

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

ALESSANDRA QUINTANA LOPES

**O PROCESSAMENTO DE LEITE ENVASADO SOB A ÓTICA DA AVALIAÇÃO DO  
CICLO DE VIDA**

DOURADOS/MS

2018

ALESSANDRA QUINTANA LOPES

**O PROCESSAMENTO DE LEITE ENVASADO SOB A ÓTICA DA AVALIAÇÃO DO  
CICLO DE VIDA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas, para obtenção do Título de Mestre em Agronegócios.

ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO FAVARINI  
RUVIARO

DOURADOS /MS

2018

ALESSANDRA QUINTANA LOPES

**O PROCESSAMENTO DE LEITE ENVASADO SOB A  
ÓTICA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro

Dr<sup>a</sup>. Carla Heloisa de Faria Domingues

Dr<sup>a</sup>. Cristiane Maria de Léis

DOURADOS /MS

2018

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

L864p Lopes, Alessandra Quintana

PROCESSAMENTO DE LEITE ENVASADO SOB ÓTICA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA [recurso eletrônico] / Alessandra Quintana Lopes. -- 2018.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: CLANDIO FAVARINI RUVIARO.

Dissertação (Mestrado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Impacto ambiental. 2. Avaliação do ciclo de vida. 3. Laticínios. I. Ruviaro, Clandio Favarini.  
II. Título.



**UFGD**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR **ALESSANDRA QUINTANA LOPES**, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "EM AGRONEGÓCIOS E DESENVOLVIMENTO".

Aos doze dias do mês de dezembro de dois mil e dezoito, às 13 horas e 30 minutos, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "Avaliação ambiental e consumo de água na produção de leite envasado" apresentada pela mestranda **ALESSANDRA QUINTANA LOPES**, do Programa de Pós-Graduação em AGRONEGÓCIOS, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. João Augusto Rossi Borges/UFGD (presidente), Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Heloisa de Faria Domingues/UFGD (membro titular) e Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Maria de Léis/USP (membro titular). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer a candidata e aos integrantes da Banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada aprovada, fazendo *jus* ao título de **MESTRE EM AGRONEGÓCIOS**. Os membros da banca abaixo assinados atestam que a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Maria de Léis, participou de forma remota desta defesa de dissertação, considerando a candidata aprovada, conforme declaração anexa. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados, 12 de dezembro de 2018.

Prof. Dr. João Augusto Rossi Borges [assinatura]  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Heloisa de Faria Domingues Carla H. de F. Domingues  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Maria de Léis Participação Remota

ATA HOMOLOGADA EM: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, PELA PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA /UFGD.

Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa  
Assinatura e Carimbo



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA



---

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM: AGRONEGÓCIOS  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: AGRONEGÓCIOS E DESENVOLVIMENTO

**DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO À DISTÂNCIA - SÍNCRONA – EM BANCA DE DEFESA DE  
MESTRADO/ UFGD**

Às 13h30min do dia 12/12/2018, participei de forma síncrona com os demais membros que assinam a ata física deste ato público, da banca de Defesa da Dissertação de Mestrado do (a) candidato (a) **Alessandra Quintana Lopes** do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios.

Considerando o trabalho avaliado, as arguições de todos os membros da banca e as respostas dadas pelo (a) candidato (a), formalizo para fins de registro, por meio deste, minha decisão de que o (a) candidato (a) pode ser considerado (a): APROVADA.

Atenciosamente,

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Maria de Léis**  
**Universidade de São Paulo**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar força nos momentos difíceis e por me dar sabedoria, entendimento e luz para caminhar.

Ao meu esposo Odair, que foi um companheiro incrível me ajudando em todos os momentos. Em meio ao curso tive uma surpresa, seria mãe, quantas emoções ao mesmo tempo, ao ver meu filho Pedro Lucas aos meus braços e saber que ainda teria uma grande jornada pela frente até o término do trabalho de mestrado. Ao meu esposo meu muito obrigada, sem você meu sonho não seria realizado!!

Aos meus pais Pedro e Nilda, amigos e familiares de modo geral por estarem presentes desde o início dessa jornada, pela atenção prestada e paciência nos dias ruins, por todo ensinamento da vida.

Ao meu irmão e cunhada, pois, por inúmeras vezes acreditaram em mim e sempre diziam: vai lá, você consegue. Obrigada pela força!

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) pela direção e administração e confiança no mérito e ética dos profissionais que possui.

Ao meu orientador Cláudio Favarini Ruviaro, que por muitas vezes me deu conselhos que um pai dá ao seu filho, além de um grande profissional também se tornou um amigo que levarei pelo resto de minha vida. Te agradeço pela imensa ajuda, atenção e apoio, sem a qual seria impossível a realização deste trabalho. Obrigada!

Aos professores do programa meu muito obrigado, pelo conhecimento dividido, em especial aos professores Régio Toesca, Cristiane Maria de Léis e Carla Heloísa pelas contribuições feitas, ao qual foi de suma importância para o andamento do trabalho. A vocês meu muito obrigado!

Aos meus amigos Mayara e Mateus que inúmeras vezes me ajudaram e apoiaram em tudo, a vocês meu muito obrigado!

## RESUMO

As alterações no clima têm preocupado os órgãos internacionais, uma vez que são resultantes de um modelo de desenvolvimento não sustentável, onde há o uso excessivo de recursos naturais e deterioração do meio ambiente. Além disso, o aumento populacional resultará em um crescimento de cerca de 70% na demanda de alimentos até 2050. Isso fará com que os processos de produção de alimentos sejam reformulados, em virtude das consequências ambientais relacionadas às mudanças de uso da terra. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar os possíveis impactos ambientais do processo de industrialização do leite tipo C. O método de análise utilizado foi a avaliação do Ciclo de Vida, a qual permite calcular os potenciais impactos ambientais como: Potencial Aquecimento Global, Acidificação e Eutrofização. A coleta de dados e inventário foi realizada em uma fábrica de laticínios situada na região de Dourados (MS). A fronteira do sistema englobou as entradas e saídas do leite cru no portão da fábrica até seu envase. As linhas de processamento e quantificação de entradas e saídas em estudo tiveram como base os registros de produção do laticínio. A unidade funcional adotada foi 1 kg de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (FPCM) envasado. Para a análise de impacto ambiental utilizou-se o método RECIPE Midpoint versão 1.12 modelo hierárquico. Para os cálculos das emissões utilizou-se o software Simapro versão 8.2.3. Os procedimentos envolvidos na coleta de dados seguiram as orientações da ISO14040 e 14044. No envase do leite os principais *hotspots* foram a geração de energia elétrica e a produção de embalagens. Na fase de processamento, obteve-se o menor impacto na categoria Potencial de Aquecimento Global em relação à energia térmica.

**Palavras-chaves:** Impacto ambiental, Avaliação do ciclo de vida, Laticínios.

## ABSTRACT

International organizations are worried about climate change. Climate change is a result of a rather non-sustainable model of development, configured by excessive use of natural resources and deterioration of the environment. The model of development is worrying because food demand will increase up to 70% by 2050. This is closely related to topics regarding land use change. In this sense, the objective of this study was to evaluate the possible environmental impacts of milk industrialization (type C milk). Analysis was developed using Life Cycle Assessment, in order to calculate the potential environmental impacts such as Global Warming Potential, Acidification and Eutrophication. The data collection and the inventory were developed in a dairy factory located in the county of Dourados, MS. The system boundary encompassed the inflow and outflow of raw milk at the factory gate until the stage of packaging. The lines of processing and quantification of inputs and outputs under study were based on dairy production records. The functional unit adopted was 1 kg of packed milk corrected for fat content and protein (FPCM). For the environmental impact analysis, the RECIPE Midpoint version 1.12 hierarchical model was used. Simapro software version 8.2.3 was used to calculate the emissions following recommendations and guidelines from ISO14040 e 14044. In milk packaging the main hotspots were the generation of electricity and the production of packages. In the processing stage, the lowest impact in the Global Warming Potential category was obtained in relation to thermal energy.

