

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MARIANE BIGARELLI FERREIRA**

**TECNOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO  
LEITE CRU REFRIGERADO DURANTE O TRANSPORTE PARA  
MELHORIA DE ECOEFICIÊNCIA**

**DISSERTAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2021**

**MARIANE BIGARELLI FERREIRA**

**TECNOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO LEITE CRU  
REFRIGERADO DURANTE O TRANSPORTE PARA MELHORIA DE  
ECOEFIÊNCIA**

**Technology for Monitoring the Temperature of Refrigerated Raw Milk During  
Transport for Improvement of Eco-Efficiency**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção do Programa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski.

Coorientador: Prof. Dr. Fabio Neves Puglieri.

**PONTA GROSSA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Ponta Grossa**



MARIANE BIGARELLI FERREIRA

**TECNOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO LEITE CRU REFRIGERADO DURANTE O TRANSPORTE PARA MELHORIA DE ECOEFICIÊNCIA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Engenharia De Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Industrial.

Data de aprovação: 05 de Fevereiro de 2021

Prof Cassiano Moro Piekarski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Antonio Carlos De Francisco, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Fabio Neves Puglieri, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Nivea Maria Vicentini, Doutorado - Embrapa

Prof Sergio Mazurek Tebcherani, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/02/2021.

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de mais nada, agradeço a Deus pelas oportunidades concedidas para que eu chegasse até aqui, concluindo mais um ciclo da minha vida, com saúde, determinação e certeza de que tudo ocorreu conforme os planos Dele.

Quero agradecer especialmente, ao meu orientador, o Professor Dr. Cassiano Moro Piekarski, e ao meu coorientador, o Professor Dr. Fabio Neves Puglieri, pelas orientações, disponibilidade, dedicação e confiança, para a condução e conclusão deste estudo, suas orientações foram de grande valia para o resultado alcançado.

Quero agradecer também, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), ao Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP) pelo qual permaneci, e a todos meus colegas e professores que conviveram comigo neste período, contribuindo para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, como pesquisadora.

Aos meus queridos familiares, ao meu amado noivo, e grandes amigos, quero registrar meu eterno agradecimento, por todo apoio, confiança, palavras de carinho e principalmente por acreditarem nos meus sonhos, não me deixarem desistir dos meus reais objetivos. Lembrem-se sempre, que se cheguei até aqui, foi porque vocês estiveram ao meu lado o tempo todo.

Agradeço também às empresas que participaram desta pesquisa, fornecendo as informações necessárias para o alcance dos resultados encontrado e para a conclusão deste estudo.

Ainda, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na realização do mestrado e desta dissertação.

## RESUMO

FERREIRA, Mariane Bigarelli. **Tecnologia para Monitoramento da Temperatura do Leite Cru Refrigerado Durante o Transporte para Melhoria de Ecoeficiência.** 2021. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

O setor de laticínios tem se destacado quanto ao constante incremento de produtividade no Brasil, com rígidos controles de qualidade, amparado por normativas e legislações. Neste setor, um dos principais desafios encontrados está relacionado à problemas de qualidade durante o transporte do leite cru refrigerado, realizado por caminhões-tanque das propriedades rurais às indústrias de beneficiamento do leite. Um dos problemas do setor está relacionado às falhas no monitoramento da temperatura do leite durante o transporte, que combinado com oscilações de temperaturas regionais, comprometem a qualidade do produto, gerando aumento de custos e potenciais impactos ambientais, quando há necessidade de descarte de carga. Neste sentido, este estudo tem como objetivo geral, propor uma solução tecnológica para melhoria da ecoeficiência no monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado durante o transporte. A tecnologia proposta por este estudo é apresentada como um Dispositivo Portátil para Medição, Leitura e Gerenciamento da Temperatura de Líquidos Durante o Transporte (Depósito de patente: BR102019021479). Esse dispositivo portátil permite o sensoriamento e monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado, armazenando os dados coletados de temperatura de forma automática, permitindo o gerenciamento da temperatura, de forma a impedir o seu descarte e desperdício. Para validar o uso da tecnologia proposta, foi realizado uma pesquisa de mercado, onde cinco empresas do setor nacional relataram a necessidade de obter um dispositivo para leitura e gerenciamento de temperatura do leite cru durante o transporte, uma vez que quatro destas empresas apresentam perdas do produto devido problemas da qualidade do leite, conseqüente das oscilações de temperatura. Frente ao descarte gerado, foi realizado um estudo de ecoeficiência, a partir da aplicação da técnica de Avaliação do Ciclo de Vida. Para tanto, foi estabelecido dois cenários de estudo, o primeiro onde não há descarte do leite cru ao chegar na indústria de beneficiamento leite, e o segundo, onde há descarte do leite cru. Mediante este estudo, concluiu-se que o uso do tecnologia proposta permite um ganho anual da ecoeficiência em até 0,0123%. Ainda, os ganhos alcançam com êxito a necessidade das empresas envolvidas no setor, em atender ao regulamento técnico de leite cru refrigerado (IN 76/2018), permite também que as empresas atuem de forma preventiva contra aos possíveis danos de qualidade à carga, pois permite a construção de um banco de dados, onde a análise do mesmo pode gerar conhecimento de informações importantes para possíveis investigações de problemas envolvendo a coleta e o transporte do leite.

**Palavras-chave:** Leite. Transporte. Inovação. Sustentabilidade. Desenvolvimento tecnológico.

## ABSTRACT

FERREIRA, Mariane Bigarelli. **Technology for Monitoring the Temperature of Refrigerated Raw Milk During Transport for Improvement of Eco-Efficiency.** 2021. 102 p. Dissertation (Master Degree Production Engineering) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

The dairy sector has stood out for the constant increase in productivity in Brazil, with strict quality controls, supported by rules and laws. The main challenges encountered in the milk production process are related to quality problems during the transport of refrigerated raw milk, carried out by tank trucks from rural properties to the milk processing industries. These problems involve failures in monitoring the temperature of the milk during transport, compromising the quality of the product, generating increased costs and potential environmental impacts, due to the need to dispose of the cargo. In this sense, this study aims to provide a technological solution to improve eco-efficiency in monitoring the temperature of refrigerated raw milk during transport. The proposed technology is presented as a Portable Device to Measure, Read and Manage the Temperature of Liquids During Transport (Patent Deposit: BR102019021479). To validate the use of the proposed technology, a market survey was carried out. This portable device allows the detection and monitoring of the temperature of chilled raw milk, storing the temperature data collected automatically, allowing the management of the temperature, in order to avoid its disposal and waste. To validate the use of the proposed technology, a market survey was conducted, in which five companies in the national sector reported the need to obtain a device for reading and managing the temperature of raw milk during transport, since four of these companies show losses in the product due to milk quality problems resulting from temperature variations. In view of the waste generated, an eco-efficiency study was carried out, based on the application of the Life Cycle Assessment technique. To this end, two study scenarios were established, the first in which raw milk is not discarded when it reaches the milk processing industry, and the second, where raw milk be discarded. Through this study, it was concluded that the use of the proposed technology allows an annual eco-efficiency gain of up to 0.0123%. Even so, the gains successfully reach the need of the companies involved in the sector, in meeting the technical regulation of chilled raw milk (IN 76/2018), it also allows companies to act in a preventive way against possible damage to the quality of the cargo, since it allows the construction of a database, where its analysis can generate knowledge of important information for possible investigations of problems involving the collection and transport of milk.

**Keywords:** Milk. Transport. Innovation. Sustainability. Technological development.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do Trabalho .....	21
Figura 2 - Estrutura Metodológica .....	22
Figura 3 - Etapas e Fases do Modelo RBS <i>Roadmap</i> .....	23
Figura 4 - Aplicação dos Filtros para Condução das Buscas .....	28
Figura 5 - Metodologia para o Desenvolvimento da Tecnologia Proposta .....	33
Figura 6 - Definição do Limite do Sistema em cada Cenário .....	40
Figura 7 - Sistema de Transporte do Leite Cru .....	47
Figura 8 - Funcionalidade da Tecnologia Desenvolvida .....	62
Figura 9 - Mapeamento de Coocorrência de Palavras-chave para o Leite .....	95
Figura 10 - Mapeamento de Coocorrência de Palavras-chave para a Temática Ambiental .....	95
Figura 11 - Mapeamento de Coocorrência de Palavras-chave para a Temática Econômica.....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média do Litro do Leite Pago ao Produtor Rural – Brasil/2019.....	49
Gráfico 2 - Principais Problemas no Transporte do Leite Cru .....	66
Gráfico 3 - Contribuição Percentual de cada Categoria de Impacto por Fase do Ciclo de Vida .....	74
Gráfico 4 - Contribuição Percentual Total das Categorias de Impacto Estudadas ....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - <i>Querys</i> Utilizadas para a Busca Científica .....	26
Quadro 2 - Dados Secundários Utilizados (Banco de Dados e <i>Dataset</i> ) .....	42
Quadro 3 - Resumo dos Pontos Críticos Econômicos .....	50
Quadro 4 - Resumo dos Pontos Críticos Ambientais .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de Filtragem dos Artigos Selecionados .....	28
Tabela 2 - Composição do portfólio final da revisão teórica .....	32
Tabela 3 - Fatores de Normalização para as Categorias Estudadas .....	43
Tabela 4 - Dados Coletados pela Pesquisa de Mercado .....	64
Tabela 5 - Quantidade Total de Transportes Realizados por Cenário .....	65
Tabela 6 - Custos por Cenário .....	70
Tabela 7 - Desempenho Econômico por Cenário.....	70
Tabela 8 - Correção do Quilograma de Leite para os Dados Coletados .....	71
Tabela 9 - Potenciais Impactos Ambientais por Categoria de Impacto e Cenário.....	72
Tabela 10 – Resultados da ACV de Estudos Encontrados na Literatura .....	73
Tabela 11 - Normalização dos potenciais impactos ambientais por pessoa .....	75
Tabela 12 - Desempenho Ambiental .....	76
Tabela 13 - Ecoeficiência Geral do Estudo .....	77

## LISTA DE SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
CCS	Contagem de Células Somáticas
CTB	Contagem Total de Bactérias
DA	Digestão Anaeróbica
FPCM	<i>Fat and Protein Corrected Milk</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IN	Instrução Normativa
KBE	<i>Knowledge-Based Engineering</i>
Kg	Quilogramas
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PCR	Regras de Categoria de Produto
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PPGEP	Pós-Graduação em Engenharia de Produção
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
RBQL	Laboratórios de Controle de Qualidade de Leite
RFID	Identificador de Radiofrequência
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UX	<i>User Experience</i>

## LISTA DE ACRÔNIMOS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
CILEITE	Centro de Inteligência do Leite
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
ISO	Organization for Standardization
LESP	Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
SICV	Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo Geral .....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.2 JUSTIFICATIVA .....	17
1.2.1 Portarias/Políticas Públicas .....	17
1.2.2 Apoio à Gestão industrial no Setor do Agronegócio .....	18
1.2.3 Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico para o Agronegócio Brasileiro .....	18
1.2.4 Atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU .....	19
1.3 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DO PROGRAMA E ADERÊNCIA À ENGENHARIA DE PRODUÇÃO .....	19
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
2.1 ETAPA 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
2.1.1 Método para Revisão Bibliográfica .....	23
2.1.1.1 Primeira fase: entrada .....	24
2.1.1.2 Segunda fase: processamento .....	27
2.1.1.3 Terceira fase: saída .....	30
2.1.2 Identificação dos Pontos Críticos Econômicos no Transporte do Leite Cru Refrigerado .....	30
2.1.3 Identificação dos Pontos Críticos Ambientais no Transporte do Leite Cru Refrigerado .....	31
2.1.4 Tecnologias Existentes para o Transporte do Leite Cru Refrigerado .....	31
2.1.5 Portfólio Final .....	32
2.2 ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA PROPOSTA .....	32
2.3 ETAPA 3: PESQUISA DE MERCADO .....	34
2.3.1 Validação do Questionário .....	35
2.3.2 Etapas Realizadas para Contatar as Empresas .....	35
2.4 ETAPA 4: POTENCIAIS AJUSTES NA PROPOSTA TECNOLÓGICA .....	36
2.5 ETAPA 5: AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS GANHOS NA ECOEFICIENCIA .....	37
2.5.1 Desempenho Econômico .....	38
2.5.2 Desempenho Ambiental .....	39
2.5.2.1 Definição de objetivo e escopo .....	39
2.5.2.2 Fase 2: Inventário do Ciclo de Vida (ICV) .....	41
2.5.2.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) .....	42
2.5.2.4 Interpretação do Ciclo de Vida (ICV) .....	44
2.5.2.5 Cálculo para obter o desempenho ambiental .....	44
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>45</b>
3.1 TRANSPORTE NO SETOR LEITEIRO .....	45

3.2 PONTOS ECONÔMICOS NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE CRU .....	48
3.2.1 Custo Médio do Leite Cru no Brasil .....	48
3.2.2 Pontos Críticos Econômicos no Transporte do Leite Cru .....	50
3.3 PONTOS AMBIENTAIS NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE CRU .....	53
3.3.1 Ecoeficiência e Avaliação do Ciclo de Vida .....	53
3.3.2 Pontos Críticos Ambientais no Transporte do Leite Cru .....	54
3.4 SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA O TRANSPORTE DO LEITE CRU REFRIGERADO .....	57
3.4.1 Busca de Anterioridade.....	60
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>62</b>
4.1 PRODUTO TECNOLÓGICO DESENVOLVIDO .....	62
4.2 DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS EM CAMPO .....	64
4.2.1 Análise Quantitativa do Diagnóstico em Campo .....	64
4.2.2 Análise Qualitativa do Diagnóstico em Campo .....	67
4.3 POTENCIAIS AJUSTES NA PROPOSTA TECNOLÓGICA .....	68
4.4 AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS GANHOS NA ECOEFICIÊNCIA .....	69
4.4.1 Desempenho Econômico .....	69
4.4.2 Resultados para Alcance do Desempenho Ambiental .....	70
4.4.2.1 Avaliação do Ciclo de Vida .....	70
4.4.2.1.1 Correção do kg de leite baseado na quantidade de gordura e proteína ...	71
4.4.2.1.2 Interpretação.....	72
4.4.2.2 Desempenho ambiental .....	76
4.4.3 Ganho de Ecoeficiência .....	77
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>79</b>
5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	81
5.2 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS .....	82
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE A - Mapeamento de Coocorrência.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE B - Questionário <i>online</i> .....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A pecuária contribui com cerca de 40% da produção agrícola, garantindo alimentação básica à população mundial e também a sobrevivência de 1,3 bilhão de agricultores, familiares e da comunidade em que está inserido, além disso, a pecuária garante às pessoas (CETESB, 2018). Os animais leiteiros são fontes de alimentos, renda e negócios para agricultores, fornecendo mais de 240 milhões de empregos diretos e indiretos no mundo (ÜÇTUĞ, 2019).

A cadeia produtiva do leite é considerada uma das *commodities* agrícolas mais valorizadas em todo o mundo, por sua alta produtividade (ÜÇTUĞ, 2019) e por obter um papel importante como alimento básico da população, uma vez que o leite e os laticínios são importantes fontes de calorias, proteínas e micronutrientes (KNAPP et al., 2014) essenciais para combater a fome e a desnutrição (DUAN et al., 2018).

Os custos desta atividade agropecuária envolvem a alimentação dos animais, reprodução, mão de obra, matéria-prima, manutenção, conservação e limpeza de equipamentos e das instalações utilizados pelo gado de leite e, combustível para transporte dos animais e do leite. Esses custos aumentam com desperdícios de matéria-prima, superprodução, problemas no transporte e resfriamento, ou falhas de qualidade no processamento do leite (SEGALA; SILVA, 2007).

Embora o crescimento do setor seja vantajoso, evidenciando desenvolvimento, a pecuária apresenta potenciais impactos ambientais durante a execução de suas atividades, resultando no comprometimento do estado de equilíbrio ecológico das paisagens (SILVA et al. 2020), gerando preocupações para o desenvolvimento sustentável (JAN et al., 2019).

O setor do leite apresenta a necessidade de incrementar o uso de ferramentas tecnológicas que auxiliem e aprimorem a gestão, e o desenvolvimento econômico e sustentável, alcançando oportunidades que agreguem valor no processo produtivo, visando a redução de custos, desperdícios e impactos socioambientais.

Dentre as diversas fases do processo produtivo do leite que apresentam potencial de implementação de desenvolvimento tecnológico, está o transporte do leite cru refrigerado, que segundo a Instrução Normativa número 76, de 26 de

novembro de 2018 (IN 76/2018) (BRASIL, 2020), o leite cru refrigerado é o leite produzido em propriedades rurais, refrigerado e destinado aos estabelecimentos de leite e derivados sob serviço de inspeção oficial.

A preocupação desta fase envolve as práticas inadequadas de transporte e armazenamento, que combinadas às altas temperaturas regionais, podem comprometer a qualidade do produto e deteriorar a carga (LEDO et al., 2019). Em geral, o controle de qualidade ocorre principalmente na indústria, onde são coletadas amostras para análises do produto (GUIA TÉCNICO, 2014). Essas atividades de coleta e transporte de amostras devem ser padronizadas seguindo normas aceitas internacionalmente (TEIXEIRA et al., 2018)

A importância dada ao monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado durante o transporte é ressaltada mediante a publicação da IN 76/2018 (BRASIL, 2020), no qual a temperatura para a refrigeração do leite e durante o seu transporte até o estabelecimento, devem seguir os seguintes limites máximos de temperatura: I) o recebimento do leite no estabelecimento deve ser até de 7,0°C (sete graus Celsius), admitindo-se, excepcionalmente, o recebimento em até 9,0°C (nove graus Celsius); II) a conservação e expedição do leite no posto de refrigeração deve ser de no máximo 4,0°C (quatro graus Celsius); e III) a conservação do leite na indústria de beneficiamento ou fábrica de laticínios antes da pasteurização de ser no máximo 4,0°C (quatro graus Celsius).

Poghossian et al. (2019) apontam que há uma necessidade emergencial para o desenvolvimento de tecnologias, envolvendo métodos rápidos, sensíveis, confiáveis e econômicos para a realização do monitoramento dos produtos alimentares, uma vez que há uma falta de equipamentos para medir a qualidade do leite (EASTWOOD et al., 2016). Neste cenário, Ortt, Langley e Pals (2007) apontam que as tecnologias inovadoras estão no centro de várias inovações de produtos, podendo ser aplicadas em produtos que constituem uma mudança de desempenho ou novas aplicações e funcionalidades, auxiliando na adoção de medidas ecoeficientes para o setor.

Assim, entende-se por ecoeficiência como a capacidade de um sistema cumprir a sua função, almejando a maximização da produção e minimização dos potenciais impactos ambientais (BASSET-MENS et al., 2009; BERRE et al., 2014). Ainda, Müller et al., (2015) ressaltam que a ecoeficiência é um dos princípios da

sustentabilidade, associada à interseção desempenho econômico e ambiental do produto.

Em âmbito organizacional, a ecoeficiência é entendida como um elemento da sustentabilidade organizacional, descrevendo a combinação ideal do desempenho ambiental com o desempenho econômico, à medida que aborda a redução dos potenciais impactos ambientais e a promoção da utilização racional dos recursos naturais e humanos (MUNCK et al., 2011).

Sendo assim, almejando o crescimento, modernização e ampliação da gestão industrial da cadeia produtiva do leite de gado bovino, frente as perspectivas ambientais e econômicas, tem-se a oportunidade de desenvolvimento científico e tecnológico aplicado para manter a qualidade do produto durante o transporte e reduzir custos, desperdícios e mitigação de potenciais impactos ambientais negativos na operação.

Fundamentando-se na literatura, o presente estudo parte da seguinte problemática de pesquisa: Qual tecnologia permite melhorias de ecoeficiência no monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte? Como resposta à problemática, são descritos os seguintes objetivos (geral e específicos) na subseção a seguir.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Propor uma solução tecnológica para melhoria da ecoeficiência no monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado durante o transporte.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar pontos críticos econômicos, ambientais e tecnológicos associados ao monitoramento da temperatura no transporte do leite;
- Desenvolver uma solução tecnológica que atenda às necessidades econômicas e ambientais associadas ao monitoramento da temperatura no transporte do leite cru refrigerado;

- Validar conceito da solução desenvolvida relacionada ao monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado no setor de transporte do leite;
- Realizar potenciais ajustes na tecnologia mediante necessidades do mercado;
- Avaliar os potenciais ganhos na ecoeficiência associados ao monitoramento da temperatura no transporte do leite cru da propriedade rural à indústria.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização deste trabalho resumisse em quatro itens principais: atendimento às portarias e políticas públicas; apoio à gestão industrial no setor do agronegócio; apoio ao desenvolvimento tecnológico para o agronegócio brasileiro e, atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU).

### 1.2.1 Portarias/Políticas Públicas

A primeira justificativa deste estudo está ao atendimento da Portaria Nº 1.122, de 19 de março de 2020 do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (BRASIL, 2020), através do Art. 1º, por contribuir para a alavancagem em setores com maiores potencialidades para a aceleração do desenvolvimento econômico e social do país; do Art. 2º, por envolver um projeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação voltado à áreas de Tecnologias Estratégicas, de Produção e de Desenvolvimento Sustentáveis, pois conforme o Art. 3º, envolvem a participação da indústria nacional relacionada à cadeia produtiva dos setores contemplados; a bioeconomia e preservação ambiental, conforme o Art. 6º, e a indústria e o agronegócio, conforme o Art. 5º.

Ainda, este estudo permite atender às características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, conforme declarado no IN 76/2018 (BRASIL, 2020), durante a refrigeração do leite e no seu transporte até o estabelecimento, por meio do monitoramento da temperatura.

### 1.2.2 Apoio à Gestão industrial no Setor do Agronegócio

Apoio à gestão industrial no setor do agronegócio mediante o desenvolvimento de conhecimentos e soluções aos problemas do setor, visando auxiliar o seu desenvolvimento e crescimento nas perspectivas ambientais e econômicas. Outra justificativa deve-se no envolvimento deste estudo com um setor crescente no agronegócio brasileiro, os laticínios, e por ser um produto importante para a alimentação nutricional populacional (RUANGWITTAYANUSORN et al., 2016), necessitando de importantes cuidados durante o processo produtivo, envolvendo a segurança e a qualidade no ciclo de vida do leite.

### 1.2.3 Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico para o Agronegócio Brasileiro

Segundo a FAO (2017), as taxas de exportações e comercialização do leite no Brasil tem crescido, destacando-se assim, a necessidade de buscar tecnologias que melhorem a gestão industrial das atividades da cadeia produtiva do leite, visando a redução dos custos e melhorando sua competitividade. Assim, justifica-se mais um ponto importante para o desenvolvimento deste estudo.

Chutrtong (2015) apontam que a produção, a embalagem, o armazenamento e o transporte afetam diretamente a qualidade do produto, justificando a importância do uso de tecnologias para alcançar melhorias no setor do leite.

Outra razão está no uso de tecnologias no setor leiteiro, que permitirá o setor beneficiar-se de requisitos competitivos e potencializar sua produção de forma segura, uma vez que a diversidade tecnológica permite tornar o processo financeiramente atraente, permitindo melhorias de ecoeficiência ao agronegócio.

Ainda, este estudo destina-se como importante contribuição para as unidades leiteiras e indústrias de laticínios, visando a promoção do desenvolvimento tecnológico e, importância econômica e ambiental da aplicação da tecnologia no setor agrário, promovendo maior competitividade do setor.

