106,8 | 47 | 2,27 | | |
| | Total | 108,1 | 49 | | | |
| Produção total de leite (kg FPCM) | Between Groups | 8611009309591,2 | 2 | 4305504654795,61 | 7,903 | 0,001 |
| | Within Groups | 25606122763859,3 | 47 | 544811122635,31 | | |
| | Total | 34217132073450,6 | 49 | | | |
| Produção de leite por hectare (kg FPCM) | Between Groups | 124062453,6 | 2 | 62031226,79 | 2,202 | 0,122 |
| | Within Groups | 1324151176,6 | 47 | 28173429,29 | | |
| | Total | 1448213630,2 | 49 | | | |
| Produção anual por vaca (kg FPCM) | Between Groups | 24334283,1 | 2 | 12167141,56 | 5,737 | 0,006 |
| | Within Groups | 99686310,7 | 47 | 2120985,33 | | |
| | Total | 124020593,8 | 49 | | | |
| Produção diária de leite (kg FPCM) | Between Groups | 64635085,8 | 2 | 32317542,91 | 7,903 | 0,001 |
| | Within Groups | 192202084,9 | 47 | 4089406,06 | | |
| | Total | 256837170,8 | 49 | | | |
| Produção diária por uta (kg FPCM por uta) | Between Groups | 260007,0 | 2 | 130003,52 | 7,374 | 0,002 |
| | Within Groups | 828620,1 | 47 | 17630,22 | | |
| | Total | 1088627,2 | 49 | | | |
| | Between Groups | 0,3 | 2 | 0,14 | 3,698 | 0,032 |

| | | | | | | |
|---|----------------|--------|----|--------|--------|-------|
| Gordura no leite (%) | Within Groups | 1,8 | 47 | 0,04 | | |
| | Total | 2,1 | 49 | | | |
| Proteína no leite (%) | Between Groups | 0,0 | 2 | 0,01 | 1,997 | 0,147 |
| | Within Groups | 0,2 | 47 | 0,01 | | |
| | Total | 0,3 | 49 | | | |
| Leite por Concentrado consumido (kg FPCM po kg) | Between Groups | 1,3 | 2 | 0,63 | 0,820 | 0,447 |
| | Within Groups | 36,0 | 47 | 0,77 | | |
| | Total | 37,2 | 49 | | | |
| Conversão alimentar vacas lactantes (kg FPCM p kg MSI) | Between Groups | 0,5 | 2 | 0,23 | 5,979 | 0,005 |
| | Within Groups | 1,8 | 47 | 0,04 | | |
| | Total | 2,3 | 49 | | | |
| Representatividade do leite nas receitas (%) | Between Groups | 15,6 | 2 | 7,78 | 0,289 | 0,750 |
| | Within Groups | 1263,0 | 47 | 26,87 | | |
| | Total | 1278,6 | 49 | | | |
| COE por litro de leite (R\$por litro) | Between Groups | 1,8 | 2 | 0,90 | 21,530 | 0,000 |
| | Within Groups | 2,0 | 47 | 0,04 | | |
| | Total | 3,8 | 49 | | | |
| COT por litro de leite (R\$ litro) | Between Groups | 1,8 | 2 | 0,91 | 22,623 | 0,000 |
| | Within Groups | 1,9 | 47 | 0,04 | | |
| | Total | 3,7 | 49 | | | |
| Lucro por litro de leite (R\$ litro) | Between Groups | 2,0 | 2 | 0,98 | 22,509 | 0,000 |
| | Within Groups | 2,1 | 47 | 0,04 | | |
| | Total | 4,0 | 49 | | | |
| Custo mdo por Renda bruta do leite (%) | Between Groups | 43,5 | 2 | 21,77 | 0,548 | 0,582 |
| | Within Groups | 1867,7 | 47 | 39,74 | | |
| | Total | 1911,3 | 49 | | | |
| Custo volumoso por Renda bruta do leite (%) | Between Groups | 130,8 | 2 | 65,40 | 2,062 | 0,139 |
| | Within Groups | 1490,4 | 47 | 31,71 | | |
| | Total | 1621,2 | 49 | | | |
| Custo concentrado por Renda bruta do leite (%) | Between Groups | 614,9 | 2 | 307,43 | 4,130 | 0,022 |
| | Within Groups | 3498,2 | 47 | 74,43 | | |
| | Total | 4113,0 | 49 | | | |

ANEXO E – Valores médios das características estruturais, de produção e de desempenho econômico das 50 fazendas analisadas neste estudo para o ano safra 2014/2015.