**Key Words:** Environmental Impact, Life Cycle Assessment, Dairy Products



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da água no planeta Terra .....	21
Figura 2 - Infográfico referente ao panorama do consumo de água no Brasil .....	22
Figura 3 - Fases da Avaliação do Ciclo de Vida .....	23
Figura 4 - Localização geográfica do Laticínio.....	31
Figura 5 - Etapas do processamento do leite.....	32
Figura 6 - Limites do sistema .....	33
Figura 7 - Resultado em % para cada categoria de impacto referente ao processamento do leite .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Entrada de insumo e matéria prima no ano de agosto 2016/agosto 2017 .....	34
Tabela 2 - Materiais e consumo de energia referente ao processamento de 1 kg de FPCM envasado .....	35
Tabela 3- Processos selecionados no software Simapro relacionado aos impactos na industrialização de 1 kg de FPCM.....	36
Tabela 4- Categorias de impacto selecionadas para a avaliação ambiental do envase de leite .....	37
Tabela 5: Resultados da Avaliação ambiental na industrialização de 1 kg de FPCM.....	37
Tabela 6: Contribuição do GWP, AT e ET em % pelas categorias no laticínio .....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos utilizando o ACV na planta de processamento em Laticínios (2002-2017)	
.....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
BSI	British Standard Institute
CED	Cumulative Energy Demand
CH <sub>4</sub>	Metano
CML	Center of Environmental Science of Leiden University in The Netherlands (Life Cycle Assessment methodology)
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
ECM	Energy correct milk
EPD	Environmental Product Declarations (method is to be used for the creation of EPD)
FAO	Food and Agriculture Organizations of the United Nations
FPCM	Valor bruto de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína
GEE	Gases de efeito estufa
GWP	Global Warming Potential
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Inventário do ciclo de vida
IDF	International Dairy Federation
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO <sub>3</sub>	Nitrato
NUPEL	Núcleo de Pesquisas Pluridisciplinar em Estudos da Cadeia Produtiva do Leite
PIB	Produto Interno Bruto
PO <sub>4</sub>	Fosfato
RECIPE	Method was created by RIVM, CML, PRé Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen and CE Delft.

UF

Unidade funcional

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1Objetivos específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 História e Produção do leite.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 A Avaliação do Ciclo de Vida.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Avaliação Ambiental do Ciclo de Vida na produção de leite.....</b>	<b>21</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Pesquisa.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Caracterização da fábrica de laticínios.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Linhas do processo do leite.....</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Coleta de dados.....</b>	<b>32</b>
<b>4.5 Objetivo e Escopo do Estudo.....</b>	<b>33</b>
<b>4.6 Regras de alocação.....</b>	<b>34</b>
<b>4.7 Inventário do Ciclo de Vida.....</b>	<b>35</b>
<b>4.8 Avaliação Impacto Ciclo de Vida (AICV).....</b>	<b>36</b>
<b>5 Resultados e discussão.....</b>	<b>37</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>
<b>Anexo 1: Modelo de questionário aplicado no laticínio.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As alterações no clima têm preocupado os órgãos internacionais, uma vez que estas são resultados de uma produção intensificada, devido à grande demanda por alimentos ocasionada pelo aumento da população mundial (BALDINI et al 2017). Segundo projeções da FAO (2017) o aumento populacional resultará em um crescimento de cerca de 70% na demanda de alimentos até 2050. Com aumento populacional, o uso excessivo de recursos naturais e deterioração do meio ambiente vem ameaçando as mudanças climáticas e a degradação da água e solo, o que acarretará em mudanças nos processos de produção de alimentos, em virtude das consequências ambientais relacionadas às mudanças de uso da terra (CONANT, 2010). As atuais alterações climáticas, para muitos como Tarifa (1994) e Borrego *et al.*, (2009), já são resultantes das excessivas emissões de gases de efeito estufa (GEE) liberadas no meio ambiente, sendo objeto de discussão em vários encontros, como a conferência da ONU ocorrida no Brasil, Rio de Janeiro – RJ em 2012 (BARBOSA; CARVALHO, 2012), de Protocolos Ambientais, como o protocolo de Kyoto (PROTOCOLO DE KYOTO, 1997).

Com relação a produção mundial de leite no ano de 2016 cerca de 798 milhões de toneladas foram produzidas, a Europa e Ásia produziram juntas 67,5% do valor total da produção, o continente americano com cerca de 22,7%, América do Sul com 7,8%, África com 6,1% e Oceania 3,7 %. (ANUARIO 2018). A união Europeia deve aumentar em 20 % sua eficiência energética e reduzir 20% as suas alterações climáticas, a fim de cumprir metas climáticas estabelecidas até 2020, com essas reduções a indústria de alimentos deve se esforçar para diminuir os impactos ambientais, ocasionando assim uma maior sustentabilidade (FINNEGAN et al 2017). A Irlanda é responsável pela produção de 5 bilhões de litros de leite por ano, sendo a maior produtora de leite de vaca da Europa. Atualmente é responsável por 30% das exportações de produtos lácteos.

Um dos sistemas agroindustriais nacionais mais valiosos é a produção do leite, devido a sua importância econômica e social. Os produtos lácteos são responsáveis por 4% das emissões GEE ocupando a segunda posição (FANTIN *et al.*, DE LÉIS *et al.*, 2015). O leite e seus derivados lácteos são de suma importância do ponto de vista nutricional, disponíveis e economicamente acessíveis à maioria da população. Desta maneira, os impactos ambientais causados pela produção do leite, no contexto nacional, são significativos, uma vez que o Brasil é um dos principais produtores, consumidores e importadores de laticínios do mundo (DJEKIC *et al.*, 2013).

A atividade leiteira é praticada ao longo de todo o território nacional, com cerca de 250 mil produtores. Considerando a produção primária do leite, esta emprega mais de três milhões de pessoas, agregando um valor significativo para a agropecuária nacional (VILELA e RESENDE, 2017).

Dessa forma, a preocupação com o desenvolvimento sustentável vem sendo discutido através de conferências mundiais, em consequência a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) criou a Agenda 2030 em setembro de 2015, composta por 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e dentro deles delimitou metas a serem atingidas durante os próximos 15 anos. Em relação aos objetivos a serem alcançados, estudos para identificar os impactos ambientais dos laticínios poderão contribuir com os objetivos 12 e 13 da ODS de Assegurar Padrões de Produção e de Consumo Sustentável e Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos, respectivamente.

A produção de leite tem sido mencionada como uma fonte de impactos ambientais, o destaque as emissões são referentes ao GWP, uma vez que a há pouca gestão e conhecimento adequado para uso sustentável dos recursos (DJEKIC *et al.*, 2013). Assim, recentemente, por meio de fatores legais e sociais, os diferentes elos da cadeia de produção têm evidenciado certo interesse pelas questões ambientais e a segurança alimentar inerentes ao processamento e produção de alimentos (RUVIARO *et al.*, 2012).

Neste sentido, se faz necessário quantificar o impacto ambiental do setor de lácteos desde a produção de leite nas propriedades rurais até a sua industrialização, seja esse decorrente do uso exacerbado de água ou emissão de gases nocivos ao meio ambiente. Pesquisas relacionadas a industrialização do leite no Brasil que utilizem metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na indústria ainda são escassos. A ACV é uma técnica de avaliação e quantificação normatizada internacionalmente que permite identificar os impactos ambientais do ciclo de vida de um produto ao longo de toda a sua cadeia produtiva (ISSO 14040, 2006).