#### 1.2.4 Atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

Um aspecto importante para a justificativa deste estudo, está nas contribuições socioambientais apontadas no alcance de alguns dos 17 ODS estabelecidos pela ONU, para cumprimento em 2030 (ONU, 2015), sendo eles:

- Objetivo nº 2, mediante a promoção de uma agricultura sustentável;
- Objetivo nº 8, por envolver questões que permitam o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável;
- Objetivo nº 9, por envolver indústria, inovação e infraestrutura no setor leiteiro;
- Objetivo nº 12, por envolver padrões de produção e de consumo Sustentável;
- Objetivo nº 13, por apontar medidas para combater a mudança climática e seus impactos.

O alcance desses objetivos é possível através da introdução de novas tecnologias destinadas à solução de problemas durante o transporte do leite, permitindo a redução dos impactos ambientais e econômicos, frente à potencial redução de desperdícios, custos e melhorias de qualidade no leite, destacando ganhos para melhoria da ecoeficiência do processo e do setor.

#### 1.3 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DO PROGRAMA E ADERÊNCIA À ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Este estudo está inserido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Ponta Grossa, na área de concentração em Gestão Industrial, linha de pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação (PPGEP, 2021), voltado ao projeto de Sistemas Produtivos Sustentáveis.

Quanto à concentração em Gestão Industrial, este estudo busca atender a demanda do setor produtivo, especificamente no agronegócio leiteiro, buscando desenvolver conhecimentos necessários para solucionar de forma ampla, inovadora e tecnológica os problemas do setor em estudo, visando o seu desenvolvimento. Além disso, este estudo permite fortalecer laços entre as indústrias e a universidade,

mediante demanda e oferta de soluções tecnológicas, respectivamente, auxiliando no desenvolvimento regional do setor leiteiro.

Ainda, entre as áreas apresentada pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), este estudo atua nas áreas (ABEPRO, 2008):

- **Engenharia da Sustentabilidade:** por envolver a gestão ambiental, gestão de recursos naturais e energéticos, gestão de resíduos, produção mais limpa, ecoeficiência, bioeconomia e desenvolvimento sustentável;
- **Engenharia de Operações e Processos da Produção:** por envolver a gestão de sistemas de produção e operações;
- **Logística:** pois envolve a gestão da cadeia de suprimentos, logística empresarial, e transporte e distribuição física;
- **Engenharia do Produto:** por apontar o processo de desenvolvimento do produto;
- **Engenharia Organizacional:** por envolver gestão da inovação e gestão da tecnologia.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O estudo está estruturado em quatro capítulos. Contendo na seção 1 (p. 14), as considerações temáticas, a problemática encontrada por este estudo, bem como o objetivo geral, objetivos específicos e justificativas para sua realização.

Após, na seção 2 (p. 22), é apresentada a metodologia utilizada para a realização e desenvolvimento do estudo, em seguida na seção 3 (p. 45), há o embasamento teórico que compõe as temáticas envolvidas, onde também é apresentado e discutido os estudos encontrados mediante a revisão bibliográfica da literatura. Por fim, a seção 4 (p. 62) apresenta a discussão dos resultados obtidos no desenvolvimento deste estudo e a seção 5 (p. 78) apresentando as considerações finais.

Sendo assim, para obter a melhor visualização da estrutura deste trabalho, a Figura 1 apresenta a visão geral da organização apresentada.

Figura 1 - Estrutura do Trabalho

CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA					
Transporte do Leite Cru Refrigerado	Impactos econômicos	Impactos ambientais	Tecnologias para monitoramento da temperatura durante o transporte		
Problemática					
Qual tecnologia permite melhorias de ecoeficiência no monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte?					
Objetivo Geral					
Propor uma solução tecnológica para melhoria da ecoeficiência no monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado durante o transporte.					
Objetivos específicos					
Identificar pontos críticos econômicos, ambientais e tecnológicos associados ao monitoramento da temperatura no transporte do leite	Desenvolver uma solução tecnológica que atenda às necessidades econômicas e ambientais associadas ao monitoramento da temperatura no transporte do leite cru refrigerado	Validar conceito da solução desenvolvida relacionada ao monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado no setor de transporte do leite	Realizar potenciais ajustes na tecnologia mediante necessidades do mercado	Avaliar os potenciais ganhos na ecoeficiência associados ao monitoramento da temperatura no transporte do leite cru da propriedade rural à indústria	
Metodologia					
RBS <i>Roadmap</i>	Desenvolvimento de Produto	Pesquisa de Mercado	Desenvolvimento da Tecnologia	Avaliação do Ciclo de Vida e Indicador de desempenho econômico	
Referencial Teórico					
Transporte no Setor Leiteiro	Pontos Críticos Ambientais no Transporte do Leite Cru	Pontos Críticos Econômicos no Transporte do Leite Cru	Soluções Tecnológicas para o Transporte do Leite Cru		
Discussão e Análise dos Resultados					
Diagnóstico dos Problemas em Campo			Apresentação da Tecnologia		

Fonte: Autoria Própria

A seção a seguir apresenta a metodologia que conduziu este estudo para o alcance do objetivo geral proposto e resposta à problemática de pesquisa encontrada.

## 2 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia adotada para o desenvolvimento desta pesquisa. Esta metodologia foi estruturada em cinco etapas, realizadas de forma cronológica, cada etapa atendeu a um objetivo específico, conforme observado na Figura 2.

**Figura 2 - Estrutura Metodológica**

Etapa	Objetivos Específicos	Metodologia	Método	Resultado
Etapa 1	Identificar pontos críticos econômicos, ambientais e tecnológicos associados ao controle de temperatura no transporte do leite	Levantamento Bibliográfico	RBS <i>Roadmap</i> Subseção 2.1	Subseção 3.2 Subseção 3.3 Subseção 3.4
Etapa 2	Desenvolver uma solução tecnológica que atenda às necessidades econômicas e ambientais associadas ao controle de temperatura no transporte do leite cru refrigerado	Desenvolvimento da Tecnologia	Desenvolvimento do Produto Subseção 2.2	Subseção 4.1
Etapa 3	Validar conceito da solução desenvolvida relacionada ao controle de temperatura do leite cru refrigerado no setor de transporte do leite	Pesquisa de Mercado	Teste de Conceito (Questionário <i>Online</i> ) Subseção 2.3	Subseção 4.2
Etapa 4	Realizar potenciais ajustes na tecnologia mediante necessidades do mercado	<i>Brainstorming</i>	Incremento de funcionalidades Subseção 2.4	Subseção 4.3
Etapa 5	Avaliar os potenciais ganhos na ecoeficiência associados ao controle de temperatura no transporte do leite cru da propriedade rural à indústria	Desempenho Ambiental	Avaliação do Ciclo de Vida Subseção 2.5.1	Subseção 4.4.2
		Desempenho Econômico	Indicador de eficiência do transporte Subseção 2.5.2	Subseção 4.4.3

Fonte: Autoria Própria

As subseções a seguir apresentam de forma detalhada as etapas apresentadas na figura acima, e seus respectivos métodos e metodologias adotadas.

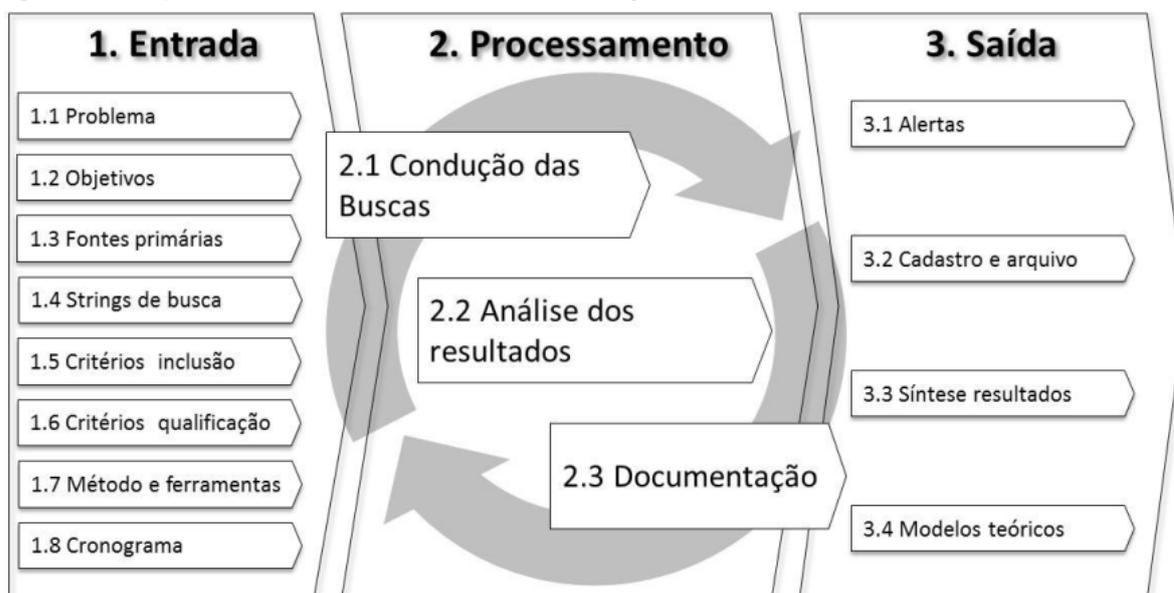
## 2.1 ETAPA 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A subseção descreve o roteiro final que constitui a busca do portfólio que compõe a revisão bibliográfica deste estudo. A metodologia utilizada foi o RBS *Roadmap* (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011), um roteiro para revisão bibliográfica sistemática, utilizado para apoiar o primeiro objetivo específico deste estudo: Identificar pontos críticos econômicos, ambientais e tecnológicos associados ao monitoramento da temperatura no transporte do leite

### 2.1.1 Método para Revisão Bibliográfica

O método é composto por 3 fases (Entrada, Processamento e Saída) e 15 etapas, distribuídas em cada fase, como observado na Figura 3.

**Figura 3 - Etapas e Fases do Modelo RBS *Roadmap***



Fonte: Conforto; Amaral; Silva (2011)

As fases e etapas apresentadas na Figura 3, são apresentadas e detalhadas neste estudo nas seções a seguir.

### 2.1.1.1 Primeira fase: entrada

A primeira fase é composta por oito etapas, a saber: problema, objetivos, fontes primárias, *strings* de busca, critérios de inclusão, critérios de qualificação, método e ferramenta, e cronograma. O passo a passo de cada etapa, é detalhado a seguir.

- **Problema:** Quais os pontos críticos econômicos e ambientais associados à cadeia produtiva do leite, e possíveis soluções tecnológicas que promovam melhorias suas melhorias?
- **Objetivo:** Encontrar na literatura estudos que apontam pontos críticos ambientais e econômicos na cadeia produtiva do leite e as possíveis soluções tecnológicas que promovem melhorias nestes pontos.
- **Fontes Primárias:** Para a realizar o levantamento científico dos estudos, foi utilizado três bases de dados: *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*. Foi realizado primeiramente uma busca piloto para encontrar as palavras-chave ideias para cada temática em estudo. O mapeamento de co-ocorrência das palavras-chave foi realizado utilizando o *software Vosviewer®*, para encontrar palavras que apareceram no mínimo 3 vezes (VAN ECK; WALTMAN, 2014), podendo ser observado nas figuras a seguir.

Assim, Figura 9 (Apêndice A, p. 94) apresenta o mapeamento de coocorrência das palavras-chave utilizadas para a temática do leite. A Figura 9 auxiliou na decisão das *Strings* a serem utilizadas para uma das buscas que compõem a metodologia da revisão bibliográfica deste estudo, que podem ser observadas na próxima fase.

Foi observado na figura que as palavras com maior ocorrência nas buscas foram as derivadas das palavras *cattle* (gado), *dairy* (laticínios) e *milk production* (produção de leite). Ainda, o mapeamento apresentado na figura permite observar quatro grupos de ocorrências de palavras chaves, em azul há maior ocorrências das palavras gado e laticínios, comuns em estudos focados na propriedade rural; em verde, a produção de leite foi a palavra que obteve maior ocorrência e relação com os outros grupos; enquanto em vermelho e amarelo as palavras são mais isoladas, não apresentando grande relação com os outros grupos e que apresentaram

menores ocorrências derivadas do processo produtivo em vermelho e em amarelo envolvendo estudos relacionados às doenças dos animais e tratamentos com medicamentos.

Para encontrar as palavras chaves para a temática ambiental, a Figura 10 (Apêndice A, p. 94) apresenta o mapeamento de coocorrência de palavras chaves, tendo como destaque a maior ocorrência para a Avaliação do Ciclo de Vida – ACV (*Life Cycle Assessment* - LCA), por ser uma técnica que permite estimar e avaliar os potenciais impactos ambientais atribuídos às fases do ciclo de vida de um processo, produto ou serviço (REBITZER et al., 2004). As palavras mostraram relação da técnica ACV com a o setor de laticínios e seus produtos, como pode ser observado na Figura 10, na qual as palavras encontradas nortearam a escolha das *Strings* para a busca da revisão bibliográfica.

A Figura 11 (Apêndice A, p. 94) apresenta o mapeamento de coocorrência das palavras-chave utilizadas para a temática dos aspectos econômicos. As palavras encontradas nortearam a escolha das *Strings* para a busca da revisão bibliográfica.

De acordo com o mapeamento apresentado na Figura 11, é possível observar que as temáticas que se concentram na área econômica, envolvem consumo de fertilizantes, uso de energia elétrica, eficiência energética, capacidade de produção, custo de manutenção, distância e custos com o transporte na produção do leite.

Esses mapeamentos permitiram apontar as variações potenciais das palavras-chave que não estavam sendo usadas, direcionando a formulação das *strings* ideias para a busca bibliográfica, de forma a retornar a maior quantidade de artigos dentro de cada temática estudada.

- **Strings de busca:** As combinações de palavras-chave utilizadas para as buscas, ocorreu em três sub etapas, sendo:
  - I. Palavras-chave derivadas dos aspectos ambientais, transporte, e leite;
  - II. Palavras-chave derivadas dos aspectos econômicos, transporte, e leite;
  - III. Palavras-chave derivadas dos aspectos tecnológicos, transporte, e leite.

Assim, o Quadro 1 apresenta todas as *queries* e os operadores Booleanos utilizados nas buscas nas três bases de dados utilizadas (*Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*), compondo assim as *strings* de busca.

**Quadro 1 - Queries Utilizadas para a Busca Científica**

<b>(I) Aspectos Ambientais</b>
("milk production chain" OR "milk production" OR "dairy farms") AND ("LCA" OR "life cycle assessment" OR "life cycle analysis") AND ("transport" OR "transportation") AND "environmental impact" AND "hotspots"
("dairy cow" OR "dairy chain" OR "milk chain") AND ("LCA" OR "life cycle assessment" OR "life cycle analysis") AND ("transport" OR "transportation") AND "environmental impact" AND "hotspots"
("cattle breeding" OR "dairying" OR "dairy farming") AND ("LCA" OR "life cycle assessment" OR "life cycle analysis") AND ("transport" OR "transportation") AND "environmental impact" AND "hotspots"
<b>(II) Aspectos Econômicos</b>
("milk production chain" OR "milk production" OR "dairy farms") AND ("transport" OR "transportation") AND ("cost" OR "costs" OR "economic" OR "economics")
("dairy cow" OR "dairy chain" OR "milk chain") AND ("transport" OR "transportation") AND ("cost" OR "costs" OR "economic" OR "economics")
("cattle breeding" OR "dairying" OR "dairy farming") AND ("transport" OR "transportation") AND ("cost" OR "costs" OR "economic" OR "economics")
<b>(III) Aspecto Tecnológico</b>
("milk production chain" OR "milk production" OR "dairy farms") AND ("transport" OR "transportation") AND ("technology" OR "technologic")
("dairy cow" OR "dairy chain" OR "milk chain") AND ("transport" OR "transportation") AND ("technology" OR "technologic")
("cattle breeding" OR "dairying" OR "dairy farming") AND ("transport" OR "transportation") AND ("technology" OR "technologic")

**Fonte: Autoria Própria**

Cada temática foi dividida em três buscas, pois algumas bases de dados não suportam muitas *queries*. Desta forma, optou-se então em dividir as buscas para que fossem as mesmas nas três bases escolhidas. As três buscas possuem em comum as mesmas *queries* destinadas à cadeia do leite, sendo modificada apenas as *queries* para encontrar temáticas destinadas ao aspecto ambiental, econômico e tecnológico.

- **Crterios de incluso:** A incluso foi feita por artigos que respondam à pergunta de pesquisa e alinhamento ao objetivo da RBS, posteriormente, foram selecionados estudos que envolviam artigos completos e artigos de revisão.

- **Crêterios de Qualifica o:** Os cr terios para sele o dos artigos, consistiram e estudos publicados em periódicos reconhecidos internacionalmente nas bases de dados utilizadas, normas, patentes e relatórios. A busca por estes estudos foi atemporal e ocorreu em 21 de outubro de 2019.
- **Método e Ferramentas:** Todos os 466 artigos encontrados foram gerenciados no *software* gratuito *Mendeley® Desktop*, onde foi possível realizar os filtros necessários para encontrar o portfólio final de estudos. Esses filtros são apresentados e discutidos na subse o 2.1.1.2 (p. 27), na fase de Condu o das Buscas.
- **Cronograma:** Para a realiza o da busca dos artigos para a revisão bibliográfica, foi definido o prazo de uma semana, sendo concluída no dia 28 de outubro de 2019.

#### 2.1.1.2 Segunda fase: processamento

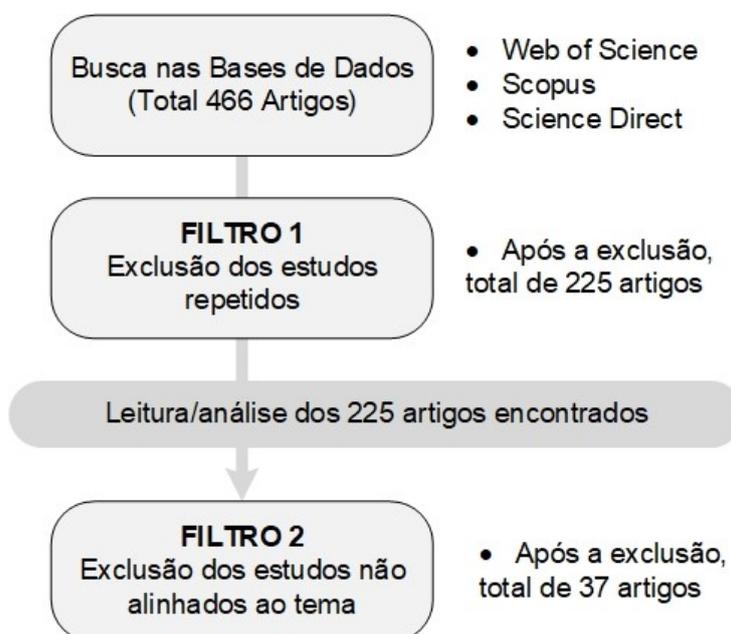
A segunda fase   composta por três etapas, a saber: condu o das buscas, análise dos resultados e documenta o. O passo a passo de cada etapa,   detalhado a seguir.

- **Condu o das Buscas:** Mediante este gerenciamento, foi possível realizar dois filtros, o primeiro filtro buscou eliminar os artigos repetidos, resultando em 225 estudos.

O segundo filtro buscou eliminar artigos cujo título e resumo não se alinhavam com o tema em deste trabalho, resultando assim e um portfólio total de 37.

A condu o da aplica o dos filtros   apresentada na Figura 4.

**Figura 4 - Aplicação dos Filtros para Condução das Buscas**



Fonte: Autoria Própria

O método utilizado e a quantidade de estudos resultantes de cada filtro por base de dados, podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Métodos de Filtragem dos Artigos Selecionados**

(continua)

String	Aspectos Ambientais				Exclusão de Repetidos	Total Alinhados ao tema
	Science Direct	Scopus	Web of Science	Total		
<i>("milk production chain" OR "milk production" OR "dairy farms") AND ("LCA" OR "life cycle assessment" OR "life cycle analysis") AND ("transport" OR "transportation") AND "environmental impact" AND "hotspots"</i>	16	0	0			
<i>("dairy cow" OR "dairy chain" OR "milk chain") AND ("LCA" OR "life cycle assessment" OR "life cycle analysis") AND ("transport" OR "transportation") AND "environmental impact" AND "hotspots"</i>	4	0	0	20	17	9
<i>("cattle breeding" OR "dairying" OR "dairy farming") AND ("LCA" OR "life cycle assessment") OR "life cycle analysis") AND ("transport" OR "transportation") AND "environmental impact" AND "hotspots"</i>	0	0	0			

Tabela 1 - Métodos de Filtragem dos Artigos Selecionados

(conclusão)

Aspectos Econômicos						
<i>String</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Scopus</i>	<i>Web of Science</i>	Total	Exclusão de Repetidos	Total Alinhados ao tema
<i>("milk production chain" OR "milk production" OR "dairy farms") AND ("transport" OR "transportation") AND ("cost" OR "costs" OR "economic" OR "economics")</i>	35	88	75			
<i>("dairy cow" OR "dairy chain" OR "milk chain") AND ("transport" OR "transportation") AND ("cost" OR "costs" OR "economic" OR "economics")</i>	9	28	10	350	154	17
<i>("cattle breeding" OR "dairying" OR "dairy farming") AND ("transport" OR "transportation") AND ("cost" OR "costs" OR "economic" OR "economics")</i>	11	68	26			
Aspectos Tecnológicos						
<i>String</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Scopus</i>	<i>Web of Science</i>	Total	Exclusão de Repetidos	Total Alinhados ao tema
<i>("milk production chain" OR "milk production" OR "dairy farms") AND ("transport" OR "transportation") AND ("technology" OR "technologic")</i>	8	27	15			
<i>("dairy cow" OR "dairy chain" OR "milk chain") AND ("transport" OR "transportation") AND ("technology" OR "technologic")</i>	7	13	3	96	54	11
<i>("cattle breeding" OR "dairying" OR "dairy farming") AND ("transport" OR "transportation") AND ("technology" OR "technologic")</i>	1	16	6			

Fonte: Autoria Própria

- **Análise dos Resultados:** essa fase compreendeu a leitura integral dos 37 artigos que compõem o portfólio final deste trabalho, bem como buscou registrar as principais análises dos resultados encontrados.
- **Documentação:** Nesta fase foi registrada a documentação e o arquivamento de todos os artigos que compuseram o portfólio final. Essa etapa foi conduzida com o auxílio de uma planilha eletrônica, onde as colunas identificaram a citação, referência, título, ano, objetivo, método de pesquisa, principais contribuições e conclusões dos artigos estudados.

### 2.1.1.3 Terceira fase: saída

Essa fase envolve as 4 etapas finais da metodologia utilizada, a fase de Alertas, Cadastro e Arquivos, Síntese e Resultados, e a fase de Modelos Teóricos. A etapa de alerta não foi realizada pois não optou-se por receber *e-mail* dos periódicos para aviso de artigos publicados em futuras edições.

A etapa de Cadastro e Arquivos dos artigos, consistiu em anexar os artigos selecionados no *Mendeley*® para auxiliar na formatação e citação das referências. A etapa seguinte, apresenta a Síntese e Resultados, onde foi realizado um texto sobre os assuntos estudados, auxiliando na estruturação da seção 3 (p. 45) de Referencial Teórico. Por fim, a etapa de Modelos Teóricos permitiu apontar as teorias e as definições de cada temática, bem como estruturar uma relação entre elas e encontrar a resposta para a problemática desta pesquisa.