| Área da fazenda | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | F | Sig. | |
|--|------------------|------------------|------------------|----------|-------------|-----|
| Área total (ha) | 191,34 | 90,77 | 96,45 | 3,29 | 0,046 | ** |
| Área utilizada para produção agropecuária (ha) | 156,59 | 83,02 | 95,45 | 2,58 | 0,087 | * |
| Área de forrageira (ha) | 119,31 | 70,83 | 68,18 | 3,05 | 0,057 | * |
| Área de pastagem - culturas perenes (ha) | 57,36 | 38,49 | 42,26 | 0,36 | 0,697 | ns |
| Área arável/agrícola - culturas anuais (ha) | 61,95 | 32,34 | 25,93 | 0,94 | 0,396 | ns |
| Área mata nativa (%) | 13,52 | 5,69 | 0,91 | 4,76 | 0,013 | ** |
| Dados estruturais, MO e insumos | | | | | | |
| Mão de obra contratada (uta) | 9,11 | 5,15 | 4,85 | 3,17 | 0,051 | * |
| Mão de obra familiar que atua na empresa (uta fam) | 1,75 | 1,76 | 1,00 | 2,55 | 0,089 | * |
| Concentrados comprados (kg/100kg FPCM) | 52,60 | 51,92 | 70,79 | 2,61 | 0,084 | * |
| Outros alimentos comprados (kg/100 kg FPCM) | 51,07 | 61,33 | 54,22 | 0,57 | 0,568 | ns |
| Uso de diesel (l/ 100kg FPCM) | 1,40 | 0,96 | 2,22 | 5,44 | 0,007 | *** |
| Uso de eletricidade (kWh/100 kg FPCM) | 5,19 | 6,06 | 6,48 | 0,45 | 0,643 | ns |
| Uso de fertilizantes artificiais (kg N/ha) | 178,75 | 152,44 | 160,41 | 0,06 | 0,942 | ns |
| Uso de corretivos (kg CaO/ha) | 108,68 | 67,21 | 218,24 | 3,01 | 0,059 | * |
| Uso de herbicidas (l/ha) | 4,11 | 2,04 | 4,97 | 3,05 | 0,057 | * |
| Produção | | | | | | |
| Vacas total (#) | 252,18 | 114,54 | 127,97 | 4,94 | 0,011 | ** |
| Vacas lactantes (#) | 218,51 | 92,66 | 102,60 | 6,12 | 0,004 | *** |
| Vacas lactantes / Total de vacas (%) | 85,72 | 81,15 | 79,83 | 1,40 | 0,256 | ns |
| Rebanho produtivo (%) | 41,97 | 39,66 | 39,98 | 0,26 | 0,774 | ns |
| Lotação por área pecuária (cab/ha) | 3,41 | 3,26 | 2,81 | 0,28 | 0,756 | ns |
| Produção total de leite (kg FPCM) | 1965797,90 | 706497,11 | 605230,52 | 7,90 | 0,001 | *** |
| Produção de leite por hectare (kg FPCM) | 12661,92 | 9419,97 | 6231,37 | 2,20 | 0,122 | ns |
| Produção diária por vaca (kg FPCM) - padr. 305 dias | 28,85 | 23,34 | 19,64 | 5,74 | 0,006 | *** |
| Produção diária de leite (kg FPCM) | 5385,75 | 1935,61 | 1658,17 | 7,90 | 0,001 | *** |
| Produção diária por uta (kg FPCM/uta) | 559,73 | 337,14 | 342,59 | 7,37 | 0,002 | *** |
| Gordura no leite (%) | 3,61 | 3,69 | 3,90 | 3,70 | 0,032 | ** |
| Proteína no leite (%) | 3,16 | 3,19 | 3,24 | 2,00 | 0,147 | ns |
| Leite/Concentrado consumido (kg FPCM/kg) | 1,95 | 2,21 | 1,75 | 0,82 | 0,447 | ns |
| Conv. alimentar vacas lactantes (kg FPCM/kg MSI) | 1,31 | 1,09 | 0,92 | 5,98 | 0,005 | *** |
| Econômicos | | | | | | |
| Representatividade do leite nas receitas (%) | 91,93 | 91,71 | 93,44 | 0,29 | 0,750 | ns |
| COT/litro de leite (R\$/litro) | 0,95 | 1,05 | 1,61 | 22,62 | 0,000 | *** |
| Lucro/litro de leite (R\$/litro) | 0,25 | 0,04 | -0,50 | 22,51 | 0,000 | *** |
| Custo mão-de-obra na ativ. / Renda bruta do leite (%) | 10,54 | 12,89 | 14,25 | 0,55 | 0,582 | ns |
| Custo volumoso na atividade / Renda bruta do leite (%) | 10,36 | 14,65 | 16,65 | 2,06 | 0,139 | ns |
| Custo concentrado na ativ. / Renda bruta do leite (%) | 35,27 | 37,18 | 47,55 | 4,13 | 0,022 | ** |

*, $P < 0,10$; **, $P < 0,05$; ***, $P < 0,01$.

FPCM: valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína.

ns: não significativo

uta fam: unidade de trabalho ano familiar