A Avaliação do Ciclo de Vida vem sendo utilizada como forma de mensurar estratégias para reduzir as emissões de GEE geradas por diferentes sistemas de produção (BEAUCHEMIN *et al.*, 2010; FINNVEDEN *et al.*, 2009). Portanto, seu uso tem sido incentivado tanto pela iniciativa privada como pelos órgãos públicos e os resultados obtidos podem ser utilizados para melhorar processos, dar suporte às políticas públicas e servir de base para a tomada de decisão das partes envolvidas (FINNEGAN 2017).



Diante do contexto exposto, estudos como de Korsström e Lampi (2008), apontam que os principais impactos ambientais nas indústrias de laticínios estão associados ao consumo de água, energia e geração de efluentes com carga orgânica. Portanto, a questão de pesquisa que norteou o estudo foi: Qual o potencial de impacto ambiental ocasionado pelo processo de industrialização do leite tipo C?

Desta forma, o objetivo do estudo foi identificar e caracterizar os possíveis impactos ambientais da produção do leite envasado em um laticínio da região da Grande Dourados no processo de industrialização do leite tipo C. A diversidade de pesquisas que utilizam a técnica de ACV como Cederberg e Mattsson (2000), Cederberg e Stadig (2003), de Boer (2003), O'Brien *et al.*, (2012), dentre outros, devido a forma como são coletados ou apresentados os dados na indústria dos laticínios podem levar a discordâncias, dificultando as comparações entre regiões ou sistemas de produção.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Quantificar os possíveis impactos ambientais do processo de industrialização do leite tipo C.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar os recursos da natureza considerados como *inputs* e *outputs* no processamento do leite;
- Identificar os *hotspots* do processamento de leite;
- Identificar os processos com maior impacto no processamento de leite;
- Identificar as categorias de impacto ambiental mais relevantes no processamento do leite.

### 3 REVISÃO LITERATURA

#### 3.1 História e Produção do leite

O leite obtém destaque no ranking da produção, sendo a Índia o maior produtor, em segundo lugar os Estados Unidos, terceiro o Paquistão, em quarto o Brasil. O Brasil produziu cerca de 35,1 bilhões de litros de leite em 2017 (EMBRAPA, 2018). Com relação aos produtos agrícolas comercializados no mundo, projeções até 2030 mostram que até um terço dos produtos agrícolas comercializados no mundo será proveniente do Brasil, uma vez que há o crescimento da demanda nos países asiáticos (BRASIL, 2014). O leite é indispensável na mesa dos brasileiros e é muito consumido no Brasil por conta de seus benefícios a saúde, também em relação ao setor econômico tem participação significativa no PIB do país (VILELA; RESENDE 2014).

Com relação a pecuária no Brasil seu surgimento se deu no ano de 1532 quando Martin Afonso de Souza desembarcou os 32 bovinos europeus (VILELA, et.al. 2017). Nas raízes leiteiras do Brasil, há registros de que a primeira ordenha aconteceu em meados de 1641 em fazendas próximas do Recife /PE (DIAS,2012; VILELA *et al.* 2017).

Logo no início dos anos 70, a quantidade de litros produzidos pelo rebanho leiteiro no Brasil era de menos de 700 litros por vaca ordenhada por ano, sendo que esse número quase que dobrou já no final da década de 90. Isso é resultado direto da adoção de tecnologias que tornam o processo produtivo mais eficiente e seguro (VILELA, 2002). No mesmo ano o leite pasteurizado e os iogurtes e bebidas lácteas ganham embalagens descartáveis, o que resultou na diminuição de operações de higienização das embalagens retornáveis (VILELA *et al.* 2017). Dentre os acontecimentos, a pecuária se manteve congelada por cerca de três séculos, mas com a decadência do café o cenário foi favorecido e houve benefícios para modernização nas fazendas, momento para desenvolver a pecuária.

Ao longo dos anos vários marcos na pecuária aconteceram, o primeiro foi a lei estabelecida em 29 de março de 1952, no qual Getúlio Vargas assinou o Decreto 30.691, que aprova a inspeção Industrial e Sanitária dos produtos de Origem Animal (Riispo), sendo obrigatória a pasteurização e o carimbo de Inspeção Federal (SIF) (MAIA et.al, 2013 BNDS; VILELA et.al 2017). Esta lei é exigência até os dias atuais na busca pela qualidade da

produção do leite no Brasil. No decreto a lei N° 30.691 os tipos de produção de leite foram classificados em: A, B ou C.

Dessa forma, o Leite A é caracterizado como o leite produzido sob alta exigência, em que os médicos veterinários capacitados para fazer inspeção e controle do gado do qual o leite será retirado. Após o leite ser retirado com auxílio da ordenha mecânica, o leite vai para um tambor de arrefecimento com temperatura entre 70°C-75°C. Todo o processo até o envasamento é feito dentro da granja leiteira, onde o contato humano é restringido, diminuindo casos de contaminação.

Ademais, o Leite B é caracterizado pelo diferencial de seu processo de pasteurização e envase pode ser feito em laticínios fora da fazenda. Com isso, o risco de contaminação é maior comparado com o leite tipo A. Sua refrigeração deve ser feita após a ordenha com temperatura de 7°C e deve permanecer na propriedade por cerca de 48 horas desde a ordenha.

Contudo, o Leite C é caracterizado por ser ordenhado manualmente ou mecanicamente. Com relação ao seu armazenamento é feito em tanques não refrigerados até chegar aos laticínios, e sua pasteurização e envase é realizado dentro do laticínio, mas o horário não pode passar das 10 horas da manhã no dia da ordenha.

Entretanto, analisando a produção de leite no Brasil e seus avanços no ano de 1971 a 2015, a produção totalizou cerca de 5,2 milhões de toneladas (FAO, 2016). Houve considerável crescimento ao longo dos 54 anos onde a produção chegou a 30 milhões de toneladas FAO (2016) e IBGE (2016).

As estimativas para os próximos anos na produção do leite são de cenários favoráveis, BRASIL (2015); FAO (2013); VILELA; RESENDE (2014) dados que o país produzirá cerca de 47 milhões de toneladas de leite. Em outras fontes como a *Organisation for Economic Co-Operation and Development* (OECD, 2016) as estimativas para 2025 chegam a 369 milhões de litros, cenário que revela uma desaceleração da demanda e oferta e estabilização das commodities no período. Contudo, o leite pode conquistar novos mercados e ter participação nas negociações (VILELA *et al.*, 2017).

Contudo, como o leite obtêm grandes chances para conquistar novos mercados, e observando as crescentes transformações e inovações tecnológicas no mundo digital, a agricultura e alimentação também sofrem modificações, assim, estudos mostram que até 2050 em média, sete em cada dez pessoas viverão nas cidades, o que torna explícito a grande demanda de alimentos devido ao aumento populacional urbano (MANYIKA *et al.*, 2017).

Com relação ao aumento de imigrantes do campo para cidades, questões relacionadas aos impactos ambientais são levantadas, os autores Pellegrino, Assad e Marin (p. 141, 2007) afirmam que as ações antrópicas são responsáveis por grande parte das mudanças climáticas que se detectam hoje e que se projetam para o futuro e, além disso, reconhece a responsabilidade dos países desenvolvidos sobre a sua geração de gases de efeito estufa e, conseqüentemente, sobre sua mitigação.