A subseção a seguir apresenta a metodologia que foi utilizada para encontrar os pontos críticos sociais, econômicos e ambientais nos artigos encontrados envolvendo a temática da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

### 2.1.2 Identificação dos Pontos Críticos Econômicos no Transporte do Leite Cru Refrigerado

Para identificar desses pontos, foi preciso encontrar na literatura científica, estudos identificando pontos econômicos durante o transporte do leite.

Os estudos resultantes da busca foram examinados por título e resumo, seguindo um critério para seleção, isto é, tinham que estar relacionando aspectos econômicos durante o transporte do leite de vaca, desde a propriedade rural até a indústria de beneficiamento de laticínios, compreendendo estudos de campo originais e artigos de revisão. Após a realização desses filtros, foram selecionados e estudados 17 artigos (ver Tabela 1, p. 28), que são discutidos na subseção 3.2.1 (p. 48).

### 2.1.3 Identificação dos Pontos Críticos Ambientais no Transporte do Leite Cru Refrigerado

Para identificar os pontos críticos ambientais, foi preciso encontrar na literatura científica, estudos avaliando os potenciais impactos ambientais durante o transporte do leite cru refrigerado, mediante uso da ACV. Uma vez que ela é uma das principais técnicas para a avaliação da sustentabilidade ambiental.

Os estudos resultantes da busca foram examinados por título e resumo, de acordo com os seguintes critérios de seleção: I) Os estudos tinham que estar relacionando a ACV com a produção de leite de vaca, principalmente a etapa do transporte do leite à indústria de beneficiamento e processamento de laticínios. II) Destes, foram selecionados os estudos contendo os processos de produção agrícola até a chegada do produto ao portão da indústria. Após a realização desses filtros, foram selecionados e estudados 9 artigos (ver Tabela 1, p. 28), que são discutidos na subseção 3.3.2 (p. 50), além disso, na subseção 3.3.1 (p. 53) discutido sobre ecoeficiência e ACV.

### 2.1.4 Tecnologias Existentes para o Transporte do Leite Cru Refrigerado

Para identificar as tecnologias existentes, foi realizada uma busca na literatura. Os estudos resultantes da busca foram examinados por título e resumo, seguindo um critério para seleção, isto é, tinham que apontar tecnologias utilizadas no setor do leite, especificamente durante o transporte do leite cru refrigerado, desde a propriedade rural até a indústria de beneficiamento. Após a realização desses filtros, foram selecionados e estudados 11 artigos (ver Tabela 1, p. 28), que são discutidos na subseção 3.4 (p. 57).

Além da busca na literatura científica, foi realizada uma busca de anterioridade de patentes, para verificação do estado da técnica de um produto ou processo. Foi realizada através de pesquisas em bases de dados nacionais e internacionais, sendo elas a base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), *Espacenet Patent Search* e *Google Patent Search*. Os resultados obtidos são apresentados na subseção 3.4.1 (p. 60).

### 2.1.5 Portfólio Final

O portfólio final que compõe a revisão teórica deste estudo, envolve primeiramente os 37 estudos encontrados mediante a realização da revisão bibliográfica. Porém, foram utilizados outros estudos para complementar as discussões realizadas, como o uso do efeito cascata ou bola de neve (uso de referências de citações dos artigos encontrados), documentos de patentes, instruções normativas, *homepages* e guia técnico, como observado na Tabela 2, resultando em um total de 56 citações no referencial teórico.

**Tabela 2 - Composição do portfólio final da revisão teórica**

Portfólio	Quantidade
Artigos resultantes da revisão bibliográfica	37
Artigos resultantes do efeito cascata	7
Patentes	3
Normas	2
Instrução Normativa	2
Homepage	4
Guia Técnico	1

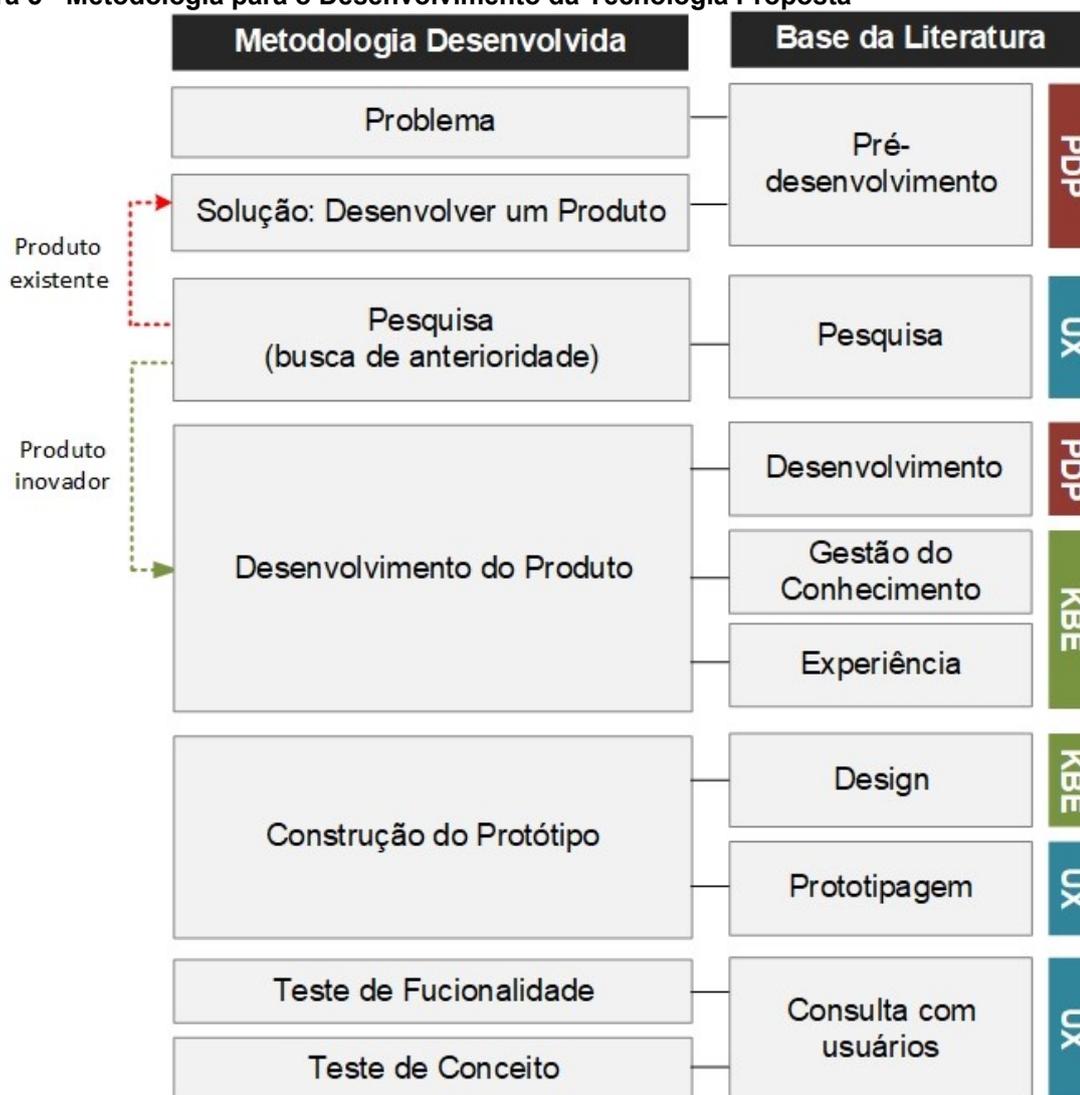
Fonte: Autoria Própria

## 2.2 ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA PROPOSTA

A subseção descreve a metodologia utilizada por este estudo para alcance do segundo objetivo específico, o desenvolvimento da tecnologia proposta. A metodologia baseou-se em três diferentes modelos existentes na literatura; a *User Experience* (UX) (DAHLMAN, 1983), Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) (ROZENFELD et al., 2006) e a Engenharia Baseada em Conhecimento (*Knowledge-Based Engineering* - KBE) (LOVETT; A INGRAM; BANCROFT, 2000).

Diante disso, a Figura 5 apresenta a estrutura metodológica do desenvolvimento da tecnologia proposta, baseada nas etapas metodologias encontradas na literatura.

Figura 5 - Metodologia para o Desenvolvimento da Tecnologia Proposta



Fonte: Autoria Própria

A metodologia proposta partiu de um Problema a ser solucionado a partir de um produto tecnológico. Neste estudo, o problema encontrado foi levantado após observar uma necessidade do mercado em monitorar a temperatura do leite cru refrigerado durante o transporte, como observado na IN 76/2018 (BRASIL, 2020).

Após, uma possível solução estava no desenvolvimento de um produto tecnológico que permite a realização do monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte.

Ao identificar a oportunidade de desenvolvimento de um produto tecnológico, a segunda fase (Pesquisa) buscou realizar a busca de anterioridade e uma revisão sistemática da literatura, para verificar se há algum registro de propriedade industrial, como patente ou modelo de utilidade, já desenvolvido. Não foi encontrado nenhum registro e/ou publicação de produtos similares à solução proposta.

Na fase de Desenvolvimento, foi realizado um trabalho multidisciplinar baseado na experiência de engenheiros eletrônicos e de engenheiros de produção para a definição e a descrição do produto, bem como a listagem dos materiais necessários para a prototipagem, bem como a escolha do *hardware* e do *software*, e os respectivos custos para o desenvolvimento do produto.

Ainda, foi preciso adquirir novas informações junto ao cliente, as transportadoras de leite cru refrigerado, almejando caracterizar a principal função que o produto desempenhará, o monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte.

A Prototipagem buscou o desenvolvimento de um modelo físico do produto, para a realização do Teste da Funcionalidade, realizado em laboratório.

Por fim, será realizado o Teste de Conceito envolvendo abordagens por meio de uma pesquisa de mercado, que permitirá determinar o grau de interesse do público-alvo no novo produto, permitindo aprimorar a ideia inicial do produto.

### 2.3 ETAPA 3: PESQUISA DE MERCADO

A subseção descreve o roteiro final que constitui a realização do teste de conceito, para alcançar ao terceiro objetivo específico deste estudo, a pesquisa de mercado com foco no mercado de transportadoras de leite cru refrigerado. A pesquisa teve como intuito, realizar um diagnóstico dos problemas em campo, para levantar potenciais sugestões para o desenvolvimento de uma tecnologia, no qual a principal funcionalidade é o monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte.

Assim, a pesquisa de mercado buscou posicionar e aproximar a problemática deste estudo com as empresas, permitindo a geração de novos conhecimentos das necessidades do mercado, fornecendo informações e detalhes essenciais que permitiram o aprimoramento do produto proposto na subseção 2.2 (p. 32). Para tanto, foi realizado uma “Avaliação Direta das Necessidades do Mercado”, utilizando um Questionário Aberto (ORTT; LANGLEY; PALS, 2007).

O Questionário Aberto, foi elaborado em uma plataforma *online* para criação de formulários que resulta em uma planilha eletrônica com as respostas realizadas, o *Jotform*. Foram enviados *e-mails* para os possíveis respondentes das empresas

que compõem o mercado desejado, sendo elas, as empresas transportadoras do leite cru.

Para realizar a pesquisa de mercado, foram selecionadas 10 empresas transportadoras de leite cru refrigerado, da região sul e sudeste do Brasil, por serem regiões representativas na produção nacional de leite, com respectivamente 35,7% e 34,2% do volume total produzido no país em 2017 (ZOCCAL, 2019).

As empresas possuem as seguintes características:

- Localização: (5) região Sul e (5) região Sudeste
- Frota: Dentre as 10 empresas, 8 realizam frete Intermunicipal e interestadual, e apenas 2 realizam frente internacional;
- Entre as empresas selecionadas, 3 transportam exclusivamente leite e seus derivados.

Sendo assim, o primeiro contato com as empresas ocorreu em junho de 2020, onde foi apresentado o objetivo da pesquisa realizada, bem como o envio do *link* aos gestores das empresas, para preenchimento do questionário (ver Apêndice B, p. 97).

### 2.3.1 Validação do Questionário

A validação foi realizada mediante a realização de um pré-teste do questionário (GIL, 2017), com uma empresa pertencente ao grupo de interesse. Foi constatado que havia a necessidade de reformular alguns termos técnicos e de adicionar uma nova questão, para obter as respostas desejadas e favorecer uma única coleta de dados. Após as alterações realizadas, foi observado clareza e precisão nos termos, quantidade de perguntas essenciais em sequenciamento lógico, buscando a melhor forma de introduzir a pesquisa e o questionário proposto.

### 2.3.2 Etapas Realizadas para Contatar as Empresas

Para alcançar o maior número de respostas, foram adotadas algumas estratégias para realizar o contato com as 10 empresas selecionadas (seção 2.3, p. 34), sendo elas:

I. Disponibilidade de tempo do questionário: O questionário ficou disponível de forma *online* no período de 01 de junho de 2020 à 03 de agosto de 2020 para todas as empresas participantes.

II. Primeiro contato: o primeiro contato foi realizado via *e-mail*, obtendo o retorno de 1 resposta.

III. Segundo contato: o segundo contato foi realizado via *LinkedIn* que permitiu contato direto com os representantes das empresas, obtendo o retorno de 3 empresas.

IV. Terceiro contato: o último contato foi realizado via *WhatsApp* cujo contato foi obtido no *site* das empresas, resultando no retorno de mais 2 empresas respondentes.

Sendo assim, foi alcançado um aproveitamento de 60%, ou seja, 6 respostas de diferentes empresas ao questionário.

Como apresentado pelo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e mediante o sigilo prometido, as empresas participantes serão tratadas como “Empresa A”, “Empresa B”, “Empresa C”, “Empresa D”, “Empresa E” e “Empresa F”.

Dentre as 6 respostas alcançadas, uma empresa não aceitou responder ao questionário devido a confidencialidade interna das informações (Empresa F). Ainda, A “Empresa E” apontou que há descarte de leite, porém não quantificou o dado no questionário.

Sendo assim, a pesquisa de mercado realizada alcançou no total 6 (seis) respostas ao questionário. Destas, 5 (cinco) respostas referentes às quantidades de leite cru transportadas diariamente, e 4 (quatro) respostas completas, apontando também a quantidade de leite cru descartado devido comprometimento da qualidade do leite.

#### 2.4 ETAPA 4: POTENCIAIS AJUSTES NA PROPOSTA TECNOLÓGICA

Esta subseção descreve a metodologia utilizada por este estudo para alcance do quarto objetivo específico, isto é, os potenciais ajustes da tecnologia proposta. Assim, baseado nos resultados obtidos na Etapa 3 (subseção 2.3, p. 34), foi possível obter informações do mercado alvo, gerando *insights* que impulsionaram

melhorias e a agregação de possíveis inovações ao produto desenvolvido na Etapa 2 (ver subseção 2.2, p. 32).

Sendo assim, a Etapa 4 resultou em um *brainstorming*, ou seja, uma lista de novas ideias que poderiam compor a tecnologia proposta por este estudo. Uma vez que a principal funcionalidade do produto proposto é o monitoramento da temperatura do leite durante o transporte, que pode ser combinada e incrementada às outras funcionalidades que envolvam soluções de problemas associados ao transporte do leite cru refrigerado.

O *brainstorming* foi realizado conforme as respostas alcançadas pelo questionário enviado às empresas, especificamente, com as respostas sobre as questões 6 e 11, relacionando os principais problemas enfrentados pela transportadora e qual funcionalidade ela gostaria de adicionar ao produto (ver Apêndice B, p. 97). Assim, esta etapa permitiu encontrar outras novas oportunidades para o desenvolvimento de tecnologias.

## 2.5 ETAPA 5: AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS GANHOS NA ECOEFICIENCIA

A subseção descreve a metodologia utilizada por este estudo para alcance do quinto e último objetivo específico, que se trata da avaliação dos potenciais ganhos de ecoeficiência a partir do uso da tecnologia proposta.

Primeiramente, o indicador utilizado para obter a ecoeficiência foi dado pela relação entre o desempenho econômico e o desempenho ambiental da empresa, conforme a Equação 1, para determinados problemas ambientais globais (COSTA, 2014).

$$Ecoeficiência = \frac{Desempenho\ econômico}{Desempenho\ ambiental} \quad (1)$$

Sendo a unidade resultante dada em R\$ por pessoa, uma vez que o desempenho econômico resultará em valor monetário e o desempenho ambiental, seguindo a normalização realizada pela ACV, resultará no total de impacto gerado por pessoa, para a realização de um transporte.

Assim, foi possível calcular o ganho na ecoeficiência mediante a diferença percentual entre os cenários, conforme a Equação 2.

$$\text{Ganho de ecoeficiência} = \% \text{ ecoeficiência}_{C2} - \% \text{ ecoeficiência}_{C1} \quad (2)$$

Onde:

C1 é dado pela a ecoeficiência do Cenário 1.

C2 é dado pela a ecoeficiência do Cenário 2.

### 2.5.1 Desempenho Econômico

A escolha pelo indicador levou em consideração alguns pontos importantes para quantificar o custo por quilômetro rodado em transporte rodoviário para uma transportadora, como:

- Distância percorrida e Tipo da estrada (asfaltada ou terra);
- Quantidade de leite transportada;
- Valor do combustível e pedágios;
- Diária do caminhão e do motorista, Incluindo todos os seus direitos previstos em lei;
- Manutenção do caminhão;
- Operação logística.

Assim, o indicador mais utilizado para quantificar os custos com o transporte é apontado na Equação 3.

$$\text{Custos do Transporte} = \text{R\$ custo por quilômetro} \times \text{distância total}_{\text{cenário } i} \quad (3)$$

Quando,

$i = 1$ , então, Cenário 1, com uma distância média anual percorrida pelas empresas de 94.900 km.

$i = 2$ , então, Cenário 2, onde a distância total percorrida foi acrescida pela distância total, multiplicada pelo percentual anual de leite descartado pelas empresas, conforme apresentado na Equação 4.

$$\% \text{ diário de leite descartado} = \frac{\text{Kg de leite perdido} \times 100}{\text{Kg de leite transportado}} \quad (4)$$

Com o valor final dos custos de um transporte para cada cenário, é possível obter o valor dos custos totais anuais com o transporte a partir dos resultados obtidos mediante aplicação do questionário na pesquisa de mercado (ver Apêndice B, p. 97), que revelou a quantidade total de leite transportado e descartado em 2019. Assim, foi possível obter o total de transportes realizados por cenário, com base em um caminhão-tanque com capacidade de 10.000 litros para realizar esses transportes. Contudo, é possível calcular o desempenho econômico anual por cenário, conforme a Equação 5.

$$\text{Desempenho Econômico} = \text{Custo do transporte}_{\text{cenário } i} \times \text{Total de transportes}_{\text{cenário } i} \quad (5)$$

## 2.5.2 Desempenho Ambiental

O procedimento metodológico para cálculo do desempenho ambiental envolve um estudo de ACV, os passos definidos para realização da ACV são expostos a seguir.

### 2.5.2.1 Definição de objetivo e escopo

#### **Objetivo**

O objetivo do estudo de ACV é realizar uma análise comparativa entre os dois cenários para o transporte de 10.000 litros de leite cru, identificando os impactos potenciais ambientais associados a estes cenários:

Cenário 1: Não há descarte do leite cru ao chegar na indústria de beneficiamento leite, ao realizar um transporte direto do leite cru, por um caminhão-tanque (Euro V).

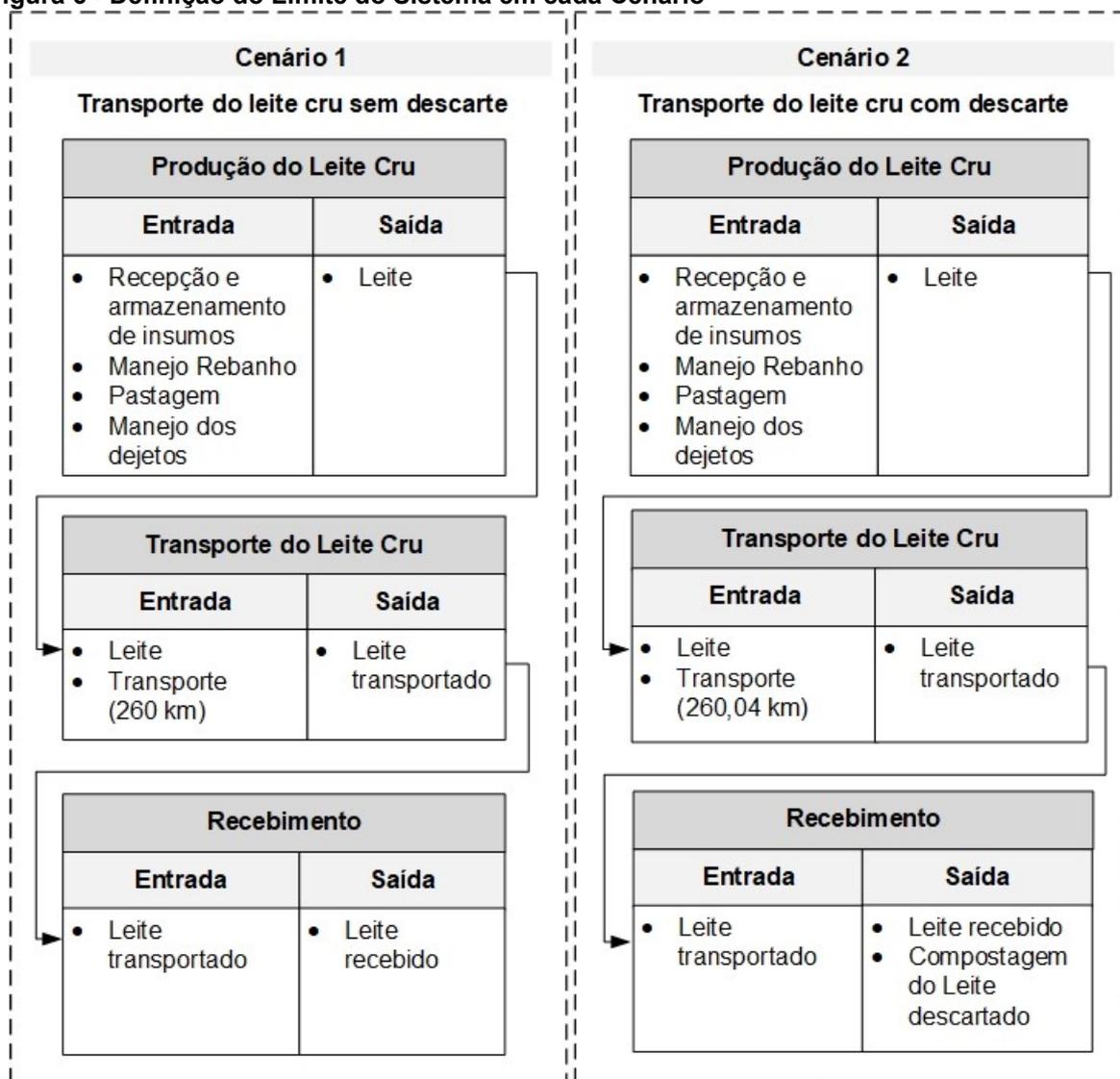
Cenário 2: Há descarte do leite cru ao chegar na indústria de beneficiamento do leite, ao realizar um transporte direto do leite cru, por um caminhão-tanque (Euro V).

## Escopo

Foi realizado um estudo delimitado pela fronteira “*Cradle-to-gate*”, ou seja, quantificação dos potenciais impactos ambientais referentes à extração de recursos (berço), transporte do leite cru refrigerado até o portão da indústria de beneficiamento do leite.

A definição do limite da ACV no presente estudo é apresentada na Figura 6. Inclui seis processos: manejo do rebanho, produção de alimentos (ração), uso da área para pastagem, uso de insumos como água, eletricidade e combustível, transporte direto do leite cru a indústria de beneficiamento, e o descarte do leite para compostagem, caso não atenda os controles de qualidade.

Figura 6 - Definição do Limite do Sistema em cada Cenário



Fonte: Autoria Própria

### **Função do Produto**

A função do produto relaciona-se ao transporte de leite cru refrigerado da unidade produtora até a unidade de beneficiamento do leite.

### **Unidade Funcional**

Entrega de leite cru refrigerado, por transporte direto, na unidade de beneficiamento de leite, a partir da unidade produtora de leite, localizada a uma distância média de 260 km, utilizando um caminhão-tanque, com motor Euro V e capacidade de 10.000 litros.

### **Fluxo de Referência**

Cenário 1: Entrega de 10.000 litros de leite cru refrigerado por um caminhão-tanque, percorrendo 260 km.

Cenário 2: Entrega de 10.001,36 litros de leite cru refrigerado por um caminhão-tanque, percorrendo 260,04 km.

### **Pressuposto**

Para o fluxo de referência, considerou uma perda de 0,014% de leite cru quando transportado.

Assim, para cálculo da quantidade de leite cru e da distância percorrida durante um transporte para o cenário 2, foi adicionado o percentual de 0,014 sobre os valores do cenário 1, pois, é preciso suprir a falta a quantidade perdida para realizar a entrega necessária, conforme o objetivo da ACV.

#### 2.5.2.2 Fase 2: Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

### **Coleta de Dados**

- Dados Primários: Pesquisa de mercado.
- Dados Secundários: O Quadro 2 aponta os inventários do ciclo de vida utilizados para a modelagem da ACV.

**Quadro 2 - Dados Secundários Utilizados (Banco de Dados e Dataset)**

<b>Processo</b>	<b>Dataset</b>	<b>Base de Dados</b>
transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5   transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5   Cutoff, U - RoW	Ecoinvent 3.7, cut-off, unit	Ecoinvent
Milk producton, from cow, semi-confined system, Campos Gerais region, PR, BR - BR	Inventários de Ciclo de Vida de leite bovino e biogás proveniente de dejetos de bovinocultura de leite código 440165/2019-9 da Chamada 40/2019 do CNPq	Será disponibilizado no Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida

Fonte: Autoria Própria

### **Modelagem do Sistema**

O processo deste estudo foi modelado utilizando o *software OpenLCA*® versão 1.10.2, um *software* livre destinado à modelagem e gestão de dados para realizar estudos de ACV e de sustentabilidade de produtos (OPENLCA, 2020).

#### 2.5.2.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

### **Categoria de Impacto**

Os potenciais impactos ambientais foram avaliados mediante cinco diferentes categorias de impactos ambientais baseadas nas Regras de Categoria de Produto (PCR) do Leite Cru (SESSA, 2013), pois a PCR permite quantificar e verificar o ciclo de vida de produtos, apontando as principais categorias de impactos utilizadas nos estudos de ACV:

- Categoria Impacto 1: Impacto Potencial de Aquecimento Global (*climate change - GWP 100a*), unidade: kg CO<sub>2</sub> eq.;
- Categoria Impacto 2: Potencial de acidificação (*acidification potential – generic*), unidade: kg SO<sub>2</sub> eq.;
- Categoria Impacto 3: Potencial de eutrofização (*eutrophication potential – generic*), unidade: kg SO<sub>2</sub><sup>3-</sup> eq.;
- Categoria Impacto 4: Uso da Terra (*land use – competition*), unidade: m<sup>2</sup>a;
- Categoria Impacto 5: Potencial de depleção abiótica (*resources - depletion of abiotic resources*), unidade: kg Sb eq.

### Método da AICV

Foi utilizado o método CML 2001 da base da *ecoinvent* 3.7. Esse método apresenta um conjunto de categorias de impacto, dentre elas, todas as categorias listadas a cima, permitindo melhor análise dos resultados.

### Normalização

Para fins de comparação e melhor entendimento dos resultados obtidos, foi realizada a normalização dos impactos potenciais quantificados pela ACV, com a finalidade de obter a contribuição relativa de cada categoria de impacto para o impacto potencial total.

Sendo assim, o cálculo da normalização foi baseado nos indicadores encontrados no estudo de Sala et al. (2017), apresentados na Tabela 3, onde é atribuído diferentes pesos às categorias de impactos ambientais estudadas.

**Tabela 3 - Fatores de Normalização para as Categorias Estudadas**

Indicador	Fator de Normalização
Potencial de Acidificação	55,50
Potencial de Aquecimento Global	8.400
Potencial de Eutrofização	177
Uso da Terra	1.400.000
Depleção de Recursos Abióticos	65.300

Fonte: Adaptado Sala et al. (2017)

Os pesos foram construídos mediante uma vasta coleção de dados sobre as emissões e recursos extraídos em escala global no ano de 2010, caracterizados pelo método do ponto médio da pegada ambiental por pessoa, com base na população mundial de 6.895.889.018 pessoas, ou seja, a quantidade de potenciais impactos emitidos por pessoa (SALA et al., 2017).

Souza (2008) aponta que a normalização pode ser calculada seguindo a seguinte Equação 6:

$$n_i = \frac{S_i}{r_i} \quad (6)$$

onde:

n, é o resultado normalizado do critério i;

s, é o valor do critério i antes da normalização;

r, é o fator de normalização do critério i.

Dessa forma, foi realizada a normalização dos dados finais da ACV, permitindo definir a contribuição relativa de uma determinada categoria, com relação ao impacto total.

#### 2.5.2.4 Interpretação do Ciclo de Vida (ICV)

É apresentada na subseção 4.4.2.1 (p. 70), onde foi realizado a Identificação das questões significativas e estruturação das informações alcançadas, mediante a qualidade dos dados e a coerência entre o objetivo e escopo deste estudo.

#### 2.5.2.5 Cálculo para obter o desempenho ambiental

O desempenho ambiental é apresentado mediante a média dos resultados normalizados para cada cenário, por categoria de impacto estudada, multiplicado pelo total de transportes realizados por cenários, conforme a Equação 7, não considerando a aplicação dos fatores de ponderação por categoria de impacto.

$$Desempenho\ ambiental = \left( \frac{IP1_{Ci} + IP2_{Ci} + IP3_{Ci} + IP4_{Ci} + IP5_{Ci}}{5} \right) \times Total\ de\ transporte_{Ci} \quad (7)$$

Onde,

IP1<sub>Ci</sub>: refere-se ao Impacto Potencial de acidificação,

IP2<sub>Ci</sub>: refere-se ao Impacto Potencial de Aquecimento Global,

IP3<sub>Ci</sub>: refere-se ao Impacto Potencial de eutrofização,

IP4<sub>Ci</sub>: refere-se ao Impacto do Uso da Terra,

IP5<sub>Ci</sub>: refere-se ao Impacto Potencial de depleção abiótica.

Quando,

i = 1, então, Cenário 1.

i = 2, então, Cenário 2.

Ambos os cenários, são baseados na unidade funcional deste estudo (ver subseção 2.5.2.1, p. 39).

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentadas as abordagens a respeito das áreas de pesquisa deste estudo. Os tópicos discutidos envolvem o setor leiteiro no Brasil, com foco ao transporte do leite cru refrigerado e como é realizada a logística, apontando os principais pontos críticos econômicos e ambientais que estão associados à essa fase do processo produtivo, bem como os indicadores de ecoeficiência e uma breve discussão sobre ACV. Por fim, são apresentadas soluções tecnológicas encontradas na literatura como potenciais soluções dos pontos críticos encontrados.

#### 3.1 TRANSPORTE NO SETOR LEITEIRO

O agronegócio é um pilar da economia brasileira, registrando no primeiro bimestre de 2020, alta de 1,2% do PIB (Produto Interno Bruto) (CEPEA, 2020a). Destacando a produção dos Estados de Minas Gerais com 30% da produção do leite em 2018, seguido por Rio Grande do Sul (11%), Goiás (11%), Paraná (9%) e São Paulo (9%) (CILEITE, 2018).

Willers et al. (2014) apontam que o agronegócio leiteiro é altamente relevante no contexto econômico, social e ambiental brasileiro. No Brasil, o setor leiteiro é representado por diferentes produtores em todas as regiões, apresentando diferentes níveis organizacionais e tecnológico, encontrando propriedades rurais de característica familiares, pequenas e grandes cooperativas, e até mesmo grandes instalações mecanizadas. Ainda, a diversidade tecnológica entre as propriedades influencia diretamente na criação de empregos, na renda e nos impactos ambientais no setor (WILLERS et al., 2014).

O Guia Técnico (2014), aponta que a qualidade apropriada do leite requer condições importantes de higiene, como animais sadios e um resfriamento imediato do leite em tanques após a ordenha, a fim de mantê-lo refrigerado até sua chegada nos processos industriais, sem problemas de alterações bruscas na temperatura, um dos fatores críticos para a multiplicação de microrganismos.

Da propriedade rural à indústria de beneficiamento, o leite é transportado por caminhões-tanque isotérmicos, onde são coletadas amostras para análises de controle de qualidade. Porém, o transporte em latões ainda é utilizado em algumas

localidades dentro da propriedade rural, aumentando os riscos em relação à qualidade do produto (GUIA TÉCNICO, 2014).

Uma variável importante que compromete a qualidade do leite é a temperatura, onde as altas temperatura do leite (acima do recomendado pela IN 76/2018) (BRASIL, 2020) resultam na crescimento de microrganismos presentes no leite devido à contaminação do produto durante a ordenha, e falta de higienização no armazenamento, resultando no descarte do leite.

Assim, o monitoramento da temperatura pode permitir melhorias no monitoramento da qualidade do leite. Ponto fundamental para alcançar a segurança do alimento e a saúde humana (POGHOSSIAN et al., 2019), bem como alcançar a redução dos custos.

Ruangwittayanusorn et al. (2016) apontam que a qualidade do leite cru refrigerado é muito importante para a saúde das pessoas, devendo haver extremo cuidado durante o resfriamento e entrega do produto, que deve ser rápida e monitorada, para não promover o crescimento de microrganismos durante o transporte de leite cru da propriedade rural para a indústria.

A atenção dada a qualidade do leite durante o transporte foi fortalecida mediante a publicação da IN 76/2018 (BRASIL, 2020), onde ficam aprovados os Regulamentos Técnicos que fixam a qualidade que devem apresentar o leite quando refrigerado. Assim, a temperatura para a refrigeração do leite cru e o seu transporte até o estabelecimento, devem seguir os seguintes limites máximos de temperatura (BRASIL, 2020):

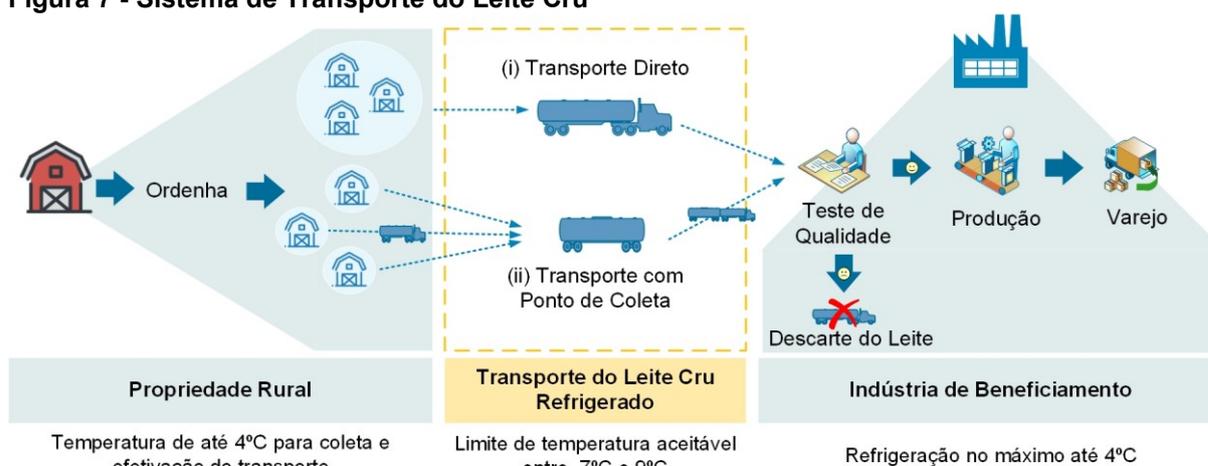
- i. O recebimento do leite no estabelecimento deve ser de até 7,0°C (sete graus Celsius), admitindo-se, excepcionalmente, o recebimento em até 9,0°C (nove graus Celsius);
- ii. A conservação e expedição do leite no posto de refrigeração deve ser de no máximo 4,0°C (quatro graus Celsius);
- iii. A conservação do leite na indústria de beneficiamento ou fábrica de laticínios antes da pasteurização de ser no máximo 4,0°C (quatro graus Celsius).

Com as especificações decretadas pela IN 76/2018 (BRASIL, 2020), variação da temperatura do leite cru refrigerado durante o transporte pode ser monitorada mediante o desenvolvimento de uma tecnologia envolvendo o volume de produção, frequência de coleta, tempo da ordenha, capacidade do equipamento de

refrigeração da propriedade rural, e tempo de transporte até a indústria de beneficiamento.

Para tanto é preciso compreender o processo logístico do leite, que pode ocorrer de duas formas, como observado na Figura 7. Na propriedade rural, após a ordenha, o leite deve ser resfriado à 4°C, para então ser coletado em todas as propriedades rurais. A logística de transporte pode ocorrer de duas formas: (i) um caminhão-tanque coleta o leite em todas as propriedades e segue diretamente para a indústria, ou (ii) quando o volume de leite a ser coletado é muito alto, um tanque reboque pode ser usado para armazenar todo o leite, enquanto um caminhão percorre as propriedades. Essa medida é conhecida como Romeu e Julieta, e é utilizada a fim de reduzir os custos de transporte, porém, há perda de temperatura do leite no transvase e no acondicionamento em Julieta, prejudicando a qualidade do leite.

**Figura 7 - Sistema de Transporte do Leite Cru**



**Fonte: Autoria Própria**

Quando o leite cru refrigerado coletado é transportado para a indústria de laticínios, é inspecionado pelo setor de qualidade, iniciando pela pesagem, limpeza e higienização do veículo para evitar a deterioração dos lotes de leite cru recebidos. Isso ocorre enquanto o leite é transferido para o tanque onde posteriormente será processamento (SETHANAN; PITAKASO, 2016).

Na indústria, as inspeções de qualidade envolvem teste da lactofiltração, acidez, densidade, gordura (GUIA TÉCNICO, 2014). Já na Rede Brasileira de Laboratórios de Controle de Qualidade de Leite (RBQL), as análises envolvem a Contagem de Células Somáticas (CCS), a Contagem Total de Bactérias (CTB) e a

Composição centesimal com quantificação de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e ureia (LANES; FARIA, 2020).

O descarte por problemas de qualidade pode ser resultado de diversos fatores como: A contaminação do leite ocorre facilmente em condições inadequadas de obtenção, armazenamento, coleta e transporte (BRITO et al., 2017), além de tanques antigos com falhas na vedação, falhas de monitoramento do leite resultando em uma coleta do leite acima de 4° C, problemas de acesso às propriedades rurais com veículos grandes, mistura de tipos de leite ou misturas de temperaturas diferentes, ordenhas tardias que afetam a roteirização, dentre outros.

## 3.2 PONTOS ECONÔMICOS NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE CRU

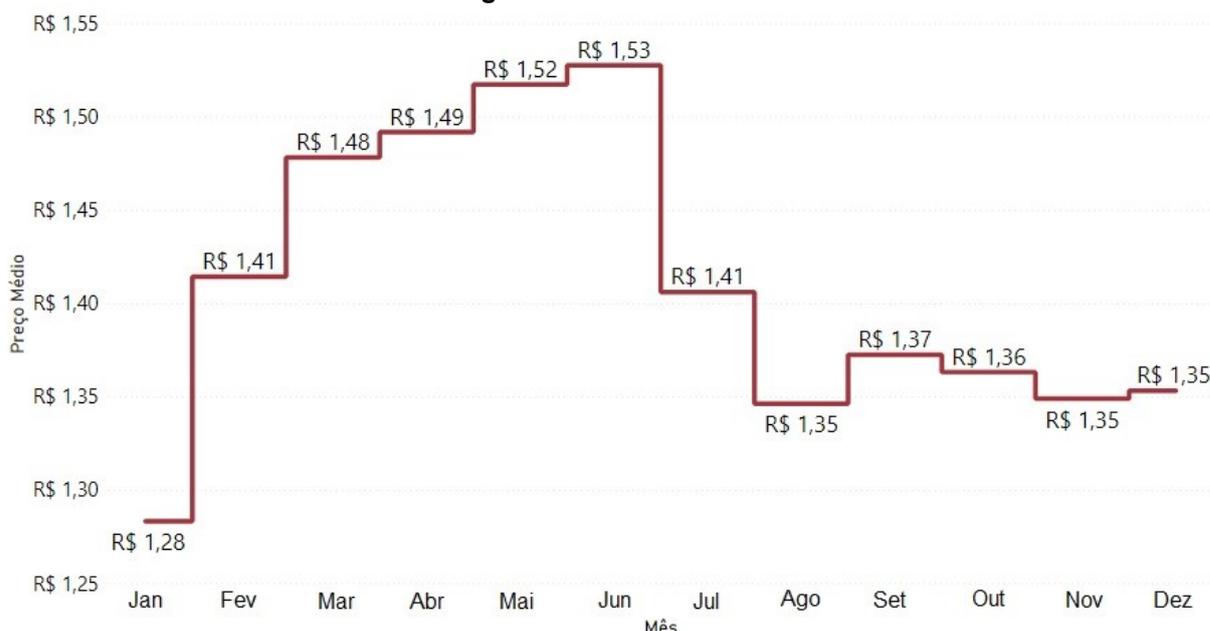
### 3.2.1 Custo Médio do Leite Cru no Brasil

O custo do leite envolve dois componentes: custo do pagamento ao produtor e o custo do transporte. Neste cenário, as indústrias de laticínios, têm pouco espaço para permitir o aumento do custo total, onde qualquer aumento no preço por litro pago ao produtor rural, deve ser compensado por uma redução no custo do transporte.

Assim, o incentivo mais atraente que um laticínio pode oferecer a um produtor é um preço competitivo por litro para que ele possa dar continuidade na sua produção de leite (BUTLER et al., 2005).

Os custos apresentados no Gráfico 1, referem-se ao valor médio do leite cru negociado no Brasil entre o produtor e a indústria/cooperativa de laticínios. O valor é cotado em Reais por litro (R\$/litro), e são relativos ao volume captado no ano de 2019 (CEPEA, 2020b).

O ano de 2019 foi atípico para a produção leiteira, refletindo nos valores encontrados no Gráfico 1, onde os preços pagos ao produtor não seguiram a tendência sazonal esperada, uma vez que o pico de entressafra (entre julho e agosto), houve queda nos valores, resultado do baixo consumo e baixas margens de negociação das indústrias de laticínios.

**Gráfico 1 - Média do Litro do Leite Pago ao Produtor Rural – Brasil/2019**

Fonte: Adaptado (CEPEA, 2020b)

Ainda, observa-se que o último trimestre de 2019, marcado pelo início da safra e pelo atraso das chuvas no Sudeste e Centro-Oeste, limitou a recuperação do setor, estabilizando as cotações (CEPEA, 2019).

Ainda, Carvalho e Rocha (2019) aponta a necessidade de medidas concretas em relação às reformas, ao papel do Estado, ao ambiente de negócios e à estabilidade institucional para o alcance de melhorias no desempenho econômico brasileiro e conseqüentemente, alavancagem na demanda de produtos lácteos, uma vez que o crescimento da demanda por leite e seus derivados dependem diretamente da situação econômica vivenciada.

Quanto à operação de transporte, quanto mais eficiente, maior o preço pago aos produtores, atraindo volumes cada vez mais altos que podem levar a economias de escala adicionais na coleta de leite. Diante disso, as indústrias de laticínios têm constantemente tentado adotar iniciativas para redução de custos com o transporte do leite cru, introduzindo veículos de coleta de maior capacidade, fornecendo mais dias úteis para os motoristas, selecionando qual veículo deve visitar cada cliente e qual a rota mais apropriada, e controlando as operações durante a coleta de leite (BUTLER et al., 2005).

A avaliação dos custos de cada caminhão é feita mediante a soma dos custos fixos e variáveis. Os custos fixos envolvem mão de obra (motoristas e ajudantes), depreciação do veículo, custos administrativos, manutenção e impostos.

Enquanto os custos variáveis representam o combustível, lubrificantes, pneus, lavagem e seguro do produto transportado. A falta de informações sobre custos causa dificuldade às empresas no processo de uma abordagem integrada da logística e tomada de decisão (GUERINO, 2016).

Ainda, Guerino (2016) aponta que alguns produtores não possuem um tanque resfriador de maior capacidade para armazenagem para 48 horas, necessitando de coleta diária, gerando custos extra para a logística, pois muitas vezes as propriedades estão localizadas à grandes distâncias para realizar a coleta de apenas um produtor.

### 3.2.2 Pontos Críticos Econômicos no Transporte do Leite Cru

Há diversas fontes que comprometem a economia na produção de leite diante do transporte, dentre eles destaca-se inicialmente problemas de distância da propriedade rural aos centros de distribuição do produto, demandando maior deslocamento e uso de transporte. Porém, os problemas que envolvem a qualidade do leite frente ao monitoramento da temperatura durante a coleta, resfriamento e transporte, apresentando oportunidades e necessidade de estudos que permitam o desenvolvimento de tecnologias que alcancem melhorias no setor.

Butler et al. (2005) apontam que os custos de transporte são sempre um componente significativo do custo total para uma empresa, pois envolve o movimento de matéria-prima. No transporte do leite cru, por se tratar de produtos perecíveis, os autores apontam que é necessário a entrega especializada e cautelosa, para não comprometer a qualidade do produto.

Dentre esses custos, o Quadro 3 apresenta de forma geral todos os pontos críticos econômicos e suas principais causas, envolvendo o transporte do leite.

**Quadro 3 - Resumo dos Pontos Críticos Econômicos**

(continua)

<b>Pontos Críticos</b>	<b>Fatores Principais</b>	<b>Autores</b>
Custos com insumos (Terra, mão de obra, combustível e energia)	Quanto maior a criação de animais, maior os custos	Misener et al. (1976) Malcolm et al. (2015)
Criação do sistema intensivo de gado intensivo	Custos com insumos, principalmente com energia, aquecimento do sistema e combustível para transporte dos insumos	Lauer et al. (2018)

**Quadro 3 - Resumo dos Pontos Críticos Econômicos****(conclusão)**

A venda e distribuição do leite em regiões distantes da propriedade rural, aumentam os custos com o transporte	Diminuição dos preços do leite e o aumento dos custos de produção	Babb (1981) Torquati et al. (2015)
Sazonalidade nas remessas de leite	Problemas de capacidade e custos adicionais com transporte, processamento e distribuição	Caine; Stonehouse (1983) Hennessy (2017)
Mão-de-obra dos motoristas, custo do combustível e o custo dos caminhões	Baixa produção diária	Lin; Kawaguchi (1998)
Tamanho da propriedade rural e a quantidade de leite coletada	Custo da mão de obra dos motoristas, custo do combustível e o custo dos caminhões	Butler et al. (2005)
Gerenciamento inadequado das rotas para realização da coleta de leite	Algumas propriedades rurais são pequenas e inacessíveis a veículos grandes	Caramia; Guerriero (2010) Amiama et al., (2015)
Tempo de transporte e temperatura do leite	O tempo de transporte do leite influencia a temperatura do leite, podendo comprometer a sua qualidade.	Ruangwittayanusorn et al. (2016) Makau et al. (2016) Ledo et al. (2019)
Frota heterogênea com muitos tanques para coletar leite cru	Custos de combustível, custos de limpeza e higienização dos tanques de leite cru nos veículos	Sethanan; Pitakaso (2016)
Centros de coleta distantes e necessidade de desenvolver cadeias de suprimentos	Acesso ao mercado consumidor foi identificado como um dos principais fatores que influenciam no desempenho econômico dos pequenos produtores	Mumba et al. (2013) Poloshkina (2016)

**Fonte: Autoria Própria**

A análise realizada por Lauer et al., (2018) aponta que o sistema Intensivo de produção de gado leiteiro causa várias preocupações econômicas e ambientais, uma vez que tipo de sistema resulta em um acúmulo significativo de efluentes, desperdiçando oportunidades econômicas e gerando impactos ambientais.