Dessa forma, com o reconhecimento de que as mudanças ocorridas no clima se constituem em um grande problema, faz-se necessário a busca por um desenvolvimento sustentável e equilibrado, com objetivos claros sobre a percepção que se tem da finitude dos recursos naturais (PELLEGRINO, ASSAD e MARIN, 2007).

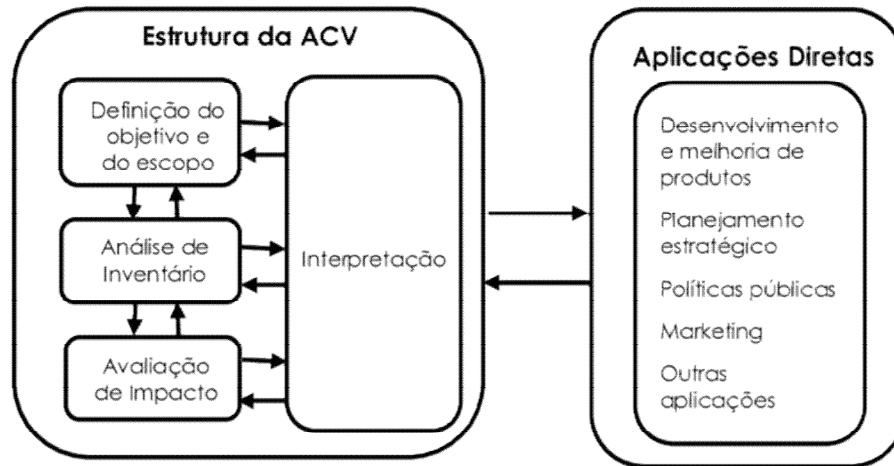
### **3.3 A Avaliação do Ciclo de Vida**

A ACV consiste em uma metodologia com a finalidade de estimar os impactos ambientais atribuíveis ao ciclo de vida de um produto, tais como as mudanças climáticas, destruição do ozônio estratosférico, ozônio troposférico (poluição atmosférica), eutrofização, acidificação, riscos toxicológicos sobre a saúde humana e os ecossistemas, esgotamento dos recursos naturais, uso da água, uso da terra, entre outros (REBITZER *et al.*, 2004). A ACV quantifica os potenciais impactos por meio de uma análise do "berço ao túmulo", conforme apresentado na Figura 3, através da definição e utilização de uma unidade funcional, permitindo estudos comparativos (ISO, 2006; KLOEPFFER, 2008; FINNVEDEN *et al.*, ROY *et al.*, 2009; SEÓ, H.L.S. *et al.* 2017).

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia que tem por objetivo identificar e descrever as causas, efeitos dos resultados ambientais relacionados a um produto, com medidas quantitativas de energia, emissões de ar, solo e água (FINNVEDEN *et al.*, ROY *et al.*, 2009). A ACV é um método mundialmente aceito por ser considerado completo para análise da sustentabilidade, englobando análise ambiental, econômica e social, três pilares que constituem análise de sustentabilidade, análise compreende diversos fluxos desde a retirada do produto da natureza até sua disposição final a mesa do consumidor (BAITZ *et al.*, 2013).

Normatizada pela ISO 14040 (2006) e ISO 14044, as fases que compreendem a aplicação do método ACV, são quatro: Definição do objetivo e Escopo, Análise do Inventário, Avaliação do Impacto e Interpretação. A Figura 3 ilustra as fases da ACV.

Figura 3: Fases da Avaliação do Ciclo de Vida.



Fonte: (ISO 14040, 2006).

Na 1ª fase: Definição do Objetivo e Escopo: são mensuradas de forma clara as características do sistema a ser estudado e quais meios serão utilizados para coleta de dados e sua avaliação, os limites do sistema e sua unidade funcional (UF). Na 2ª fase: Denominada Análise de Inventário, é feito um levantamento de entradas e saídas de energia, água e materiais de limpeza do sistema. A 3ª fase: Avaliação do Impacto é realizada a conexão dos dados obtidos na análise do inventário com as respectivas categorias de impactos. Contudo, na 4ª fase: Interpretação, são avaliadas a consistência dos dados, sendo apresentado as conclusões do estudo (GUINÉE, 2002).

É um método capaz de analisar e avaliar qualquer produto sem restrições as cadeias produtivas. Nesta amplitude existem trabalhos que utilizam a ACV na indústria do leite no mundo, mas no Brasil ainda existe a falta de estudos focados na indústria de processamento.

### 3.4 Avaliação do Ciclo de Vida na cadeia do leite

A avaliação o ciclo de vida na cadeia do leite teve início no ano de 2002, o uso da metodologia de ACV foi utilizada para análise na cadeia produtiva dos subprodutos do leite

como o queijo, iogurte, requeijão entre outros. Estudos como de Hospido *et al.* (2003), Gonzalez *et al.* (2013), Fantin *et al.* (2012) e Djeckic *et al.* (2014) abordam que a produção de leite na fazenda é a principal fase emissora de GHG, pois os maiores impactos nas diferentes categorias se deve a fase de produção. Assim, estudos detalhados da fase de produção e processamento de leite se faz necessário a fim de que se possa comparar os resultados de estudos em diferentes países e, desta forma, expor a realidade e especificidades de cada região. Por seu alto valor nutricional, pesquisas relacionadas ao leite ganharam o mundo por conta da grande demanda, a medida que aumenta a produção também é necessário atentar aos efeitos ocasionados ao meio ambiente com intuito de diminuir os impactos ambientais (MENESES *et al.*, 2012).

A fim de entender as possíveis emissões de GEE, buscou-se estudos de ACV aplicados na produção de leite para avaliar os impactos na produção realizados em alguns países o qual visaram avaliar o desempenho ambiental das explorações leiteiras. Nestes estudos, a etapa da obtenção do leite cru foi a de maior impacto no ambiente (CEDERBERG e MATTSSON, 2000; CEDERBERG e STADIG, 2003; DE BOER, 2003; O'BRIEN *et al.*, 2012; FLYSJÖ *et al.*, 2011; IRIBARREN *et al.*, 2011).

No processo de industrialização o Quadro 1 traz estudos que abordaram o processo da industrialização do leite, objeto de estudo deste trabalho, o autor Djeckic *et al.* (2014), avaliou a industrialização do leite pasteurizado e seus derivados tais como: iogurte, nata, manteiga e queijo. Sua unidade funcional (UF) foi definida como 1 Kg de produto final, e através da aplicação da metodologia ACV identificou que as principais etapas ou recursos utilizados na produção de leite que impactam mais significativamente o meio ambiente, são a entrada de bens no portão da fábrica e o consumo de energia.

Ademais, a fórmula utilizada para correção do conteúdo energético do leite é de suma importância, uma vez que a unidade funcional utilizada (1 kg de FPCM) corresponde ao leite corrigido em relação ao seu teor de gordura e proteína, conforme recomendado pelo IDF (2010). A equação expressa a padronização da composição da massa de leite em relação ao nível de energia esperado, ou seja, 4% de gordura e 3,3% de proteína, resultando em 3,15 MJ/Kg. Assim, a falta da fonte de referência da UF dificulta as comparações com outros estudos. (BALDINI *et al.*, 2017).

De acordo com Berlin (2002), os maiores impactos são emitidos na produção do leite na fazenda. No estudo o autor obteve o resultado de 8,8 kg de CO<sub>2</sub> eq para 1 kg de leite, em relação somente a produção de leite na fazenda a contribuição foi de 8,3 kg CO<sub>2</sub> eq, o queijo

obteve participação de 0,4 kg de CO<sub>2</sub> eq. Na fase de fabricação do queijo, o maior contribuinte na categoria de aquecimento global foi a combustão a gás. Já o autor Van Midellar (2011), concluiu em seu estudo que o GWP obteve resultado de 8,5 Kg de CO<sub>2</sub> eq, a participação na sua produção foi 3% em relação ao consumo de energia e uso do gás. No estudo de González-García *et al* (2013<sub>a</sub>), na categoria de GWP as emissões totalizaram o percentual de 21% e 41% na categoria potencial acidificação. No mesmo ano o estudo de González-García *et al* (2013<sub>d</sub>), evidenciou o GWP da produção de agentes de limpeza, a entrega de insumos e a produção de energia com cerca de 49% totalizando um percentual importante.