A oportunidade econômica encontrada pelos autores, visa o uso da digestão anaeróbica pode resolver parcialmente esses problemas, buscando o uso significativo desses efluentes para a produção e uso de biogás, resultando na geração de eletricidade e calor ou, geração de o biometano, reduzindo assim custos

das propriedades rurais. O estudo de Lauer et al. (2018) revelou que a propriedade rural necessita de pelo menos um gado com no mínimo 3.000 (três mil) vacas para uma operação economicamente viável de uma planta baseada na digestão anaeróbica.

O tamanho da propriedade rural e a quantidade de leite coletada afetam diretamente o desempenho econômico durante o transporte, devido à quantidade de viagens necessárias (e suas alocações), sendo este o principal desafio tanto na coleta de leite dos agricultores, quanto da distribuição de produtos acabados (BUTLER et al., 2005). Quando se trata de pequenos agricultores, Mumba et al. (2013) apontam que há a necessidade de associação à cooperativa, para obtenção de apoio frente no setor de transporte e distribuição, frente à uma infraestrutura de centros de coleta já desenvolvida.

Para uma produção sustentável do leite, práticas economicamente viáveis podem envolver por exemplo o uso do roteamento de veículos permitindo uma entrega pontual da carga, resultando em significativas reduções de custos com combustível, amortização dos caminhões, mão-de-obra, limpeza e higienização dos tanques dos veículos (AMIAMA et al., 2015; SETHANAN; PITAKASO, 2016).

Essas ações podem chegar até 10% de redução de custos com o transporte, principalmente com mão-de-obra dos motoristas, custo do combustível e o custo dos caminhões, melhorando o preço de venda por litro de leite que a indústria pode oferecer a seus produtores (LIN; KAWAGUCHI, 1998; BUTLER et al., 2005).

O gerenciamento adequado das rotas de coleta de leite é um desafio para as indústria de laticínios, uma vez que estão relacionadas diretamente a garantia de um custo mínimo, em termos de tempo de coleta e quilômetros percorridos pelo frete, considerando também o tempo disponível para a execução da rota, capacidade do caminhão e acessibilidade, pois algumas propriedades rurais são pequenas e inacessível a veículos grandes e principalmente a impossibilidade de coleta durante ou logo após a ordenha, devido às questões de temperatura (CARAMIA; GUERRIERO, 2010; AMIAMA et al., 2015).

Na roteirização, esses são pontos chaves que podem permitir grandes melhorias da fase de transporte do leite, envolvendo sugestões instantâneas e eficientes ao traçar rotas, permitindo avaliações e tomadas de decisão rápidas para alterações que demande menos tempo e custo a empresa.

Além da pontualidade da entrega do produto, o transporte do leite cru requer cuidados que envolvem principalmente o monitoramento da temperatura e, a garantia de vedação do tanque, para conter a temperatura do leite conforme a legislação. Um transporte ineficiente pode levar à deterioração do leite devido a longos períodos de viagem e paradas frequentes durante o processo de coleta (SETHANAN; PITAKASO, 2016).

Diante disso, o monitoramento da temperatura do leite permite melhor controle e segurança da qualidade do produto, principalmente durante o resfriamento e o transporte, onde práticas inadequadas de armazenamento combinadas com altas temperaturas podem facilitar o processo da proliferação de fungos e bactérias. Neste cenário, o monitoramento da temperatura é um potencial inibidor desse processo e alcançando melhorias no processo para segurança do alimento (LEDO et al., 2019), especialmente no verão pois os microrganismos podem rapidamente crescer e acabar comprometendo a qualidade do leite (RUANGWITTAYANUSORN et al., 2016).

O monitoramento da temperatura durante o transporte e cuidados com a roteirização para coleta no transporte, permitem gerar vantagens competitivas no setor leiteiro, mediante uma cadeia de suprimentos eficaz, em termos de coleta, entrega, transporte e preservação do produto, resultando em melhorias significativas para manter a qualidade do produto (POLESHKINA, 2016), inibindo as chances de descarte, uma vez que essa questão representa perda econômica e problemas ambientais frente a geração de resíduos (DOLMAN et al., 2014; ALVES et al., 2017).

### 3.3 PONTOS AMBIENTAIS NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE CRU

#### 3.3.1 Ecoeficiência e Avaliação do Ciclo de Vida

Os indicadores ambientais e econômicos podem servir como parâmetros para as empresas gerenciarem seu desempenho ambiental, podendo ser utilizados para quantificar os avanços de ecoeficiência do negócio, resultando em ações que visam minimizar o desperdício de matéria prima e emissões de poluentes, por exemplo (VELLANI; RIBEIRO, 2009).

Sisinno e Moreira (2005) corroboram afirmando que as vantagens proporcionadas pela ecoeficiência envolvem, além da minimização dos danos ambientais, a melhoria da eficiência e competitividade, favorece a inovação, melhora a imagem da empresa e seu relacionamento com os órgãos ambientais e com a comunidade.

O uso da tecnologia disponibilizada por este estudo permite a redução do desperdício do leite cru transportado, e conseqüentemente, reduz o uso de transporte extra para repor a carga descartada para a indústria de beneficiamento que contratou o frete, além de evitar a poluição ao solo quando o leite é descartado.

Sendo assim para avaliar o desempenho ambiental da tecnologia proposta, a ACV é vista como a técnica ideal para quantificação dos potenciais impactos ambientais. Ela é orientada pela Organização Internacional para Normalização, a ISO (*Organization for Standardization*), mediante duas normas: ISO 14040 envolvendo a estrutura e os princípios da ACV (ABNT, 2009a) e a ISO 14044 apresentando os requisitos e diretrizes para a aplicação de uma ACV (ABNT, 2009b).

Em suma a metodologia da ACV é composta por quatro fases: (I) Definição de objetivo e escopo do estudo, (II) Inventário do Ciclo de Vida (ICV), envolve a coleta e a análise dos dados de entrada e saída do processo, que atenda ao objetivo e ao escopo declarados anteriormente, (III) Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV), os dados coletados na fase anterior são associados às categorias de impacto específicas, buscando o melhor entendimento de sua relevância ambiental e por fim, a fase de (IV) Interpretação dos resultados são discutidos, representando conclusões, recomendações e auxílio à tomada de decisão (ABNT, 2009a).

### 3.3.2 Pontos Críticos Ambientais no Transporte do Leite Cru

Este estudo buscou apontar os potenciais impactos no nível da propriedade rural, e principalmente os pontos críticos referentes às questões ambientais resultantes do transporte do leite cru refrigerado, onde recentemente, a literatura apresenta vários trabalhos (ver Quadro 4, p. 56) envolvendo os *hotspots*, ou seja, os pontos críticos da produção do leite.

Os problemas ambientais no nível de propriedades rurais, podem ser reduzidos com o uso da Digestão Anaeróbica (DA), onde os resíduos da propriedade podem gerar energia, proveniente de fonte de energia renovável, e fertilizantes naturais (CILIBERTI et al., 2016); além disso, o aumento da frequência de ordenha e a maximização da eficiência da produção do leite por animal, com a mesma quantidade de animais, podem reduzir a quantidade do potencial impacto ambiental por litro de leite (BACENETTI et al., 2016; CHOBTANG et al., 2017a).

Melhorias da eficiência na utilização de pastagens podem reduzir potenciais impactos ao uso da terra (BACENETTI et al., 2016); melhores formas de manejo do esterco podem reduzir os problemas de acidificação e eutrofização. Além disso, uma alimentação equilibrada aos animais permitem vantagens ecológicas nas categorias de impacto climático e uso de terra (WOLDEGEBRIEL et al., 2017; FINNEGAN et al., 2017). Essas são estratégias encontradas na literatura que podem mitigar a carga ambiental e melhorar o desempenho ambiental na produção do leite.

Dolman et al. (2014) também apontam que a ciclagem de nutrientes (o ciclo interno de nutriente) é uma opção promissora para reduzir potenciais impactos nos níveis de produção e transporte, reduzindo a compra de alimentos e fertilizantes, por exemplo. Na fase final do ciclo de vida, Meneses et al. (2012) avaliaram os potenciais impactos ambientais referentes à produção e disposição final de embalagens do leite, apontando que as embalagens cartonadas e descarte para a reciclagem, apresentam alternativas para a redução dos potenciais impactos ambientais.

Dentre os impactos avaliados, o uso da água é o fator mais relevante para o gado leiteiro, compreendendo a hidratação de cada animal, limpeza de instalações e equipamentos de ordenha, irrigação do solo para alimentação, bem como na produção da ração (WILLERS et al., 2014), às questões relacionados à mudanças climáticas e aquecimento global, envolvem principalmente as emissões de gases na fermentação entérica e no ato de manejo do esterco (WOLDEGEBRIEL et al., 2017).

Especificamente, a literatura aponta o transporte como uma das fases do processo produtivo do leite, que colaboram para a geração de impactos ambientais, por envolver potenciais impactos de aquecimento global (DJEKIC et al., 2019).

As emissões atmosféricas e despesas relacionadas ao transporte podem ser reduzidas com o uso de cadeias de suprimentos multicenais para realização da coleta do leite (NIRANJAN; PARTHIBAN, 2019). Porém, é preciso levar em

consideração a localização e os modais disponíveis em cada região para acesso às propriedades rurais e posteriormente, a realização das coletas.

De forma geral os principais pontos críticos ambientais no processo produtivo do leite, envolvem o transporte, uso da terra e da água, manejo do esterco, geração de resíduos, como apresentado no Quadro 4.

**Quadro 4 - Resumo dos Pontos Críticos Ambientais**

<b>Ponto Crítico</b>	<b>Categorias de Impactos Analisadas</b>	<b>Autores</b>
Uso de combustíveis para o transporte	Depleção da camada de ozônio Potencial de aquecimento global	Arsenault et al. (2009) Dolman et al. (2014)
Descarte das embalagens do leite	Potencial de aquecimento global e Potencial de acidificação	Meneses et al. (2012)
Gestão do gado Atividades da ordenha Uso da terra para alimentação Manejo do esterco	Potencial de aquecimento global; Potencial de Acidificação; Potencial de Eutrofização Oxidação fotoquímica; Uso de energia não renovável	Bacenetti et al. (2016)
Uso da terra para pastagem e plantação	Impacto no uso da terra	Ciliberti et al. (2016)
Baixa frequência de ordenha aumenta o impacto total por litro de leite	Alterações Climáticas; Potencial de depleção de ozônio; Toxicidade para a saúde humana, efeitos cancerígenos e não cancerígenos; Radiação ionizante - efeitos na saúde humana; Potencial fotoquímico de formação de ozônio; Potencial de acidificação; Eutrofização - ecossistemas terrestres; Eutrofização - ecossistemas de água doce; Eutrofização - ecossistemas marinhos; Ecotoxicidade para água doce aquática; Mineração de recursos minerais, fósseis; Utilização depleção de água recurso; Impacto no uso da terra	Chobtang et al. (2017b)
Manejo do esterco Uso de insumos Fermentação entérica	Uso da Terra; Uso de Energia Fóssil; Potencial de Aquecimento Global (GWP)	Woldegebriel et al. (2017) Finnegan et al. (2017)

Fonte: Autoria Própria

Além dos estudos apresentados, Willers et al. (2014) desenvolveram um estudo para realizar o gerenciamento ambiental dos recursos hídricos, apontando um ponto crítico nas unidades produtoras de leite, o uso da água e geração de água residual. Os autores ressaltam que os profissionais que lidam com as atividades de ordenha e limpeza, possuem pouco ou nenhuma instrução sobre o uso racional da água, gerando assim o aumento de águas residuais.

Ainda, Woldegebriel et al. (2017) apontam que os pontos críticos variam entre as diferentes propriedades rurais, dependendo da área utilizada para pastagem, tamanho do rebanho, quantidade de insumos, raça, alimentação, tipo de manejo e como a ordenha é realizada. Os autores apontaram que as emissões por fermentação entérica e armazenamento de esterco, são as principais fontes colaboradoras ao potencial de aquecimento global, e tendem a intensificar em propriedades rurais maiores.

Os fatores observados no Quadro 4, apresentam diferentes aspectos ambientais do sistema produtivo do leite, entre a propriedade rural e a chegada do leite à indústria de beneficiamento. Isso deve ao fato de que cada estudo apresentou diferentes objetivos e escopos para a realização da ACV. Porém, todos buscaram formas de reduzir os potenciais impactos ambientais nas fases estudadas.

Muito pode ser feito ao considerar a abordagem do ciclo de vida nas práticas agrícolas. No processo de transporte do leite cru refrigerado, por exemplo, ao evitar o desperdício do produto, potenciais impactos ambientais envolvendo as propriedades rurais e os demais processos, podem ser minimizados.

Para tanto, a diversidade tecnológica e o desenvolvimento de tecnologias para o setor agrícola podem gerar resultados competitivos e eficientes para o agronegócio, influenciando e ampliando a criação de empregos, aumentando a renda dos agricultores e também permitindo o desenvolvimento sustentável, reduzindo desperdícios e os potenciais impactos ambientais (WILLERS et al., 2014).

### 3.4 SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA O TRANSPORTE DO LEITE CRU REFRIGERADO

As práticas do agronegócio e a indústria de alimentos mudaram consideravelmente ao longo dos séculos, e o uso de métodos de produção mais ecológicos estão sendo fortemente incentivados (MENESES et al., 2012),

principalmente com o auxílio da introdução de novas tecnologias (BACENETTI et al., 2016), que permitem o desenvolvimento tecnológico em armazenamento, transporte e preservação do produto (DE LA BRUHÈZE; VAN OTTERLOO, 2004).

Assim, o novo modelo industrial chamado Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0, visa um sistema de manufatura que seja viável e sustentável, permitindo melhorias no ciclo de vida dos produtos, uma fabricação integrada mediante uso de sistemas *ciber*-físicos que permitem virtualização, rastreamento, monitoramento e sensoriamento (CARVALHO et al., 2018), mediante uso de sistemas embarcados e conexões que coletam e trocam informações em tempo real, otimizando os processos de produção (ROJKO, 2017).

Na cadeia produtiva do leite, a tecnologia está presente principalmente com a finalidade de garantir a qualidade do leite. Na fase de coleta na propriedade rural, se o transporte de leite não for adequado, o leite poderá sofrer uma grande perda de qualidade (DE LAS MORENAS et al., 2014). São apresentados a seguir, estudos encontrados na literatura envolvendo novas tecnologias para o transporte do leite, que permitem monitoramento do controle da qualidade do produto (STRÖBEL et al., 2013).

#### • Refrigerador Elétrico Portátil

De Las Morenas et al. (2014) desenvolveram uma solução inovadora para o registrar e rastrear amostras de leite durante o transporte da propriedade rural à indústria. Trata-se do desenvolvimento de uma tecnologia combinado de Microcontroladores, Sensores, Identificador de Radiofrequência (RFID) e Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Antes de coletar o leite de cada propriedade rural, o motorista coleta uma amostra para posterior análise no laboratório, a amostra é identificada por meio de etiquetas RFID, um leitor GPS nos frascos de amostras, que são armazenados em uma grade dentro de um refrigerador elétrico portátil conectado à fonte de alimentação do caminhão.

O refrigerador abre somente quando o leitor RFID identifica uma nova amostra válida, após é automaticamente fechado e bloqueado, iniciando o processo de armazenando dos dados das coordenadas geográficas através do uso de um sensor, que armazena todas as informações, como registros de data e hora de abertura e fechamento do refrigerador. Além disso, o refrigerador também possui um

sensor de temperatura para verificar e armazenar periodicamente a temperatura dentro do refrigerador.

- **Gerenciador de Rotas**

Amiama et al. (2015) desenvolveram um gerenciador de rotas, um sistema de apoio à decisão espacial, que resolve o problema da coleta de leite em duas etapas. Primeiramente foi desenvolvido um algoritmo empregando técnicas heurísticas, que aponta soluções para as rotas em um curto período de tempo. Posteriormente, foi desenvolvida uma interface gráfica, permitindo interação e alterações para as rotas, de forma rápida e intuitiva. Além disso, o *software* pode realizar simulações para encontrar a melhor solução que minimize os custos com o transporte, auxiliando o usuário no processo de geração de rotas, mas não na automatização do processo de tomada de decisão.

- **Cálculo dos Custos com o Transporte**

Quinlan et al. (2012) apresentam uma metodologia para simular custos de transporte de leite, envolvendo três principais variáveis: mão de obra mensal; a quilometragem percorrida; e a quantidade de caminhões-tanque necessárias para transportar todo o de leite a ser coletado. Obtendo principais resultados: custos mensais de capital, custos mensais de operação e custo mensal de mão de obra.

Nicholson et al. (2011) determinaram em um modelo de transbordo, apontando soluções de minimização de custos para segmentos da cadeia de suprimentos de laticínios, incluindo montagem, processamento, transporte entre plantas e distribuição de produtos finais. O estudo concluiu que as localizações mais distantes reduziram os custos de montagem e aumentou os custos de processamento e transporte.

- **Sensoriamento**

Integrar a tecnologia da informação, com a robótica e obter máquinas automatizadas, permite a integração de processos, tanto técnicos quanto de negócios, mediante mapeamento digital e virtualização. Essa integração pode ocorrer com o uso de sensores para controle e monitoramento, desde a produção até a logística (ROJKO, 2017).

- **IoT (*Internet of Things*)**

O IoT é uma tecnologia que expandiu-se de um ambiente inteligente para transporte inteligente (SEKIZAWA et al., 2018) com acesso e disponibilidade a *internet* (ROJKO, 2017), envolvendo redes sem fio industriais e sistemas de

informação, com a possibilidade de armazenar grande quantidade de dados em nuvem, com segurança contra o uso indevido e não autorizado (LIAO et al., 2017).

Após o estudo de revisão realizada, é notável a busca recente por desenvolvimento tecnológico no setor leiteiro, visando redução de custos e o gerenciamento do transporte, redução do uso de recursos e de possíveis desperdícios de leite devido aos problemas de qualidade. Ainda, a literatura apresenta tecnologias para solucionar problemas com a roteirização, uso de sensores para controle e monitoramento da produção e logística, porém, ainda há muitas oportunidades para o desenvolvimento de novas tecnologias, visando melhorias da ecoeficiência do setor.

#### 3.4.1 Busca de Anterioridade

A busca de anterioridade de patentes por tecnologias que auxiliam no monitoramento da temperatura do leite durante o transporte, alcançou três resultados: O documento chinês, CN109018755A (SHIZHENG et al., 2018), apresentou um dispositivo de agitação do leite durante o transporte.

O documento russo RU31637U1 (Тимофеев et al., 2003), refere-se a um dispositivo para a refrigeração para regular a temperatura do leite quando transportado e o documento chinês, CN108731828A (HUAMIN et al., 2018) refere a um dispositivo que lê as temperaturas registradas, porém, trata-se de um dispositivo fixo à carroceria do veículo que manda os dados coletados por rede sem fio ao servidor. O uso da rede sem fio apresenta certas desvantagens em regiões onde não há sinal para emissão e coleta dos dados, prejudicando a leitura dos dados e resultando em falhas no rastreamento da temperatura *online* do produto.

A investigação constatou que as tecnologias existentes não invalidam a inovação da tecnologia e o desenvolvimento do produto proposto por este estudo. Uma vez que o documento CN109018755A (SHIZHENG et al., 2018), não é destinado ao monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado, pois ele busca realizar a agitação do leite para regular sua temperatura. Enquanto que o documento RU31637U1 (Тимофеев et al., 2003), trata-se de um dispositivo para refrigerar o leite durante o transporte, e assim regular a sua temperatura.

Por fim, o documento CN108731828A (HUAMIN et al., 2018), trata-se de um dispositivo fixo à carroceria do caminhão-tanque para ler as temperaturas alcançadas pelo leite cru durante o transporte.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

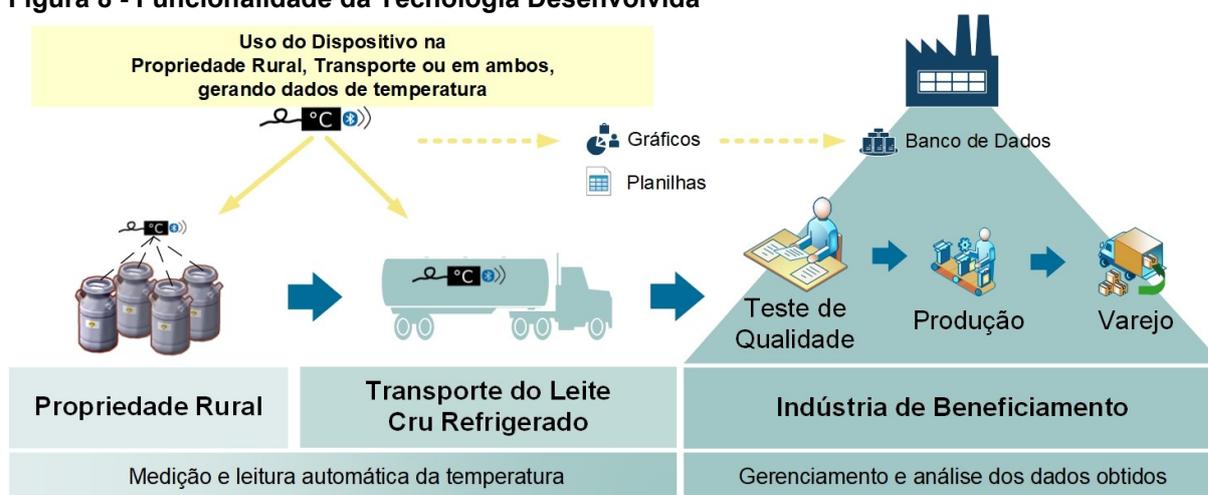
### 4.1 PRODUTO TECNOLÓGICO DESENVOLVIDO

Este estudo observou a oportunidade de desenvolvimento tecnológico de um dispositivo portátil que permite o sensoriamento e monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado, armazenando os dados coletados de temperatura de forma automática. Por se tratar de um dispositivo portátil, ele também pode ser utilizado para mensurar a temperatura durante a coleta e o armazenamento do leite cru na propriedade rural.

A tecnologia desenvolvida foi denominada como um Dispositivo Portátil para Medição, Leitura e Gerenciamento da Temperatura de Líquidos Durante o Transporte (depósito de patente: BR102019021479) que permite monitorar a temperatura do leite, e conseqüentemente, gerenciar facilmente a qualidade do produto, de forma a impedir o seu descarte e desperdício ao chegar na indústria de beneficiamento, por não apresentar os parâmetros ideais de qualidade, que foram perdidos por alterações de temperatura.

A Figura 8 apresenta as funcionalidades alcançadas com o uso do dispositivo desenvolvido, na propriedade rural, durante o transporte e também na indústria de beneficiamento.

**Figura 8 - Funcionalidade da Tecnologia Desenvolvida**



Fonte: Autoria Própria

O dispositivo permite medir, ler e monitor a temperatura do leite cru durante a coleta e o transporte, através de dados e gráficos gerados, que apontam as

temperaturas registradas, em intervalos de tempos definidos previamente, permitindo observar a hora de ocorrência. Dessa forma, auxiliando na busca por possíveis fatores que a ocasionaram, como demora na coleta, no transporte, temperatura ambiente elevada, e problemas no isolamento térmico do tanque, por exemplo.

Esses dados são registrados em uma memória, ponto vantajoso por permitir salvar todas as temperaturas geradas durante todo o transporte, descartando falhas na leitura dos dados que, se ocultos, podem comprometer a qualidade do líquido transportado. Essas informações podem ser obtidas em uma plataforma digital e acessadas de qualquer equipamento liberado, e com disponibilidade de acesso ao *Bluetooth*.

Nesta plataforma, os dados coletados são tratados, apresentando todas as temperaturas registradas durante o transporte de forma gráfica, bem como as temperaturas máxima, mínima, média e o tempo de cada registro. Essas informações facilitam a gestão e a tomada de decisão referente ao progresso do produto no processo produtivo.

Os registros não necessitam de sinal de rede sem fio para serem coletados, armazenados, e acessados, uma vez que tudo ocorre no microcontrolador, sendo que o acesso às informações se dá mediante conexão de qualquer dispositivo que tenha conexão *Bluetooth*. As vantagens de não necessitar da rede sem fio, permite captação de todos os dados durante todo o trajeto do veículo, pois caso contrário, em locais sem acesso à rede, os dados não poderiam ser coletados.

Além disso, a tecnologia não precisa ser fixada à carroceria ou ao tanque do veículo, pois não necessita de energia para o seu funcionamento. Dessa forma, o dispositivo se torna portátil, pois sua fonte de energia pode ser uma bateria ou qualquer outra fonte de 12 *volts*, e passível de alocação em locais desejados e de realocação em outros veículos. Tornando-se um produto de instalação fácil e de baixo custo, pois não necessita de modificações no tanque do veículo.

Também, o dispositivo possui a possibilidade do sensor ser desconectado e conectado quando preciso, para facilitar a higienização, uma vez que o sensor é feito de materiais resistentes que permite o uso de produtos de limpeza, sem comprometimento da funcionalidade do sensor.

Ainda, o uso do dispositivo permite à indústria de transportes do leite cru e à indústria de beneficiamento, agir de forma preventiva contra aos possíveis danos de

qualidade à carga devido oscilações de temperatura, uma vez que a tecnologia desenvolvida permite a geração de dados importantes sobre a temperatura e o horário da ocorrência, permitindo a construção de um banco de dados, onde a análise dos mesmo podem gerar conhecimento de informações e investigação de possíveis problemas relacionados à coleta e ao transporte, buscando atender ao regulamento técnico de leite cru refrigerado (IN 76/2018).

## 4.2 DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS EM CAMPO

O diagnóstico apresentado envolve o resultado alcançado pela realização da pesquisa de mercado proposta (subseção 2.3, p. 34). Para melhor interpretação dos resultados, foi dividido em uma análise quantitativa e qualitativa do diagnóstico obtido.

### 4.2.1 Análise Quantitativa do Diagnóstico em Campo

Os dados coletados mediante a pesquisa de mercado realizada, permitiu apontar a média de litros de leite transportada e descartada, diariamente e anualmente em 2019, entre as empresas estudadas. Onde a causa do descarte do leite está relacionada a problemas de qualidade do produto, principalmente em decorrência da oscilação de temperatura.

**Tabela 4 - Dados Coletados pela Pesquisa de Mercado**

<b>Empresa</b>	<b>Quantidade de leite transportada em 2019 (Litros de leite)</b>	<b>Quantidade total de leite descartado em 2019 (Litros de leite)</b>
A	200.000	Dados não disponibilizados
B	140.000	40.000
C	4.000.000	80.000
D	1.350.000	45.000
E	216.000	Dados não disponibilizados
F	Dados não disponibilizados	Dados não disponibilizados
Total Anual	2.126.160.000 litros/ano	165.000 litros/ano
Média Anual por Empresa	400.776.480 litros/ano*	55.000 litros/ano**
Total Diário	5.906.000 litros/dia	458,33 litros/dia
Média Diária por Empresa	1.181.200 litros/dia*	152,77 litros/dia**

\* Média calculada entre as cinco empresas respondentes

\*\* Média calculada entre as três empresas respondentes

**Fonte: Autoria Própria**

Conforme a Tabela 4, a quantidade de leite cru transportada diariamente pelas empresas participantes da pesquisa, é de aproximadamente 6 milhões de litros. Ainda, conforme a tabela, é possível estimar que em 2019 houve o transporte de aproximadamente 2,1 bilhões de litros de leite entre as empresas estudadas.

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2019 foi produzido em torno de 25 bilhões de litros de leite no Brasil (IBGE, 2019), sendo assim, a amostra de dados coletados e apresentados na Tabela 4, representa aproximadamente 8,8% da quantidade de leite produzido no Brasil.

Ainda, os dados coletados por esta pesquisa apontam uma amostra de 11,58% do leite produzidos na região Sul e Sudeste do Brasil, uma vez que essas regiões produziram em 2019, aproximadamente 19 bilhões de litros de leite (IBGE, 2019).

Ainda, de acordo com a Tabela 4, sabe-se que a quantidade total de leite produzido e descartado em 2019 entre as empresas, e tendo como base uma capacidade de 10.000 litros como carga total a ser transportada por um caminhão-tanque, pode-se estimar as quantidades de transportes realizados naquele ano entre as empresas, apontados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Quantidade Total de Transportes Realizados por Cenário**

<b>Cenário</b>	<b>Quantidade de leite por cenário em 2019</b>	<b>Total de transportes realizados</b>
Leite Transportado	2.126.160.000 litros	212.616
Leite Descartado	165.000 litros	16

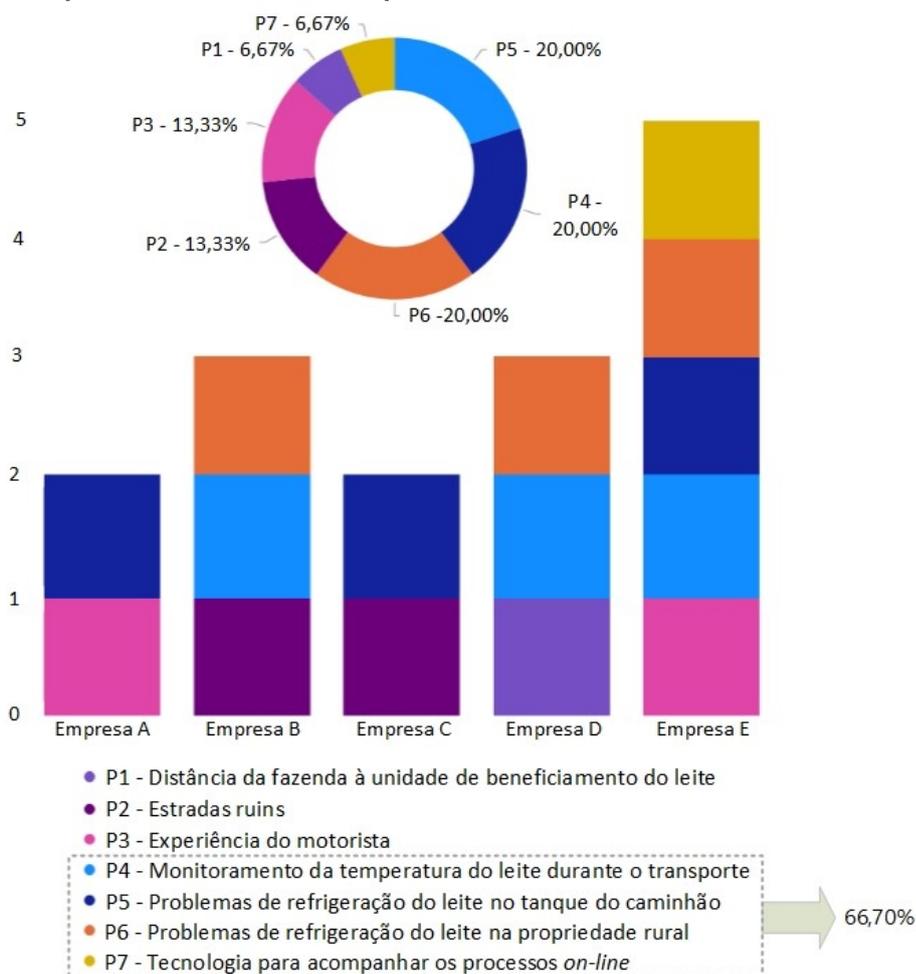
**Fonte: Autoria Própria**

Observa-se na Tabela 5 que houve uma estimativa de 212.616 transportes que não realizaram o descarte do leite cru, enquanto que 16 transportes resultaram no descarte total da carga naquele ano.

Ainda, as empresas apontaram que realizam o descarte em locais (próprios, terceirizados ou enviados para compostagem) credenciados por órgãos fiscalizadores, conforme a Instrução Normativa Nº 62, de 29 de dezembro de 2011 (JUSBRASIL, 2011).

Também foi diagnosticado os principais problemas enfrentados pelas transportadoras na região sul e sudeste do Brasil durante o transporte do leite cru. Esses dados são apresentados no Gráfico 2.

**Gráfico 2 - Principais Problemas no Transporte do Leite Cru**



**Fonte: Autoria Própria**

Observa-se que os maiores problemas (66,70%) estão relacionados à temperatura do leite cru, envolvendo a dificuldade no monitoramento da temperatura durante o transporte, acompanhamento deste processo de forma *online*, e problemas relacionados à refrigeração no tanque do caminhão e no armazenamento do leite na propriedade rural.

Além disso, a análise dos resultados por empresa, permitiu observar que essas dificuldades também podem estar relacionadas aos diferentes níveis tecnológicos que as empresas apresentam, bem como a quantidade de leite que cada empresa transportada por dia.

Realizando os resultados encontrada no Gráfico 2 juntamente com a Tabela 4 (p. 64), as empresas C e D, são as que transportaram as maiores quantidades de leite em 2019, apresentaram problemas com a refrigeração do leite cru e com o monitoramento da temperatura durante o transporte. Enquanto que as empresas A e B, as que transportaram menores quantidades de leite no mesmo ano, apresentaram

dificuldades diversas em problemas relacionadas à falta de experiência com o motorista, distanciamento, estradas ruins, problemas de refrigeração e também, com o monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte.

Contudo, é possível concluir que independentemente da quantidade de leite cru transportada diariamente, as empresas apresentam a necessidade de realizar um melhor monitoramento da temperatura visando a qualidade do produto, uma vez que a IN 76/2018 (BRASIL, 2020) regulamenta a necessidade de grandes cuidados na refrigeração do leite cru quando armazenado e quando transportado.

#### 4.2.2 Análise Qualitativa do Diagnóstico em Campo

A busca em campo por problemas que ocorrem durante o transporte do leite cru refrigerado, alcançou novos questionamentos complementares aos apresentados na literatura, como experiência do motorista, estradas ruins para passagem do caminhão, bem como a distância entre as propriedades rurais e as unidades de beneficiamento do leite, são problemas enfrentados pelas transportadoras.

Porém o diagnóstico revelou maiores preocupações frente ao monitoramento da temperatura do leite cru como um dos principais problemas enfrentados pelas transportadoras (66,70% das empresas relataram algum tipo de problema relacionado à temperatura), nos quais, as principais causas envolvem problemas na refrigeração no tanque de resfriamento da propriedade rural e/ou no tanque do caminhão, resultando em variação de temperatura durante o transporte.

Também, foi diagnosticado problemas relacionados à diferença de temperatura coletada no tanque da propriedade rural pelo motorista e a registrada pelo proprietário, gerando conflitos de dados.

Ainda, 33,30% dos problemas apontados pelas empresas, estão relacionados ao transporte do leite cru, sendo eles: a distância da unidade de beneficiamento do leite à propriedade rural, estradas ruins de acesso às propriedades rurais e a experiência do motorista mediante a realização da coleta, fatores considerados importantes e dispendiosos para a empresa, uma vez que eleva a temperatura do leite devido ao aumento do tempo do transporte e danifica o caminhão, aumentando os custos de manutenção.

O diagnóstico indicou que ao transportar o leite cru refrigerado, há dificuldades em monitorar a temperatura do leite quando coletado na propriedade rural, pois, inicialmente o problema está nas diferenças entre as temperaturas administradas pelo produtor e à mensurada pelo motorista da transportadora, pois as aferições são realizadas de forma manual, com o uso de um termômetro, sendo suscetível à erros de leitura, devido à falha humana ou de calibração do equipamento, contribuindo para o agravamento do controle de qualidade do produto.

Outro ponto importante a ser levado em consideração é a falta de monitoramento da temperatura durante o transporte, medida necessária para manter a qualidade do produto, uma vez que a agitação do líquido, combinado à possíveis falhas de isolamento térmico do tanque, podem elevar rapidamente a temperatura do leite.

Nessa perspectiva, foi observado a real necessidade de realizar a automatização da coleta de dados da temperatura do leite cru durante a coleta na propriedade rural e o transporte até a indústria de beneficiamento, para que não haja divergências nos registros realizados.

#### 4.3 POTENCIAIS AJUSTES NA PROPOSTA TECNOLÓGICA

O contato com as empresas revelou a necessidade de três novos ajustes à tecnologia a partir do *brainstorming* alcançado, sendo eles:

- I. Acompanhamento *on-line* da temperatura do leite durante o transporte;
- II. Associação a testes automáticos de qualidade do leite;
- III. Medição do volume do leite dentro do tanque.

Primeiramente, sabe-se que a principal funcionalidade do produto proposto é o monitoramento da temperatura do leite durante o transporte, e que esse monitoramento é acessado via *Bluetooth*, conforme os dados são coletados. Optou-se por este meio para coletar os dados mensurados pois, nas estradas brasileiras, o sinal de *internet* móvel é precário em algumas regiões, principalmente em áreas rurais (onde se localizam a maioria das propriedades rurais) podendo comprometer a qualidade da coleta dos dados mensurados quando não houver sinal.

Porém, no futuro pode ser associado a funcionalidade de enviar um conjunto de dados mensurados conforme o dispositivo encontre uma rede de *internet*, possibilitando a transmissão dos dados.

Incrementar na tecnologia proposta a realização de testes de qualidade e medição de volume de forma automática, não se torna uma opção viável no momento, uma vez que diverge da principal funcionalidade do produto proposto. Além disso, envolve custo, tempo e estudo, entre outros fatores que precisam ser analisados com cautela para ocorrer o incremento tecnológico de forma segura e eficiente.

Porém são módulos importantes que agregam valor ao dispositivo, envolvendo novos pontos a serem considerados em futuros desenvolvimentos tecnológicos, buscando melhorias no setor de transporte do leite cru refrigerado.

#### 4.4 AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS GANHOS NA ECOEFICIÊNCIA

Para quantificar os potenciais ganhos de ecoeficiência, foi calculado o desempenho econômico (subseção 2.5.1, p. 38) e o desempenho ambiental (subseção 2.5.2.5, p. 44).

##### 4.4.1 Desempenho Econômico

Para cálculo do desempenho econômico, foi utilizado primeiramente um indicador de custos, apresentado na Equação 3 (p. 38). Assim, o desempenho econômico para os cenários estudados, foi baseado na Equação 5 (p. 39), onde o custo final com o transporte foi calculado com base na multiplicação do custo médio por quilômetro, cobrado pelas empresas estudada.

O custo médio cobrado por quilômetro entre as empresas foi de R\$4,50, e a média da quilometragem total percorrida por um transporte de leite cru, foi de 260 km para o Cenário 1, enquanto que para o Cenário 2, a quilometragem aumentou 0.014%, devido ao percentual de leite descartado, resultando em 260,04 km.

Sendo assim, conforme a Equação 3 (p. 38), o custo para um transporte de leite cru por cenário é apresentado na Tabela 9.

**Tabela 6 - Custos por Cenário**

Cenário	Valor médio cobrado por km [R\$/Km]	Distância percorrida por um transporte [km]	Custo por transporte [R\$]
Cenário 1	4,50	260	1.170
Cenário 2	4,50	260,04	1.170,18

Fonte: **Autoria Própria**

Assim, o desempenho econômico obtido nos cenários propostos, para o total de transportes realizados em 2019 entre as empresas estudadas (ver Tabela 5, p. 65), é apresentado na Tabela 10.

**Tabela 7 - Desempenho Econômico por Cenário**

Cenário	Custo por transporte [R\$]	Total de transportes	Desempenho econômico [R\$]	Variação percentual
Cenário 1	1.170	212.616	248.760.720	0,023%
Cenário 2	1.170,18	212.632	248.817.713,80	

Fonte: **Autoria Própria**

Observa-se a partir da Tabela 10, que o Cenário 1 apresentou um melhor desempenho econômico, com uma economia de R\$ 56.993,76 por ano, enquanto que o Cenário 2 também apresentou o pior desempenho para a perspectiva econômica, com os maiores custos para os transportes realizado em 2019, uma vez que o cenário 2 foi adicionado o percentual de 0,014, pois, é preciso suprir a falta a quantidade perdida para realizar a entrega necessária, conforme o objetivo da ACV realizada.

#### 4.4.2 Resultados para Alcance do Desempenho Ambiental

##### 4.4.2.1 Avaliação do Ciclo de Vida

Com base dos resultados encontrados na Tabela 4 (p. 64) e com proposto no objetivo do estudo da ACV (subseção 2.5.2.1, p. 39), foram estabelecidos dois cenários para realizar a ACV comparativa e conseqüentemente o desempenho ambiental.

No cenário 1, definido na página 38, foi transportado 10.000 litros de leite por caminhão, enquanto para o cenário 2, houve o transporte de 10.001,36 litros de leites, conforme o fluxo de referência adotado (ver página 38).

#### 4.4.2.1.1 Correção do kg de leite baseado na quantidade de gordura e proteína

Os dados de entrada da quantidade de leite cru produzido no *software* para realizar modelagem da ACV, devem ser convertido de litros para quilograma, seguindo a unidade funcional pré-determinada de 1 kg de leite cru refrigerado (2.5.2.1, p. 39).

Contudo, para transformar as unidades de litros para quilogramas, sabe-se que a densidade média do leite é 1,032kg/L (Inventários de Ciclo de Vida de leite bovino e biogás proveniente de dejetos de bovinocultura de leite código 440165/2019-9 da Chamada 40/2019 do CNPq). Assim, 1kg de leite cru, é igual a 0,968 litros de leite cru.

Porém, será necessário realizar a correção do kg de leite baseado na sua quantidade de gordura e proteína (*Fat and Protein Corrected Milk - FPCM*), conforme a 8.

$$1kg \text{ FPCM} = 1kg_{\text{leite}} \times (0.1226 \times \%_{\text{gordura}} + 0.0776 \times \%_{\text{proteína}} + 0.2534) \quad (8)$$

Onde, a  $\%_{\text{gordura}}$  e  $\%_{\text{proteína}}$  será baseada na IN 76/2018, considerando 3% de gordura a cada 100g de leite e 2,9g de proteína a cada 100g de leite. Esses valores foram utilizados no *dataset* do ICV e podem variar conforme a região estudada (Inventários de Ciclo de Vida de leite bovino e biogás proveniente de dejetos de bovinocultura de leite código 440165/2019-9 da Chamada 40/2019 do CNPq).

Assim, a correção do quilograma de leite baseado na quantidade de gordura e proteína, é apresentado da Tabela 6.

**Tabela 8 - Correção do Quilograma de Leite para os Dados Coletados**

Cenário	Litros de Leite Transportado	FPCM (kg)
Cenário 1	10.000	2679,01
Cenário 2	10.001,37	2679,38

Fonte: Autoria Própria

A diferença entre os dois cenários, resultou na quantidade de leite descartado por transporte, sendo assim, houve aproximadamente 0,37 kg de leite descartados, por transporte, em 2019. Com os dados na unidade em quilogramas, foi possível quantificar a avaliação ambiental proposta por este estudo, apresentada na subseção a seguir.

#### 4.4.2.1.2 Interpretação

Nesta seção foram avaliados os impactos potenciais associados ao ciclo de vida da produção do leite cru para a realização de um transporte, para as categorias de impactos de Potencial de Aquecimento Global, Potencial de Acidificação, Potencial de Eutrofização, Uso da Terra e Potencial de Depleção Abiótica. Para o método de AICV, foi utilizado o método CML 2001.

Assim, os potenciais impactos ambientais foram quantificados pela ACV e são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 9 - Potenciais Impactos Ambientais por Categoria de Impacto e Cenário**

<b>Categoria de impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>Cenário 1 (2679,01 FPCM – Kg)</b>	<b>Cenário 2 (2679,38 FPCM – Kg)</b>	<b>Variação Percentual</b>
Potencial de Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq.	5,070E+03	5,072E+03	0,03%
Potencial de Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq.	3,757E+01	3,758E+01	0,01%
Potencial de Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	1,616E+01	1,616E+01	0,01%
Uso da Terra	m <sup>2</sup> a	2,206E+03	2,207E+03	0,03%
Potencial de Depleção Abiótica	kg Sb eq.	1,734E+01	1,735E+01	0,04%
<b>Resultados por kg para FPCM de leite</b>				
Potencial de Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq.	1,89E+00	1,89E+00	0,03%
Potencial de Acidificação	kg SO <sub>2</sub> eq.	1,40E-02	1,40E-02	0,01%
Potencial de Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	6,03E-03	6,03E-03	0,01%
Uso da Terra	m <sup>2</sup> a	8,23E-01	8,24E-01	0,03%
Potencial de Depleção Abiótica	kg Sb eq.	6,47E-03	6,48E-03	0,04%

**Fonte: Autoria Própria**

Observa-se que nas cinco categorias de impactos estudadas, o Cenário 2 apresentou maiores potenciais impactos ambientais, mesmo que apresentando baixa variação percentual, pois reflete o percentual de leite cru descartado.