As contribuições referentes a energia e as embalagens na industrialização do leite são responsáveis com cerca de 10 a 38% das contribuições (CASTANHEIRA, 2008). Na Itália o trabalho realizado por Fantin *et al.* (2012), abordou a ACV do leite engarrafado, no estudo ficou evidente que a energia foi um dos maiores contribuintes com 26,5% GEE.

Segundo os estudos citados de (Djeick *et al.*, 2014; Fantin *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2013; Nigri *et al.*, 2014; Junior *et al.*, 2016 e Finnegan *et al.*, 2017) a fase de produção do leite cru nas fazendas é considerada aquela com maior impacto no meio ambiente, responsável por cerca de 80 a 93% das emissões. As emissões de metano (CH<sub>4</sub>) (proveniente da fermentação entérica e do esterco), de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) (proveniente do consumo de diesel), emissões atmosféricas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e amônia (NH<sub>3</sub>), assim como da emissão de nitrato (NO<sub>3</sub>) proveniente da água vinda do manejo de dejetos e fertilizantes. Na fase de processamento os maiores contribuintes são as emissões de energia elétrica, térmica, matérias de limpeza e embalagens.

O autor Eide (2002) analisou três laticínios na Noruega em diferentes portes de laticínios o qual se baseou no consumo de energia e evidenciou o maior impacto em uma planta industrial de pequeno porte, comparada com plantas de grande e médio porte sendo que a menor capacidade de produção exigiu um consumo maior de energia.

O estudo de Hospido *et al.* (2003) citou os aspectos ambientais na Espanha com enfoque na produção de embalagens e energia na caldeira na industrialização do leite. A queima de combustível utilizada na caldeira foi responsável por cerca de 60% das emissões, a formação de embalagens contribuiu com cerca de 84 % das emissões.

Um resumo das aplicações da ACV na planta de processamento em laticínios em trabalhos realizados por diferentes autores pode ser visualizado na Quadro 1.

Quadro 1: Estudos utilizando o ACV na planta de processamento em Laticínios (2002-2017).

Anos	Autores	Título	Produto Avaliado	UF	Alocação	Impacto Ambiental
2002	Berlin	Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese.	Queijo	1 Kg	E-EX	GWP, CE, AT, EP, POFP
	Eide	Life cycle assessment (LCA) of industrial milk production	Leite	1,033 Kg	Biofísica	PE, PA, GWP,
2003	Hospido, Moreira e Feijoo	Simplified life cycle assessment of Galician milk production	Leite	1 Litro de leite	NA	AP, EC, EP, GWP, LC, POFP
2008	Castanheira	Avaliação do Ciclo de Vida dos produtos lácteos fabricados em Portugal Continental.	Leite, Queijo, Leite Fermentado	1,2 ton de leite	M	GWP, POFP, AP, EP, ADP
2010	Nilsson <i>et al.</i>	Comparative life cycle assessment of margarine and butter consumed in the UK, Germany and France	Manteiga, Magarina	500 G	E	AP, EC, EP, GWP, LC, POFP
2011	van Middelaar	Eco-efficiency in the production chain of Dutch semi-hard cheese	Queijo Semiduro	1 Kg	E	CE, GWP, LC
	Tan <i>et al.</i>	GHG emissions and energy use from a multi-product dairy processing plant, 2011	Leite Fluido	1 Kg	E-M	CE, GWP
	Heller e Keoleian	Life cycle energy and greenhouse gas analysis of a large-scale vertically integrated organic dairy in the United States	Leite fluido orgânico	1 Litro	E-M – Físico Química	CE, GWP
	Geraghty	Resource Efficiency in Ireland's Dairy Processing Sector	Vários Produtos	1 ton	M- Físico Química	CE, GWP, WC
2012	Fantin <i>et al</i>	Life cycle assessment of Italian high-quality milk production. A comparison with an EPD study	Leite	1 Litro embalado	E-M	AP, EP, GWP, OLD, POFP
	González-García e cols.	Environmental life cycle assessment of a dairy product: the yoghurt	Iogurte	1 ton	M	ADP, AP, CED, EP, GWP, LC, OLD, POFP



2013	Vergé <i>et al.</i>	Carbon footprint of Canadian dairy products: calculations and issues	Vários Produtos	-	Físico-Químico	GWP
	Thoma <i>et al.</i>	Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: a cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008	Leite	1 Kg	E-M	GWP
	Nutter <i>et al.</i>	Greenhouse gas emission analysis for USA fluid milk processing plants: processing, packaging, and distribution	Leite	1 Kg	M	GWP
	Doublet <i>et al.</i>	Life Cycle Assessment of Romanian Beef and Dairy Products	Vários produtos	1 Kg	M	ADP, AP, EP, FD, GWP, HT, LC
2013a	González-García <i>et al.</i>	Environmental life cycle assessment of a Galician cheese: San Simon da Costa	Queijo Galego	1 Kg	E	ADP, AP, CED, EP, GWP, OLD, POFP
2013b	González-García <i>et al.</i>	Environmental life cycle assessment of a dairy product: the yoghurt	Iogurte	1 ton	E-M	ADP, AP, CED, EP, GWP, HT, OLD, POFP
2013c	González-García <i>et al.</i>	Using Life Cycle Assessment methodology to assess UHT milk production in Portugal	Leite UHT	1 Kg ECM	E-M	ADP, AP, CED, EP, GWP, OLD, POFP, TEP, MEP, HT, FEP
2013d	González-García <i>et al.</i>	Environmental performance of a Portuguese mature cheese-making dairy mill	Queijo Maduro	1 Kg	E-M	ADP, AP, EP, GWP, OLD, LC, POFP, CED
2013	Kim <i>et al.</i>	Life cycle assessment of cheese and whey production in the USA.	Queijo, Mussarela Soro de leite	1000 kg	M -FQ	GWP, EM, EAD, HT, ET, POFP, CED
2014	Daneshi <i>et al.</i>	Greenhouse gas emissions of packaged fluid milk production in Tehran	Leite	1 Kg FPCM	M	GWP
	Nigri <i>et al.</i>	Assessing environmental impacts using a comparative LCA of industrial and artisanal production processes: " Minas Cheese"	Queijo	1 Kg	-	HT, RPI, RPO, GWP, OLD, AP, EP, US, CR

		case.				
	Djekic <i>et al</i>	Environmental life-cycle assessment of various dairy products.	Leite, Iogurte creme, iogurte	1 Kg	M, FQ	GWP, AP, EP, OLD, POFP E TH
2016	Júnior	Avaliação dos impactos ambientais no ciclo de vida dos produtos lácteos.	Queijo, Manteiga, Requeijão, Iogurte	1 Kg	E	GWP, OLD, AT, EP, POFP, FMP, FD, DF
2017	Finnegan <i>et al.</i>	Global warming potential associated with dairy products in the Republic of Ireland	Vários Produtos	1 Kg	E, M	GWP

E- Alocação Econômica; M- Alocação por Massa; FQ- Físico Química; EX- Expansão do Sistema; B- Alocação Biológica.