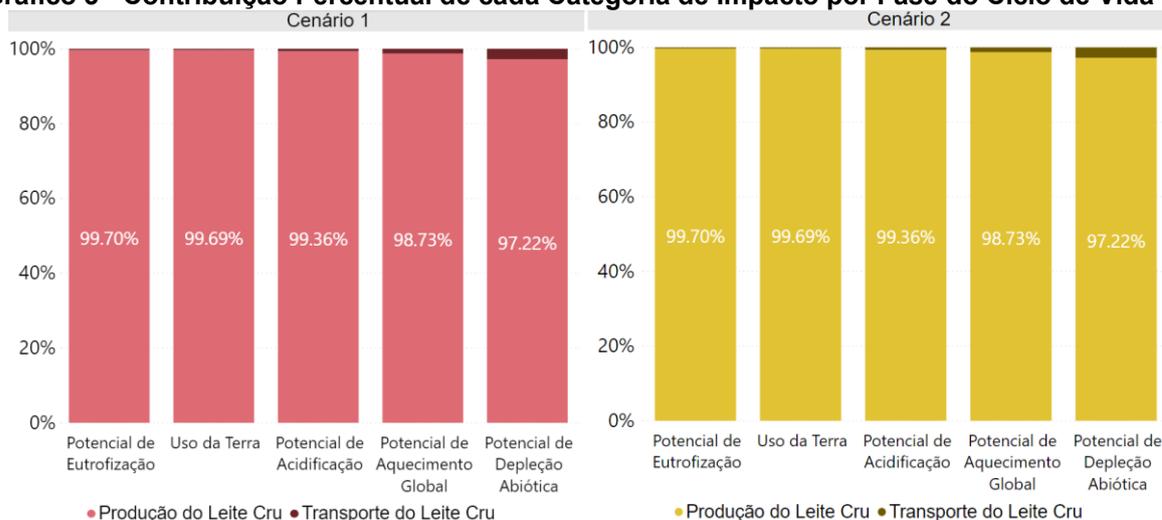
A literatura aponta alguns estudos semelhantes ao realizado, porém é preciso ter cautela ao realizar a comparação dos resultados, uma vez que as fronteiras do estudo e as unidades funcionais adotadas são diferentes das adotadas por este estudo. Os resultados encontrados na literatura são apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10 – Resultados da ACV de Estudos Encontrados na Literatura**

<b>Autores</b>	<b>Limites do sistema</b>	<b>Unidade funcional</b>	<b>Categoria</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidade</b>
Bacenetti et al. (2016)	Berço ao portão da fazenda	1 kg de leite corrigido para FPCM	Potencial de Aquecimento Global	1,12E+00	kg CO <sub>2</sub> eq.
			Potencial de Acidificação	15,5E+00	g SO <sub>2</sub> eq.
			Potencial de Eutrofização	5,62E+00	g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.
Finnegan et al. (2017)	Berço ao portão da indústria	1 kg de leite corrigido para FPCM	Potencial de Aquecimento Global	1,46E+00	kg CO <sub>2</sub> eq.
Woldegebriel et al. (2017)	Berço ao portão da fazenda	1 kg de leite produzido	Uso da Terra	9,79E+00	m <sup>2</sup> a
			Potencial de Aquecimento Global	4,74E+00	kg CO <sub>2</sub> eq.

**Fonte: Autoria Própria**

Diante dos resultados já obtidos pelo estudo de ACV realizado, ainda é possível analisar percentualmente, a contribuição das fases que envolvem o recebimento do leite cru na indústria de beneficiamento do leite, neste estudo, são duas: a produção do leite cru e o transporte do leite cru, e suas contribuições por categoria de impacto são apresentadas no Gráfico 3, onde é possível observar que a variação percentual entre os cenários é quase imperceptível, pois é reflexo do baixo percentual de leite descartado pelas empresas estudadas, de 0,014%.

**Gráfico 3 - Contribuição Percentual de cada Categoria de Impacto por Fase do Ciclo de Vida**

**Fonte: Autoria Própria**

A produção do leite cru envolve os impactos relacionados à produção da soja, silagem do milho, silagem de azevém, produção do feno, uso de fertilizantes e inseticida e suas emissões de gases, uso de água para dessedentação e limpeza, eletricidade, produção de diesel, uso de suplementos e emissão de gases. Ainda, impactos relacionados ao abate de animais, dejetos e manejo dos dejetos (Inventários de Ciclo de Vida de leite bovino e biogás proveniente de dejetos de bovinocultura de leite código 440165/2019-9 da Chamada 40/2019 do CNPq).

Enquanto o transporte do leite cru envolve os impactos relacionados principalmente à manutenção do caminhão, produção do diesel, produção do caminhão, emissões durante o uso do caminhão (*Ecoinvent 3.7, cut-off, unit*).

Os resultados alcançados estão de acordo com os resultados de Meneses et al. (2012), Eide (2002) e Hospido et al. (2003), que apresentam a fase agrícola da produção de leite como a principal fase contribuinte para os potenciais impactos ambientais. Ainda, Meneses et al. (2012) apontam que outros aspectos ambientais envolvem a formulação da ração animal nas fazendas e as emissões das caldeiras nas laticínios são possíveis ações de melhoria para potencial redução dos impactos ambientais gerados.

Porém, para alcançar uma melhor análise dos impactos quantificados entre as diferentes categorias apresentadas, foi realizado o cálculo de normalização, mediante aplicação da Equação 5 (p. 39) e os fatores de normalização utilizados (ver Tabela 3, p. 43). Os resultados normalizados por categoria de impacto são apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11 - Normalização dos potenciais impactos ambientais por pessoa**

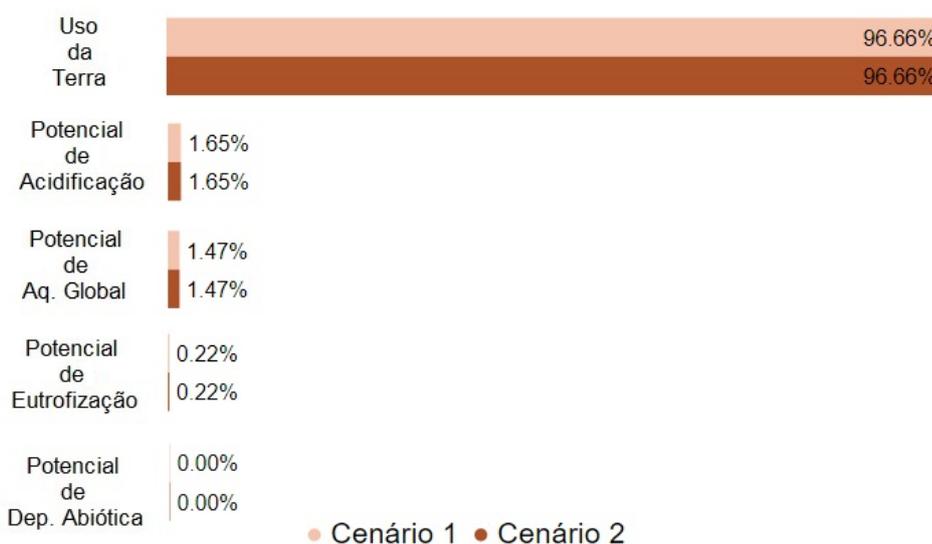
<b>Categoria de impacto</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Varição Percentual</b>
Potencial de Aquecimento Global	0,6036	0,6038	0,028%
Potencial de Acidificação	0,6769	0,6771	0,028%
Potencial de Eutrofização	0,0913	0,0913	0,027%
Uso da Terra	39,7467	39,7577	0,028%
Potencial de Depleção Abiótica	0,0003	0,0003	0,028%

**Fonte: Autoria Própria**

A normalização realizada apresenta o impacto total por pessoa do sistema em estudo (SALA et al., 2017), buscando avaliar de forma direta a relevância entre os impactos associados ao ciclo de vida da produção do leite cru para a realização de um transporte do leite cru.

Ainda, com base nos resultados da normalização, é possível apontar que a categoria de impacto referente ao uso da terra, apresentou maior relevância nos potenciais impactos ambientais para os estágios do ciclo de vida do processo em estudo, seguido pelo potencial de acidificação, potencial de aquecimento global, potencial de eutrofização e por fim, potencial de depleção abiótica.

Sendo assim, conforme o Gráfico 4, é possível observar a contribuição total das variações percentuais de cada categoria estudada.

**Gráfico 4 - Contribuição Percentual Total das Categorias de Impacto Estudadas**

**Fonte: Autoria Própria**

O uso da terra apresentou maior contribuição aos potenciais impactos ambientais, pois a categoria refere-se principalmente ao espaço utilizado da terra para plantio de produtos utilizados em ração, uso de fertilizantes e inseticidas, e também para pastagem do gado no sistema semiconfinado, e conseqüentemente, todos os potenciais impactos ambientais que envolvem essas atividades.

Assim como os potenciais impactos para a categoria de acidificação, que envolve a acidez do solo e da água, devido ao enriquecimento de substâncias químicas acidificantes e emissões atmosféricas em atividades de plantio e fertilização, por exemplo.

Para os impactos associados ao potencial de aquecimento global, Finnegan et al. (2017) apontam a fermentação entérica dos animais na fazenda é o principal contribuinte, seguido pela alimentação concentrada, pelo uso de fertilizantes e pelo manejo de esterco.

#### 4.4.2.2 Desempenho ambiental

O desempenho ambiental foi calculado conforme a Equação 7 (p. 44), mediante a média dos potenciais impactos ambientais normalizados encontrados na Tabela 11 (p. 75), apontando os impactos potenciais por pessoa para a realização de um transporte, conforme o fluxo de referência adotado. O cálculo do desempenho ambiental, por cenário para um transporte, é apresentado na Tabela 12.

**Tabela 12 - Desempenho Ambiental**

Cenário	Desempenho ambiental [transporte/pessoa]	Total de transportes	Desempenho Ambiental total	Varição percentual
Cenário 1	8.22	212.616	1,74850E+06	0,035%
Cenário 2	8.23	212.632	1,74911E+06	

**Fonte: Aatoria Própria**

O resultado alcançado pelos cálculos dos desempenhos ambientais entres os cenários estudados, apontam um melhor desempenho ambiental, ou seja, menores potenciais impactos ambientais por pessoa para o Cenário 1, onde foi considerado que não houve descarte de leite cru durante o transporte.

A quantificação dos potenciais impactos ambientais por pessoa, apontou que o Cenário 2 apresentou um desempenho ambiental ligeiramente pior, cerca de

0,035%, considerando que este cenário envolve o descarte do leite cru e suas consequências, como apresentado na fase de interpretação da ACV (seção 4.4.2.1.2, p. 72).

#### 4.4.3 Ganho de Ecoeficiência

Com base nos cálculos realizados nas seções anteriores, têm-se os valores do desempenho ambiental e do desempenho econômico de cada cenário estudado, para o total de transportes realizados entre as empresas em 2019. Onde a divisão do desempenho econômico pelo desempenho ambiental, conforme a Equação 1 (p. 37), resulta na ecoeficiência geral de cada cenário, como observado a na Tabela 13.

**Tabela 13 - Ecoeficiência Geral do Estudo**

Cenário	Desempenho Ambiental por pessoa	Desempenho Econômico [R\$]	Ecoeficiência [R\$/pessoa]	Varição Percentual
Cenário 1	1,74850E+06	248.760.720	1,4227E+02	0.0123%
Cenário 2	1,74911E+06	248.817.713,80	1,4225E+02	

**Fonte: Autoria Própria**

Observa-se na Tabela 13, que o Cenário 1 apresenta os menores resultados para o desempenho ambiental e econômico, sendo assim, é o cenário que apresenta a melhor ecoeficiência, com um valor de 1.4227E+02, enquanto que o cenário apresenta um valor maior, de 1.4225E+02.

A diferença percentual entre os resultados de ecoeficiência dos dois cenários, é considerado o ganho de ecoeficiência (Equação 2, p. 38), mediante a redução dos potenciais impactos ambientais e dos custos com o transporte do leite cru, que podem ser evitados mediante o uso da tecnologia proposta.

Neste estudo, é possível projetar a eficiência do Cenário 1, como o que utilizou a tecnologia proposta, permitindo realizar o controle da temperatura do leite cru, evitando assim, o descarte do leite devido aos problemas de qualidade, propostos no cenário 2.

Assim, com o uso do dispositivo proposto por este estudo, pode haver um ganho anual da ecoeficiência de até 0.0123%, ou seja, uma redução de aproximadamente 0.0123% nos custos com transporte e nos potenciais impactos ambientais emitidos por pessoa durante o processo de produção e transporte do

leite cru da unidade produtora até a unidade de beneficiamento, auxiliando assim, no desenvolvimento sustentável do setor mediante redução dos impactos ambientais e de consumo de recursos naturais.

É importante ressaltar que os dados coletados entre as empresas estudadas, possuem grande variação nos valores encontrados, ou seja, empresas que transportam menores quantidades, em litros de leite, realizaram maiores descartes de leite no ano de 2019. Enquanto as empresas que transportam maiores quantidades de leite, apresentam menores perdas. Esse fator influencia o resultado ecoeficiência, uma vez que os dados foram calculados com base na média anual entre todas as empresas estudadas, resultando em baixa variação para ambos os desempenhos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu alcançar o objetivo geral deste estudo, de propor uma solução tecnológica para melhoria da ecoeficiência no monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado durante o transporte foi atingido, juntamente com os objetivos específicos propostos pelo estudo.

O primeiro objetivo específico buscou identificar pontos críticos econômicos, ambientais e tecnológicos associados ao monitoramento da temperatura no transporte do leite. A literatura apontou diversos pontos críticos envolvendo o transporte do leite cru refrigerado, dentre eles está o distanciamento da propriedade rural aos centros de distribuição do produto, e a qualidade do leite frente ao monitoramento da temperatura durante a coleta, resfriamento e transporte do produto.

Quanto aos pontos ambientais, destacou-se a necessidade de reduzir desperdícios e os potenciais impactos ambientais que variam entre as diferentes propriedades rurais, como a área utilizada para pastagem, tamanho do rebanho, quantidade de insumos, raça, alimentação, tipo de manejo e como a ordenha é realizada. Por fim, quanto às questões tecnológicas, observou-se o desenvolvimento tecnológico para alcançar a redução de custos, uso de recursos e de possíveis desperdícios de leite devido aos problemas de qualidade.

Assim, o desenvolvimento de uma solução tecnológica para atender as necessidades econômicas e ambientais associadas ao monitoramento da temperatura no transporte do leite cru refrigerado, foi alcançado pelo segundo objetivo específico. Denominado como um Dispositivo Portátil para Medição, Leitura e Gerenciamento da Temperatura de Líquidos Durante o Transporte (depósito de patente: BR102019021479), a tecnologia é dispositivo portátil que permite o sensoriamento e monitoramento da temperatura do leite cru refrigerado, armazenando os dados coletados de temperatura de forma automática, permitindo o gerenciamento da temperatura, de forma a impedir o seu descarte e desperdício.

A tecnologia desenvolvida foi validada no setor de transporte do leite, atingindo ao terceiro objetivo específico deste estudo. O diagnóstico realizado diretamente com as transportadoras, revelou que o monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte, é um dos principais problemas enfrentados.

Ainda, no terceiro objetivo específico, cerca de 66,70% das empresas relataram algum tipo de problema relacionado à temperatura, onde as principais causas envolvem problemas na refrigeração no tanque de resfriamento da propriedade rural e/ou no tanque do caminhão, resultando em variação de temperatura durante o transporte, bem como o distanciamento entre a propriedade rural e a indústria de beneficiamento do leite, que em longas distâncias, aumentam o tempo de viagem, tendendo a ter aumento da temperatura do leite cru, extrapolando a máxima permitida pela IN 76/2018, no qual a temperatura do leite durante o seu transporte até o estabelecimento industrial, onde ocorrerá o recebimento do leite, deve ser até de 7,0°C (sete graus Celsius).

Quanto ao quarto objetivo específico, ele foi atingido mediante o contato com as empresas, que revelou a necessidade novos ajustes à tecnologia, como incremento tecnológico para realizar o acompanhamento *on-line* da temperatura do leite durante o transporte, associação à testes automáticos de qualidade e medição automática do volume de leite no tanque do caminhão. Quanto à primeira sugestão de ajuste, a tecnologia proposta por este estudo utiliza o monitoramento e acesso aos dados via *Bluetooth*, pois nas estradas brasileiras o sinal de *internet* móvel é precário, principalmente em áreas rurais, podendo comprometer a qualidade da coleta dos dados. Porém, no futuro pode ser associado a funcionalidade de enviar um conjunto de dados conforme o dispositivo encontra uma rede de *internet*. Os outros dois ajustes são apontados como sugestões para estudos futuros.

Por fim, o quinto objetivo específico foi alcançado mediante a avaliação dos potenciais ganhos na ecoeficiência associados ao monitoramento da temperatura no transporte do leite cru da propriedade rural à indústria de beneficiamento do leite cru. A metodologia apresentada considerou o fator econômico, fator ambiental e a normalização dos potenciais impactos ambientais envolvidos no setor de transporte do leite, apontando um ganho de 0,0123% na ecoeficiência, mediante a redução dos potenciais impactos ambientais por pessoa em até 0,035% e da redução dos custos com o transporte do leite cru de até R\$ 56.993,76 por ano, que como proposto por este estudo, podem ser evitados com o uso da tecnologia proposta.

Assim, pode-se projetar que o uso do dispositivo proposto no transporte do leite cru, pode gerar um ganho anual da ecoeficiência em até 0,0123%, gerando assim, redução de custos e auxiliando no desenvolvimento sustentável do setor estudado, mediante a redução dos potenciais impactos ambientais e, utilizando o

mínimo possível de recursos naturais que não são renováveis. Esses fatores são possíveis de serem alcançados, sem comprometer os objetivos da produção e transporte do leite cru, mantendo a qualidade produto e o desempenho de todo o processo.

Ainda, um importante ganho alcançado mediante o uso da tecnologia proposta para o setor leiteiro, está no atendimento ao regulamento técnico de leite cru refrigerado (IN 76/2018), que visa um rígido controle e monitoramento da temperatura durante o armazenamento e transporte do leite cru.

Além disso, o uso do dispositivo permite que as empresas atuem de forma preventiva contra aos possíveis danos de qualidade à carga, uma vez que o uso da tecnologia permite a construção de um banco de dados, onde a análise do mesmo pode gerar o conhecimento de informações importantes e possíveis investigações de problemas que envolvem a coleta e o transporte do leite cru refrigerado.

Assim, o produto tecnológico proposto permite suprir uma lacuna no setor do agropecuário, pois mesmo que os resultados tenham apresentado um baixo percentual de perda de leite, dentre as empresas estudadas, ficou constatado que é preciso realizar o monitoramento da temperatura do leite cru durante o transporte, para reduzir as possíveis descartes do produto.

## 5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As empresas participantes da pesquisa de mercado realizada, estão localizadas na região sul e sudeste do Brasil. Contudo, seria interessante incluir empresas de outras regiões para obter maior representatividade.

Ainda, os dados coletados entre as empresas estudadas, possuem grande variação nos valores encontrados, ou seja, empresas que transportaram, em 2019, as menores quantidades de leite, em litros, realizaram os maiores descartes. Enquanto as empresas que transportam maiores quantidades, apresentam as menores perdas do produto. Esse fator influenciou diretamente o resultado da ecoeficiência, uma vez que os dados foram calculados com base na média anual entre todas as empresas estudadas, resultando em baixa variação nos desempenhos econômico e ambiental.

Também, seria interessante relacionar os resultados com os níveis de tecnologias que cada empresa apresenta, pois isso influencia diretamente nos custos e nos possíveis descartes.

Ainda, quanto aos valores utilizados para a correção de proteína e gordura, é preciso ressaltar que eles variam conforme a região, portanto, influenciam no resultado final.

Por fim, não foi possível comparar de forma direta os resultados da ACV com os estudos encontrados na literatura pois, a unidade funcional e os fluxos de referência adotados são diferentes do adotado por este estudo.

## 5.2 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Por meio do desenvolvimento desta dissertação, sugerem-se algumas oportunidades de novos desenvolvimentos tecnológicos para monitoramento do transporte do leite cru refrigerado.

- Realizar testes do dispositivo nos transportes do leite cru e recalcular a ecoeficiência de forma direta;
- Desenvolver uma tecnologia para a realização de testes de qualidade de forma automática, registrando os valores e emitindo relatórios;
- Incrementar na tecnologia proposta a realização da medição de volume do leite transportados de forma automática e *online* durante todo o transporte.
- Incluir na pesquisa de mercado empresas de outras regiões do país e realizar um classificação quanto ao seus respectivos níveis tecnológicos.
- Realizar um estudo de ACV aplicando os fatores de ponderação por categoria de impacto e comparar os resultados obtidos.

Essas oportunidades corroborarão no desenvolvimento tecnológico em busca de melhorias no setor do agronegócio, especificamente no setor leiteiro, permitindo a redução de desperdícios, custos e potenciais impactos ambientais durante o transporte do leite cru refrigerado.

## REFERÊNCIAS

- ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção). **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**: Áreas da Engenharia de Produção. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&s=1&c=362>>. Acesso em: 12 set. 2019.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida, princípios e estrutura. Brasil, 2009a.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 14044**: Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida, requisitos e orientações. Brasil, 2009b.
- ALVES, R.; REIS, C. S. M. dos; ANDREAZZI, M. A.; SANTOS, J. M. G. dos; MENDES, A. R. Estudo sobre a destinação do leite de descarte. Encontro Nacional de Produção Científica, Maringá. 2017.
- AMIAMA, C.; PEREIRA, J. M.; CARPENTE, L.; SALGADO, J. Spatial decision support system for the route management for milk collection from dairy farms. **Transportation Letters-Thfigureae International Journal of Transportation Research**, v. 7, n. 5, p. 279–288, 2015.
- ARSENAULT, N.; TYEDMERS, P.; FREDEEN, A. Comparing the environmental impacts of pasture-based and confinement-based dairy systems in Nova Scotia (Canada) using life cycle assessment. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 7, n. 1, p. 19-41, 2009.
- BABB, E. M. Analysis of Regional Milk Prices and Production Costs. **Journal of Dairy Science**, v. 64, n. 10, p. 2043-2047, 1981.
- BACENETTI, J.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; LOVARELLI, D.; SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A.; FIALA, M. Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental burden in the milk production system. **Science of The Total Environment**, v. 539, p. 450–459, 2016.
- BASSET-MENS, C.; LEDGARD, S.; BOYES, M. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. **Ecological Economics**, v. 68, n. 6, p. 1615–1625, 2009.

BERRE, D.; BLANCARD, S.; BOUSSEMARY, J. P.; LELEU, H.; TILLARD, E. 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. 235–244, 2014.

BRASIL. Instruções Normativas número 76. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 230. ed. Diário Oficial da União, 30 nov. 2018. Seção 1, p. 9. Disponível em: [http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076). Acesso em: 27 abr. 2020.

BRASIL. Portaria Nº1.122. **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**. 57. ed. Diário Oficial da União, 19 março 2020. Seção 1, p. 19. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1.122-de-19-de-marco-de-2020-249437397>. Acesso em: 27 abr. 2020.

BRITO, J. R. F. de; SOUZA, G. N. de; FARIA, C. G. de; MORAES, L. C. D. de; RODRIGUES, M. de C. Procedimentos para coleta e envio de amostras de leite para determinação da composição e das contagens de células somáticas e de bactérias totais. **Circular Técnica**. Embrapa Gado de Leite, 2017. 6 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201532/1/CT-109-revisada.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2020.

BUTLER, M.; HERLIHY, P.; KEENAN, P. B. Integrating information technology and operational research in the management of milk collection. **Journal of Food Engineering**, v. 70, n. 3, p. 341–349, 2005.

CAINE, R. J. H.; STONEHOUSE, D. P. Adjusting the seasonality of milk shipments in Canada: problems, economic impacts and potential policies. **Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie**, v. 31, n. 3, p. 331-350, 1983.

CARAMIA, M.; GUERRIERO, F. A milk collection problem with incompatibility constraints. **Interfaces**, v. 40, n. 2, p. 130-143, 2010.

CARVALHO, N.; CHAIM, O.; CAZARINI, E.; GEROLAMO, M. Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 671–678, 2018.

CARVALHO, G. R.; ROCHA, D. T. O leite em 2018 e perspectivas para 2019.

**Anuário do leite 2019.** 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/Anuario-LEITE-2019.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **Leite/Cepea: Fugindo da Tendência Sazonal, Preços Ficam Firmes no Fim do Ano.** 2019. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/leite-cepea-fugindo-da-tendencia-sazonal-precos-ficam-firmes-no-fim-do-ano.aspx>. Acesso em: 05 maio 2020.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **PIB do agronegócio brasileiro.** 2020a. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 29 maio 2020.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **Leite ao Produtor Cepea/Esalq (R\$/Litro) - Líquido.** 2020b Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/leite.aspx>. Acesso em: 29 abr. 2020.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Solução problemática: todas as faces da pecuária.** 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2018/10/24/solucao-problematica-todas-as-faces-da-pecuaria/>. Acesso em: 04 maio 2020.

CHOBTANG, J.; LEDGARD, S. F.; MCLAREN, S. J.; DONAGHY, D. J. Life cycle environmental impacts of high and low intensification pasture-based milk production systems: A case study of the Waikato region, New Zealand. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 664–674, 2017a.

CHOBTANG, J.; MCLAREN, S. J.; LEDGARD, S. F.; DONAGHY, D. J. Environmental trade-offs associated with intensification methods in a pasture-based dairy system using prospective attributional Life Cycle Assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 1302–1312, 2017b.

CHUTRTONG, J. Survival of Probiotic Bacteria in Freeze - Dry Yogurt Starter Cultures Storage at 4 and 30 Degree Celsius. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 191, p. 2219–2225, 2015.

CILEITE (Centro de Inteligência do Leite). **Leite em Números:** participação dos estados na produção total de leite no Brasil em 2018 (%). 2018. Disponível em: [https://www.cileite.com.br/leite\\_numeros\\_producao](https://www.cileite.com.br/leite_numeros_producao). Acesso em: 29 maio 2020.

CILIBERTI, C.; JORDAAN, S. M.; SMITH, S. V.; SPATARI, S. A life cycle perspective on land use and project economics of electricity from wind and anaerobic digestion. **Energy Policy**, v. 89, p. 52-63, 2016.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8° CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO CBGDP, Porto Alegre. Anais, 2011.

COSTA, E. M.; NETO, G. C. DE O.; LUCATO, W. C.; Avaliação da Ecoeficiência da Implantação da Produção Mais Limpa em uma Indústria Têxtil. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2014, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Seget, 2014.

DAHLMAN, S.. A washbasin for washing when seated. **Applied Ergonomics**, v. 14, n. 2, p.123-131, jun. 1983.

DE LA BRUHÈZE, A. A.; VAN OTTERLOO, A. H. The Milky way: Infrastructures and the shaping of milk chains. **History and Technology**, v. 20, n. 3, p. 249–269, 2004.

DE LAS MORENAS, J.; GARCÍA, A.; BLANCO, J. Prototype traceability system for the dairy industry. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 101, p. 34–41, 2014.

DJEKIC, I.; PETROVIC, J.; BOŽIČKOVIĆ, A.; DJORDJEVIC, V.; TOMASEVIC, I. Main environmental impacts associated with production and consumption of milk and yogurt in Serbia – Monte Carlo approach. **Science of The Total Environment**, v. 695, p. 133917, 2019.

DOLMAN, M. A.; SONNEVELD, M. P. W.; MOLLENHORST, H.; DE BOER, I. J. M. 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, 2014.

DUAN, J.; CHENG, Z.; BI, J.; XU, Y. Residue behavior of organochlorine pesticides during the production process of yogurt and cheese. **Food Chemistry**. v. 245, p. 119-124, 2018.

EASTWOOD, C. R.; JAGO, J. G.; EDWARDS, J. P.; BURKE, J. K. Getting the most

out of advanced farm management technologies: roles of technology suppliers and dairy industry organisations in supporting precision dairy farmers. **Animal Production Science**, v. 56, n. 10, p. 1752–1760, 2016.

EIDE, M.H. Life cycle assessment (LCA) of industrial milk production. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 7, n. 2, p. 115-126, 2002.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **FAO no Brasil: Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO: Brasil vai ultrapassar os Estados Unidos como o maior produtor de soja até 2026**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/992186/>>. Acesso em: 07 set. 2019.

FINNEGAN, W.; GOGGINS, J.; CLIFFORD, E.; ZHAN, X. Global warming potential associated with dairy products in the Republic of Ireland. **Journal of Cleaner Production**, v. 163, p. 262–273, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 192 p.

GUERINO, V. Análise dos custos e resultados logísticos na coleta de leite à granel da propriedade rural até a indústria: um estudo de caso. 2016.

GUIA TÉCNICO, Guia técnico ambiental da indústria de laticínios. Belo Horizonte, 68 p., FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais, 2014. Disponível em: <<http://pnla.mma.gov.br/publicacoes-diversas?download=48:guia-tecnico-ambiental-da-industria-de-laticinios&start=40>>. Acesso em 14 out. 2019.

HENNESSY, D. A. Region marginalization in agriculture, seasonality, dedicated capital, and product development with reference to North Europe dairy sector. **The Annals of Regional Science**, v. 41, n. 2, p. 467-486, 2007.

HOSPIDO, A.; MOREIRA, M. T.; FEIJOO, G. Simplified life cycle assessment of Galician milk production. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 10, p. 783-796, 2003.

HUAMIN, C.; TINGTING, C.; GUOHUA, G.; WENLI, Z. Sistema de monitoramento de temperatura de cadeia completa e método para produção, armazenamento e transporte de leite fresco e cruver. Depositante: TECNOLOGIA UNIV BEIJING. n. **CN108731828A**. Concessão: 02 nov. 2018. Disponível em:

<<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/063940576/publication/CN108731828A?q=CN108731828A>>. Acesso em: 30 abr. de 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa Trimestral do Leite: séries históricas. Séries históricas. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?edicao=27824&t=series-historicas>. Acesso em: 03 ago. 2020.

JAN, P.; REPAR, T.; NEMECEK, T.; DUX, D. Production intensity in dairy farming and its relationship with farm environmental performance: Empirical evidence from the Swiss alpine area, **Livestock Science**. v. 224, p. 10-19. 2019.

JUSBRASIL. Instruções Normativas número 62. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Diário Oficial da União, 29 dez. 2011. Seção 1, p. 6. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/33395065/dou-secao-1-30-12-2011-pg-6>. Acesso em: 19 jun. 2020.

KNAPP, J. R.; LAUR, G. L.; VADAS, P. A.; WEISS, W. P.; TRICARICO, J. M. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production. **Journal of Dairy Science**. v. 97, n. 6, p. 3231-3261, 2014.

LANES, J. de J. S. N.; FARIA, C. G. de. **Laboratório de Qualidade do Leite (LQL)**. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite/infraestrutura/laboratorios/qualidade-do-leite>. Acesso em: 26 maio 2020.

LAUER, M.; HANSEN, J. K.; LAMERS, P.; THRÄN, D. Making money from waste: The economic viability of producing biogas and biomethane in the Idaho dairy industry. **Applied Energy**, v. 222, p. 621-636, 2018.

LEDO, J.; HETTINGA, K. A.; BIJMAN, J.; LUNING, P. A. Persistent challenges in safety and hygiene control practices in emerging dairy chains: The case of Tanzania. **Food Control**, v. 105, p. 164–173, 2019.

LIAO, Y.; DESCHAMPS, F.; DE FREITAS ROCHA LOURES, E DE F. R.; RAMOS, L. F. P. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p.3609-3629, 28 mar. 2017.

LIN, L.; KAWAGUCHI, T. Study on Reducing Raw Milk Transportation Cost in

Taiwanese Dairy Industry. **Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University**, v. 43, n. 1–2, p. 269–280, 1998.

LOVETT, P. J.; INGRAM, A.; BANCROFT, C. N. Knowledge-based engineering for SMEs - a methodology. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 107, n. 1-3, p.384-389, 2000.

MAKAU, C. M.; MATOFARI, J. W.; MULIRO, P. S.; BEBE, B. O. Aflatoxin B1 and deoxynivalenol contamination of dairy feeds and presence of aflatoxin M1 contamination in milk from smallholder dairy systems in Nakuru, Kenya. **International Journal of Food Contamination**, v. 3, n. 1, 2016.

MALCOLM, G. M.; CAMARGO, G. G. T.; ISHLER, V. A.; RICHARD, T. L.; KARSTEN, H. D. Energy and greenhouse gas analysis of northeast US dairy cropping systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 199, p. 407-417, 2015.

MENESES, M.; PASQUALINO, J.; CASTELLS, F. Environmental assessment of the milk life cycle: The effect of packaging selection and the variability of milk production data. **Journal of Environmental Management**, v. 107, p. 76–83, 2012.

MISENER, G. C.; MCMILLAN, L. P. Energy consumption on a dairy farm as a function of technology and size. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n. 3, p. 532-538, 1976.

MÜLLER, K.; HOLMES, A.; DEURER, M.; CLOTHIER, B. E. Eco-efficiency as a sustainability measure for kiwifruit production in New Zealand. **Journal of Cleaner Production**, 106, 333-342, 2015.

MUMBA, C.; PANDEY, G. S.; SAMUI, K. L.; VAN DER JAGT, C.; MULIOKELA, S. W. A budgetary analysis of the relative costs of establishing a standard dairy cooperative-owned milk collection centre; a case study of the Zambian smallholder dairy sector. **Livestock Research for Rural Development**, v. 25, n. 9, 2013.

MUNCK, L.; CELLA-DE-OLIVEIRA, F. A.; BANSI, A. C. ECOEFICIÊNCIA: Uma Análise das Metodologias de Mensuração e Seus Respectivos Indicadores. Rgsa – **Revista de Gestão Social e Ambiental**: ISSN: 1981-982X, São Paulo, v. 5, n. 3, p.183-199, dez. 2011.

NICHOLSON, C. F.; GÓMEZ, M. I.; GAO, O. H. The costs of increased localization

for a multiple-product food supply chain: Dairy in the United States. **Food Policy**, v. 36, n. 2, p. 300–310, 2011.

NIRANJAN, T.; PARTHIBAN, P. Modelling and analysing an integrated multi channel food supply chain distribution of an indian dairy firm using modified TLBO algorithm. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 78, n. 1, p. 31–34, 2019. Scientific Publishers.

ONU. **17 Metas para transformar o mundo**. 2015. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>>. Acesso em: 07 set. 2019

OPENLCA. **OpenLCA**: the world's leading, high performance, open source Life Cycle Assessment software. Disponível em: <http://www.openlca.org/>. Acesso em: 27 mar. 2020.

ORTT, J. R.; LANGLEY, D. J.; PALS, N. Exploring the market for breakthrough technologies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 9, p.1788-1804, 2007

POGHOSSIAN, A.; GEISSLER, H.; SCHÖNING, M. J. Rapid methods and sensors for milk quality monitoring and spoilage detection. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 140, p. 111272, 2019.

POLESHKINA, I. O. Supply Chain Management as a Driving Force for Generating Competitive Advantage for Dairy Companies. **Economic and Social Changes-Facts Trends Forecast**, v. 47, n. 5, p. 251–271, 2016.

PPGEP (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção). **Área de concentração e Linhas de Pesquisa - Mestrado**. 2021. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/stricto-sensu/ppgep-pg/ppgmodelo>>. Acesso em: 04 jan. de 2021.

QUINLAN, C.; KEANE, M.; O'CONNOR, D.; SHALLOO, L. Milk transport costs under differing seasonality assumptions for the Irish Dairy Industry. **International Journal of Dairy Technology**, v. 65, n. 1, p. 22–31, 2012.

REBITZER, G.; KVALL, E. T.; HUNKELER, D. Z.; NORRIS, G.; RYDBERG, T. R.; SCHMIDT, W.-P.; SUH, S.; WEIDEMA, B. P.; PENNINGTON, D.W. Life cycle assessment. **Environment International**, v. 30, n. 5, p.701-720, 2004.

ROJKO, A. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**. v. 11, n. 5, p.77, 2017.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

RUANGWITTAYANUSORN, K.; PROMKET, D.; CHANTIRATIKUL, A. Monitoring the Hygiene of Raw Milk from Farms to Milk Retailers. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 11, p. 95–99, 2016.

SALA, S.; Crenna, E.; Secchi, M.; Pant, R. Global normalisation factors for the Environmental Footprint and Life Cycle Assessment. **Publications Office of the European Union**, Luxembourg, 2017.

SEGALA, C. Z. S.; SILVA, I. T. da. **Apuração dos custos na produção de leite em uma propriedade rural do município de Irani-SC**. v. 3, n. 1 - Jan/Jun - 2007. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/edicoes.html>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

SEKIZAWA, T.; MIKOSHI, T.; NAGURA, M.; WATANABE, R.; CHEN, Q. Probabilistic Position Estimation and Model Checking for Resource-Constrained IoT Devices. 2018 27TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNICATION AND NETWORKS (ICCCN). **Anais** , 2018.

SESSA, F. **PCR - Raw Milk**. 2013. Disponível em: <https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=8591>. Acesso em: 15 maio. 2020.

SETHANAN, K.; PITAKASO, R. Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 121, p. 245–259, 2016.

SHIZHENG, J.; CHUNJIU, X.; ZUOQING, Z. Dispositivo de transporte de leite em temperatura constante inteligente, conveniente para mover. Depositante: Wenzhou Yangyi Machinery Co Ltd. n. **CN109018755A**. Concessão: 18 dez. 2018. Disponível em: <<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064648049/publication/CN109018755A?q=CN109018755A%20>>. Acesso em: 30 abr. de 2020.

SILVA, G. D. J. O.; DA SILVA NEVES, S. M. A.; RAMOS, A. W. P.; DA SILVA

MIRANDA, M. R. Estado de Conservação das Áreas de Preservação Permanente de Nascentes Da Bacia Hidrográfica Do Rio Jauru/Mt-Brasil. **Revista Cerrados**, v. 18, n. 01, p. 03-22, 2020. <https://doi.org/10.22238/rc24482692202018010322>

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 6, p. 1893-1900, dez. 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2005000600039>.

STRÖBEL, U.; ROSE-MEIERHÖFER, S.; ÖZ, H.; BRUNSCH, R. Development of a control system for the teat-end vacuum in individual quarter milking systems. **Sensors (Switzerland)**, v. 13, n. 6, p. 7633–7651, 2013.

TEIXEIRA, S. R.; MENDONÇA, L. C.; DUTRA, A. de S.; MONTEIRO, R. P. **Manual de manutenção da qualidade do leite cru refrigerado armazenado em tanques coletivos para produtores, técnicos, transportadores e coletadores de amostras de leite**. Juiz de Fora: Mbrapa Agroindústria de Alimentos; Embrapa Gado de Leite., 2018. 25 p

Тимофеев, В. Н.; Чекмарев, Т. Е.; Галкина, Н. А.; Кириллов, Д.М.; Марков, А.Н. Dispositivo para regular a temperatura do leite durante o transporte, armazenamento e transporte de leite fresco e cru. n. **RU31637U1**. Concessão: 20 ago. 2003. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/RU31637U1/en?q=RU31637U1+>>. Acesso em: 30 abr. de 2020.

TORQUATI, B.; TAGLIONI, C.; CAVICCHI, A. Evaluating the CO<sub>2</sub> emission of the milk supply chain in Italy: An exploratory study. **Sustainability**, v. 7, n. 6, p. 7245-7260, 2015.

ÜÇTUĞ, F. G. The Environmental Life Cycle Assessment of Dairy Products. **Food Engineering Reviews**. v. 11, n. 2, p. 104-121, 2019.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Visualizing bibliometric networks. **Measuring scholarly impact**. Springer, Cham, p. 285-320. 2014.

VELLANI, Cassio Luiz; RIBEIRO, Maísa de Souza. Sistema contábil para gestão da ecoeficiência empresarial. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 20, n. 49, p.25-43, 2009.

WILLERS, C. D.; FERRAZ, S. P.; CARVALHO, L. S.; RODRIGUES, L. B.  
Determination of indirect water consumption and suggestions for cleaner production initiatives for the milk-producing sector in a Brazilian middle-sized dairy farming. **Journal of Cleaner Production**, v. 72, p. 146–152, 2014.

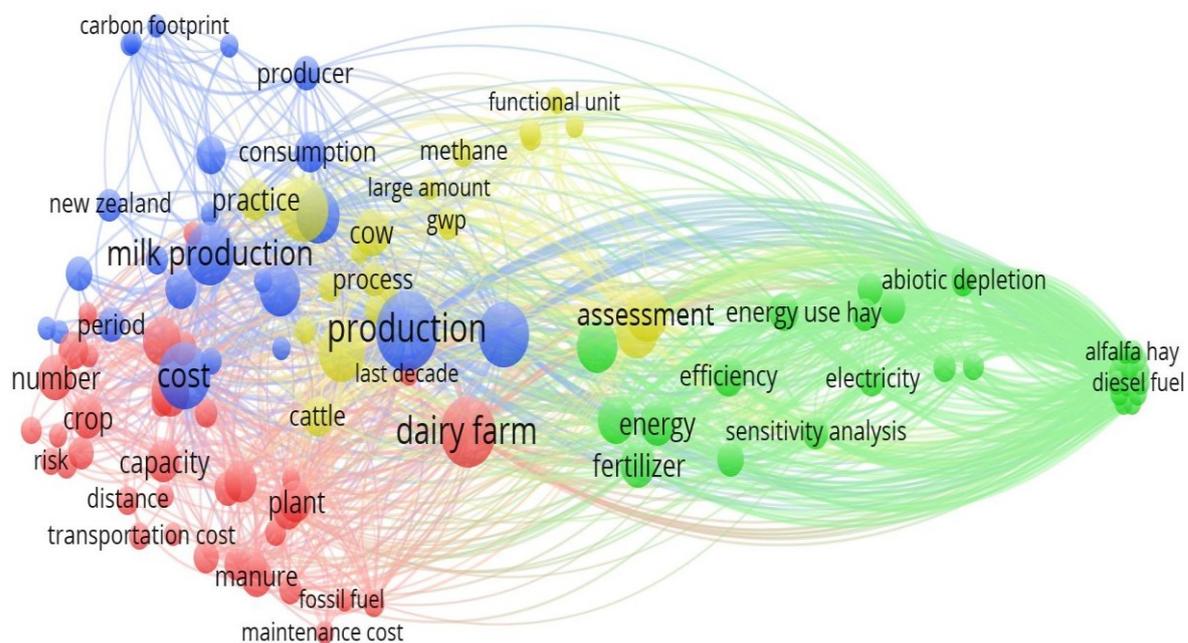
WOLDEGEBRIEL, D.; UDO, H.; VIETS, T.; VAN DER HARST, E.; POTTING, J.  
Environmental impact of milk production across an intensification gradient in Ethiopia. **Livestock Science**, v. 206, p. 28–36, 2017.

ZOCCAL, R. Leite nas grandes regiões brasileiras. Anuário do leite 2019. 2019.  
Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/Anuario-LEITE-2019.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

## **APÊNDICE A - Mapeamento de Coocorrência**



**Figura 11 - Mapeamento de Coocorrência de Palavras-chave para a Temática Econômica**



**Fonte: Autoria Própria**

**APÊNDICE B - Questionário *online***



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
Câmpus Ponta Grossa  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção



## Pesquisa de Mercado

Oportunidade de desenvolvimento tecnológico para o transporte do leite cru refrigerado

Prezado participante,

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa vinculada a um projeto mestrado na Universidade Federal de Tecnologia do Paraná em Ponta Grossa, Brasil.

Ao preencher este questionário, você participará de um projeto para levantar possíveis problemas relacionados ao transporte de leite cru. Suas respostas auxiliarão no desenvolvimento de uma solução tecnológica que atenda às necessidades aplicáveis ao transporte.

Ressalto que a sua participação será mantida em **completo sigilo**. Todas as informações obtidas através dessa pesquisa **serão confidenciais** e serão usadas somente para atender a demanda da pesquisa. A identificação da empresa e do respondente serão transformados em um código único para identificação interna da pesquisadora.

Sua contribuição é muito importante para esta pesquisa e para o desenvolvimento de novas tecnologias no setor do agronegócio.

Sendo assim, eu gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos pela sua participação.

Atenciosamente,  
Mariane Bigarelli Ferreira  
(11) 9 6864-6620

## Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Questionário para levantamento de dados para oportunidades de desenvolvimento de tecnologias para melhoria do transporte do leite cru, da propriedade rural à unidade de beneficiamento e/ou fábrica de laticínios.

I – Informações ao voluntário:

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa do projeto mestrado da aluna Mariane Bigarelli Ferreira, matriculado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Tecnologia do Paraná em Ponta Grossa, Brasil. Ao preencher este termo e este questionário, você participará de um projeto para levantar possíveis problemas relacionados ao transporte do leite cru, visando o desenvolvimento de uma solução tecnológica que atenda às necessidades associadas a este transporte.

I – Procedimentos a serem utilizados:

Será feita utilizando um questionário *online* para coleta de dados.

III – Confiabilidade do estudo:

A sua participação será mantida em completo sigilo. Todas as informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e serão usadas somente para atender a demanda da pesquisa. A identificação da empresa e do respondente serão transformados em um código único de identificação interna da pesquisadora.

Você não terá que efetuar nenhum pagamento.

Qualquer dúvida, também poderá ser esclarecida diretamente com a pesquisadora Mariane Bigarelli Ferreira no telefone/*whatsapp* (11) 9 6864-6620.

IV – Consentimento:

Ao **clicar em "Sim, eu concordo"**, você concorda em ter obtido esclarecimento da pesquisa, por meio de leitura própria ou pelo pesquisador. Você concorda com todas as informações e esclarecimento de todas as dúvidas referentes a este questionário, e ainda, concorda voluntariamente em responder o mesmo. Entendo que tenho a liberdade de aceitar ou não responder às questões da entrevista, ou ainda, me recusar a participar no momento em que eu quiser, sem qualquer prejuízo para mim ou minha família.

### Consentimento Livre e Esclarecido \*

- Sim, eu concordo
- Não, eu não concordo

Finalizar



Ministério da Educação  
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
 Câmpus Ponta Grossa  
 Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção



### Identificação do Respondente \*



Nome

Sobrenome

### Identificação do Empresa \*

Nome da empresa

### E-mail para contato do respondente

example@example.com

### 1. Sobre o transporte utilizado pela empresa: \*

	Resposta
Qual o tipo de veículo utilizado?	<input type="text"/>
Qual a capacidade média transportada pelos veículos?	<input type="text"/>
A carga transportada corresponde a quantos por cento da carga total transportada pela empresa?	<input type="text"/>

### 2. Quantos litros de leite, em média, são transportados por dia pela empresa? \*

### 3. Como é calculado o preço do frete? \*

**4. Qual a menor e a maior quilometragem percorrida em uma coleta da fazenda à unidade de beneficiamento do leite? \***

exemplo: 600km e 1100km

**5. Quais os principais problemas encontrados pela empresa/motorista ao realizar o transporte o leite cru? \***

- Atraso na ordenha
- Estradas ruins
- Vedação/Manutenção do caminhão
- Experiência do motorista
- Distância da fazenda à unidade de beneficiamento do leite
- Monitoramento da temperatura do leite na propriedade rural
- Monitoramento da temperatura do leite durante o transporte
- Problemas de refrigeração do leite na propriedade rural
- Problemas de refrigeração do leite no tanque do caminhão
- 

**6. Utilize o campo abaixo para esclarecer ainda mais o seu problema, se necessário.**

**7. A empresa transportadora já perdeu a carga de leite devido à falta de monitoramento da temperatura? \***

- Sim  Não

8. Quantos litros de leite foram descartados, em média, em 2019? \*

9. Como e onde é realizado o descarte do leite? Explique \*

10. A sua empresa têm interesse em um novo produto para realizar o controle da temperatura do leite durante o transporte? \*

- Sim  
 Não

11. Há outra funcionalidade que você gostaria de adicionar ao produto? \*

Campo destinado à observação ou comentário

Próximo



**Muito obrigada pela sua participação**

Em breve você receberá o *feedback* desta pesquisa.