Potencial de depleção abiótico (ADP); Potencial aquecimento global (GWP); Potencial acidificação (AP); Potencial eutrofização (EP); Demanda energia acumulada (CED); Consumo de energia (CE); Depleção de água doce (FD); Toxicidade humana ( HT); Depleção da camada de ozônio ( OLD); Potencial fotoquímico da criação de ozônio (POCP); Potencial formação de foto-oxidantes ( POFP) ; Consumo de água (WC); Carcinogênicos (CR); Respiração de partículas inorgânicas (RPI); Respiração de partículas orgânicas ( RPO); Uso e ocupação do solo (US); Ecotoxicidade aquática marinha (MEP); Ecotoxicidade de água doce ( FEP); Formação de material particulado (FMP); Depleção fóssil (DF)

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

## **4 METODOLOGIA**

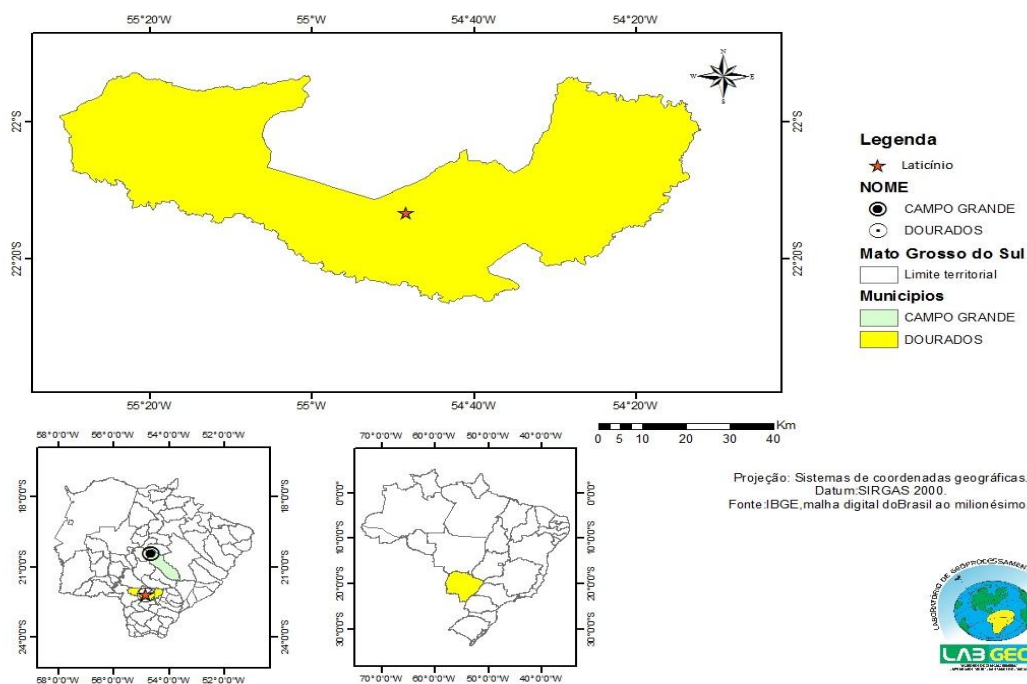
### **4.1 Pesquisa**

A metodologia utilizada para analisar os possíveis impactos da industrialização do leite tipo C foi a ACV. Foram utilizados dados primários da indústria como: energia, água e materiais de limpeza levando em consideração os fluxos de entradas e saídas que estão associadas as fases de processamento do leite e, também, se fez uso da base de dados secundários do Ecoinvent 3.3 e do software SimaPro 8.3. Os procedimentos da coleta de dados estão em Anexo, a análise e interpretação foram conduzidos de acordo com as diretrizes da Avaliação do Ciclo de Vida (ISO 14040 e ISO 14044, 2006), seguido das orientações específicas a partir da metodologia da Federação Internacional dos Laticínios (IDF, 2010), a qual engloba uma série de normas, como ISO 14040, ISO 14044 e o PAS2050 (BSI 2011).

### **4.2 Caracterização área de estudo**

O laticínio avaliado está localizado no território do Mato Grosso do Sul, cidade de Dourados, região Centro-Oeste com Latitude: 22° 13' 16" S, Longitude: 54° 48' 20" W e Altitude: 430m na Área: 4096,9 Km<sup>2</sup>, conforme apresentado na Figura 4. Em relação a escolha do laticínio considerou-se a indústria em função da sua localização, tecnologia utilizada e a disponibilidade de participação para a presente pesquisa.

Figura 4: Localização geográfica do Laticínio.



Fonte: IBGE (2010).

### 4.3 Linhas do processo do leite

Em média, o volume de processamento do laticínio é de 7 mil litros/dia. Contudo, períodos de menor disponibilidade do leite podem acontecer devido a estiagens que normalmente ocorrem no segundo semestre do ano, reduzindo o volume de processamento para até 5 mil litros/dia.

O transporte da matéria-prima até o laticínio ocorre em caminhões tanques com capacidade de 50 mil litros ou transporte próprio dos produtores, cuja distância estimada não excede 50 quilômetros.

Em relação à água utilizada para as atividades dentro do laticínio, a mesma provém do serviço de abastecimento da região, apresentando um consumo anual de 2.239,576 litros, desconsiderando o percentual de perdas. A energia elétrica é fornecida pelo serviço do Estado totalizando um consumo anual de 119,998 Kwh.

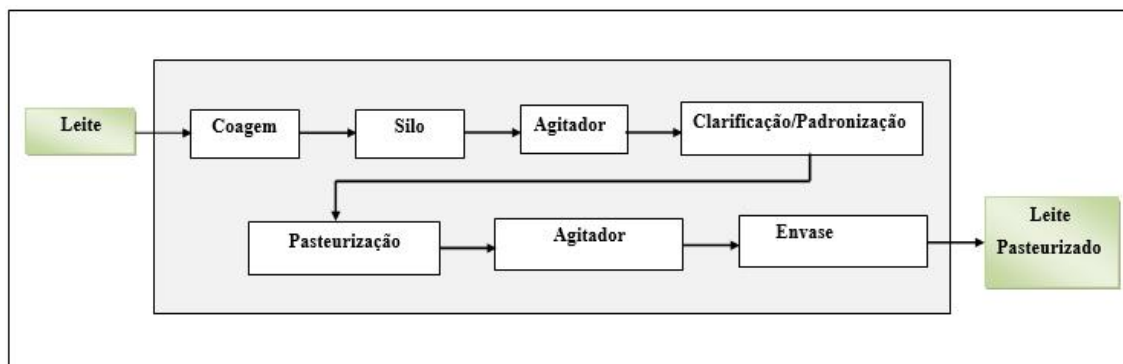
Com relação à geração de vapor da caldeira com capacidade de 360 kg/vapor, utiliza-se 60 kg/vapor e a matéria-prima utilizada para o seu funcionamento são restos de madeiras de podas de árvores da cidade.

Nas etapas do processamento do leite demonstrado na Figura 5, são realizados testes na recepção do leite com Alizarol para verificação da sua acidez, posteriormente é feito a coagem do produto e reservado no tanque de resfriamento a 5 °C. Na próxima etapa, destina-se o leite para o agitador, depois para clarificação, seguindo da pasteurização a 75°C e resfriado a menos 4°C, na próxima etapa permanece em um agitador para ser envasado.

Em relação às águas residuais, o laticínio não possui nenhum tipo de tratamento de resíduos, assim as águas relativas ao processo de industrialização são destinadas para uma fossa séptica.

A atividade e funcionamento do laticínio ocorre ao longo dos 12 meses com variação mensal no volume de leite recebido, sendo que a entrada anual, no período avaliado, foi de 186.631,30 mil litros de leite.

Figura 5: Etapas do processamento do leite.



Fonte: Elaboração Própria.

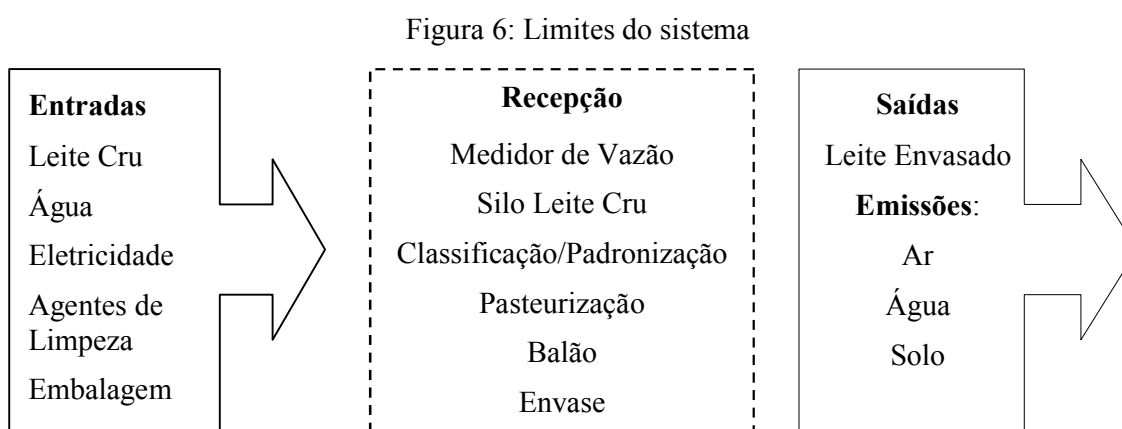
#### 4.4 Coleta de dados

Para a coleta de dados, foi desenvolvido um questionário estruturado o qual teve embasamento nas diretrizes publicadas pela ISO 14044. A coleta dos dados foi realizada dentro da indústria por visita in loco no período de agosto de 2016 a agosto de 2017, no qual as informações foram coletadas discutidas juntamente com os responsáveis, a fim de verificar os dados de equipamentos e consumo com maior precisão.

#### 4.5 Objetivo e Escopo do estudo

O objetivo do estudo foi demonstrar o Potencial de Aquecimento Global (GWP), Acidificação e Eutrofização descritos na Tabela 1 para o processamento de 1 Kg de leite tipo C envasado. O público-alvo são donos dos laticínios ao qual podem implementar melhorias e políticas de conscientização dos processos.

As fronteiras do sistema englobaram as entradas e saídas e suas respectivas operações, desde a chegada do leite ao portão da indústria até sua expedição. Essa estrutura é delimitada em “gate-to-gate”. O transporte do leite e outros insumos até a fábrica, as águas residuais e o consumo final do produto não foram incluídos no estudo por indisponibilidade dos dados. Estão incluídos dentro dos limites do sistema o uso da água doce, consumo de produtos químicos, uso da energia térmica e elétrica e embalagem apresentados na Figura 6.



Fonte: Dados da pesquisa

A padronização dos dados foi realizada pela unidade funcional (UF) de 1kg de leite corrigido FPCM de acordo com IDF (2010), na equação 1 descrita logo abaixo. A equação foi utilizada com o objetivo de padronizar a unidade funcional com 4% de gordura e 3,3% de proteína. O teor de gordura do leite cru no Brasil pode variar de 3,5 a 4,5% e a proteína 3,2 a 3,5% (NORO; GIOVANI, 2001), no estudo realizado o padrão do leite foi de 3,56 de proteína e 4,3 % de gordura. O desempenho das saídas funcionais serviu de referência para as entradas e saídas (NBR ISO 14040, 2001).

### EQUAÇÃO 1: Portão do Processamento IDF 2010.

$$FPCM: Milk (Kg) \times [0,1226 \times fat(\%) + 0,0776 \times protein (\%) + 0,2534]$$

Sendo;

$$FPCM = 1,0238 \times 0,1226 \times 4,3\% + 0,0776 \times 3,56\% + 0,2534$$

$$FPCM = 1,0238 \times 1,056836$$

$$FPCM = 1,081988697 \times 1.948.431,52$$

$$FPCM = 2.108.180,88$$

Para os cálculos, considerou-se a entrada do leite incluso o percentual de perdas, totalizando 13% do valor bruto de leite. Assim, a entrada de leite considerada as perdas são de 1.948.431,52 litros/ano.

Os dados na Tabela 1 são referentes aos dados primários das entradas de insumo (leite) e matéria prima (água, energia elétrica, energia térmica, embalagens e matérias de limpeza da fábrica de laticínios).

Tabela 1: Entrada de insumo e matéria prima no ano de agosto 2016/agosto 2017.

<b>Materiais de Entrada</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Especificação ou Unidade</b>
Leite Cru	2.239.576	Leite Cru
Água	2.102.000	Água
Agentes de Limpeza (hidróxido de sódio)	960	Litros Ano
Sabão Alcalino	480	Litros Ano
Agentes de limpeza (Ácido nítrico)	480	Litros Ano
Energia de entrada para a fábrica de Laticínio		Energia de entrada para a fábrica de Laticínio
Energia Elétrica	119.998	Kwh/Ano
Energia Térmica	540	M <sup>3</sup> Ano
Materiais de embalagem	14.000	Mil Kg/Ano
Saída	1.994.804, 19	Milhões L Ano

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.6 Inventário do Ciclo de Vida

Nos meses de agosto de 2016 a agosto de 2017 foram obtidos dados das entradas e saídas através de medições *in loco*, e através de pequenas reuniões com responsável pela fábrica. A medição de água, energia, materiais de embalagens e agentes de limpeza foi realizada através de coleta de dados primários dentro da fábrica. Os dados de cada equipamento para processamento do leite e seu respectivo consumo foi realizado.

Em relação a energia térmica utilizada na fábrica de laticínio, foi feita medição em relação a quantidade utilizada em m<sup>3</sup>, a utilização foi 1,5 m<sup>3</sup> diário, totalizando 540 m<sup>3</sup> no ano.

Em relação a massa da madeira foi considerado que o metro cubico possui massa de 650 Kg (NIGRINI *et al.*, 2012).

Ademais, os dados coletados e convertidos em UF estão descritos conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Materiais e consumo de energia referente ao processamento de 1 kg de FPCM envasado.

<b>Entradas</b>	<b>Unidades /Kg FPCM</b>	<b>Qualidade Dados</b>	<b>Fonte</b>
Água	0,997 L/kg	Calculado	Primário
Energia Elétrica	0,0569 kwh/kg	Calculado	Primário
Energia Térmica	0,03274 MJ /Kg	Calculado	Primário
Detergente Alcalino	2,38E-04	Calculado	Primário
Detergente Ácido	2,45E-04	Calculado	Primário
Hidróxido de Sódio	5,46E-04	Calculado	Primário
Embalagens	0,00664	Calculado	Primário
Leite Envasado	1 Kg	-	-
Água residual	0,997 L/kg	Calculado	Primário

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para os dados acima mencionados, foram utilizados dados primários da entrada do insumo (leite), ácidos, água e energia convertidos na UF, todas as entradas foram divididas por unidade/Kg de FPCM para as respectivas unidades. Para clareza dos dados foi discutido os valores coletados de cada maquinário, como as respectivas fases do processo do leite junto ao responsável da fábrica para evitar possíveis erros, e seus resultados validados com transparência e credibilidade.

#### **4.7 Avaliação Impacto Ciclo de Vida (AICV)**

Para avaliação dos impactos ambientais foi utilizado o *software* Simapro 8.2.3 (PRé Consultants 2016). O *software* possui a alternativa de ser alimentado com os dados primários ou dados secundários do (ICV) realizados em outros estudos e disponíveis na base de dados.

O *software* Simapro 8.2.3 descrevem os impactos em diferentes categorias, dependendo do modelo de método utilizado, cada método está vinculado ao um fator de conversão, o qual transforma as emissões em geração de impacto ao meio ambiente. O método utilizado no presente estudo foi o ReCiPe Midpoint, versão 1.12, modelo hierárquico



(H). O ReCiPe é uma atualização do método CML. A escolha do método se deve as vantagens da categoria ao ponto médio e os mecanismos de impacto. O método associa as emissões e quantifica a indicadores de impactos ambientais. A fim de mensurar os processos selecionados no Simapro, foi elaborado uma tabela com os sete processos para representar o ciclo de vida do processamento do leite (Tabela 3).

Tabela 3 - Processos selecionados no software *Simapro* relacionado aos impactos na industrialização de 1 kg de FPCM.

Item	Processo	Base de dados
Energia Elétrica Energia Térmica (madeira)	Electricity, medium voltage {BR}  market for  Alloc Def, U	Ecoinvent 3
	Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW} heat production, mixed logs, at furnace 100K W  Alloc Def, U	Ecoinvent 3
Agentes de Limpeza	<b>Detergente alcalino</b> Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {GLO}  market for   Alloc Def, U	Ecoinvent 3
	<b>Detergente ácido</b> Nitric acid, without water, in 50% solution state {GLO}  market for   Alloc Def, U	Ecoinvent 3
	<b>Hipoclorito de Sódio</b> Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {GLO}  market for   Alloc Def, U	Ecoinvent 3
Embalagem	<b>Filme de Polietileno Baixa Densidade</b> Packaging film, low density polyethylene {GLO} market for   Alloc Def, U	Ecoinvent 3
Água	Tap water {RoW}  tap water production, conventional treatment   Alloc Def, U	Ecoinvent 3

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da base de dados Ecoinvent 3 (2016).

Em relação a caracterização foram selecionadas três categorias de impacto, tais: Mudanças Climáticas, Acidificação Terrestre, Eutrofização de Água Doce (Tabela 4).

Tabela 4 - Categorias de impacto selecionadas para a avaliação ambiental do envase de leite.

Categoria de Impacto	Descrição	Fator de Caracterização
Mudanças Climáticas	Mudanças em relação ao tempo, como temperatura da camada de ar e oceanos próximos à superfície da Terra, seu nível de precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos de causas antropogênicas.	kg CO <sub>2</sub> eq
Acidificação Terrestre	Desequilíbrio químico, resultante da redução (pH) do solo, devido à emissão de nitrogênio (N) e enxofre (S) para a atmosfera.	kg SO <sub>2</sub> eq
Eutrofização Terrestre	Presença de grande quantidade de nutrientes, de fósforo (P), em massa de água doce, com elevado aumento da biomassa e redução do nível de oxigênio.	kg Peq

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Denota-se que neste estudo as etapas de classificação e caracterização da industrialização do leite foram realizadas conforme as normas da ISO (2006). Por outro lado, a ponderação e normalização, não foram incluídas uma vez que esses dados não agregam valor em relação ao objetivo do estudo.

Em relação a caracterização foram selecionadas três categorias de impacto, a saber: Potencial de Aquecimento Global, Acidificação Terrestre e Eutrofização de Água Doce. Os resultados foram calculados para 1 kg de FPCM envasado, como demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados da Avaliação ambiental na industrialização de 1 kg de FPCM.

Categoria de Impacto	Unidade	Leite Pasteurizado
Potencial de Aquecimento Global	Kg de CO <sub>2</sub> eq	0,0352
Potencial de Acidificação Terrestre	Kg SO <sub>2</sub> eq	0,000131
Potencial de Eutrofização Água Doce	Kg PO <sub>4</sub> eq	4,98E-6

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

\*MC =Potencial Aquecimento Global. AT= Potencial Acidificação. EAD= Eutrofização de Água Doce.

Na fase de industrialização do leite o valor emitido em CO<sub>2</sub> eq foi de 0,0352 kg/ kg de FPCM (Tabela 5). Em estudos como de Vergé *et al.* (2013) o valor encontrado foi 0,065 kg de CO<sub>2</sub> eq e de Nutter *et al.* (2013) foi de 0,077 kg de CO<sub>2</sub> eq, ambos obtiveram valores próximos ao encontrado neste trabalho. No estudo de Finnegan *et al.* (2017) e Tan *et al.* (2011) o valor encontrado foi o mesmo de 0,114 kg de CO<sub>2</sub> eq. As diferenças dos valores se devem ao tipo de embalagem, energia e uso de tecnologias nas plantas de processamento (NUTTER *et al.* 2013). As embalagens no estudo de Nutter *et al.* (2013) obtiveram valor de 0,016 kg de CO<sub>2</sub> eq, no estudo de autor Thoma *et al* (2013) a embalagem representou 0,035 kg de CO<sub>2</sub> eq, no presente estudo o valor em CO<sub>2</sub> eq foi 0,0189 kg, os valores da embalagens comparado ao estudo de Nutter et al (2013) é menor em relação ao presente estudo, no estudo de Thoma et al (2013) o valor encontrado neste estudo é maior. Essas divergências de valores se devem a qualidade dos maquinários utilizados. Com relação a contribuição de cada categoria, na (Tabela 6) logo abaixo, podemos ver o percentual de cada categoria.

Tabela 6: Contribuição do GWP, AT e ET de acordo com as categorias no laticínio.

<b>Categorias</b>	<b>GWP</b>	<b>AT</b>	<b>ET</b>
<b>Água</b>	1,19%	2,13%	2,92%
<b>Energia Elétrica</b>	39,5%	31,7%	52,7%
<b>Energia Térmica</b>	1,33%	3,32%	3,98%
<b>Detergente Alcalino</b>	1,33%	2,14%	3,13%
<b>Detergente Ácido</b>	2,23%	2,35%	0,119%
<b>Hidróxido de Sódio</b>	0,829%	1,36%	2,22%
<b>Embalagens</b>	53,6%	57%	35%

GWP: Mudanças climáticas; AT: Acidificação; ET: Eutrofização.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos resultados da pesquisa.

Ao considerar-se as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) Nutter *et al.* (2013) concluíram que cerca de 70% das emissões são oriundas da eletricidade utilizada na fase do processamento como refrigeradores, ar comprimido, aquecimento, ar condicionado e iluminação. As emissões de GWP no estudo de Djeckic *et al.* (2014), a energia foi uma das maiores contribuintes na produção de leite pasteurizado, os produtos de limpeza contribuem com 1 a 2 % do GWP na fase de processamento, valor similar ao presente estudo. No presente estudo, a energia elétrica contribuiu com cerca de 39,5 % das emissões para a categoria Mudanças Climáticas, incluiu-se nos cálculos o consumo de energia dos equipamentos da fábrica necessários para o processamento do leite, desconsiderando-se o consumo de energia elétrica do escritório, iluminação geral, ar condicionado entre outros, o que explica menores valores em relação a outros estudos (Tabela 6). No estudo de Gonzalez (2013) a energia elétrica representou cerca de 69% das emissões do GWP. Em relação ao percentual de energia elétrica do Brasil ser menor aos demais países se deve ao tamanho da indústria de laticínio e por abranger apenas um produto, ou seja, a industrialização do leite.

Ainda em relação a categoria de Mudanças Climáticas (GWP), as embalagens de polietileno foram as maiores contribuintes, com 53,6%, conforme descrito na (Tabela 6).

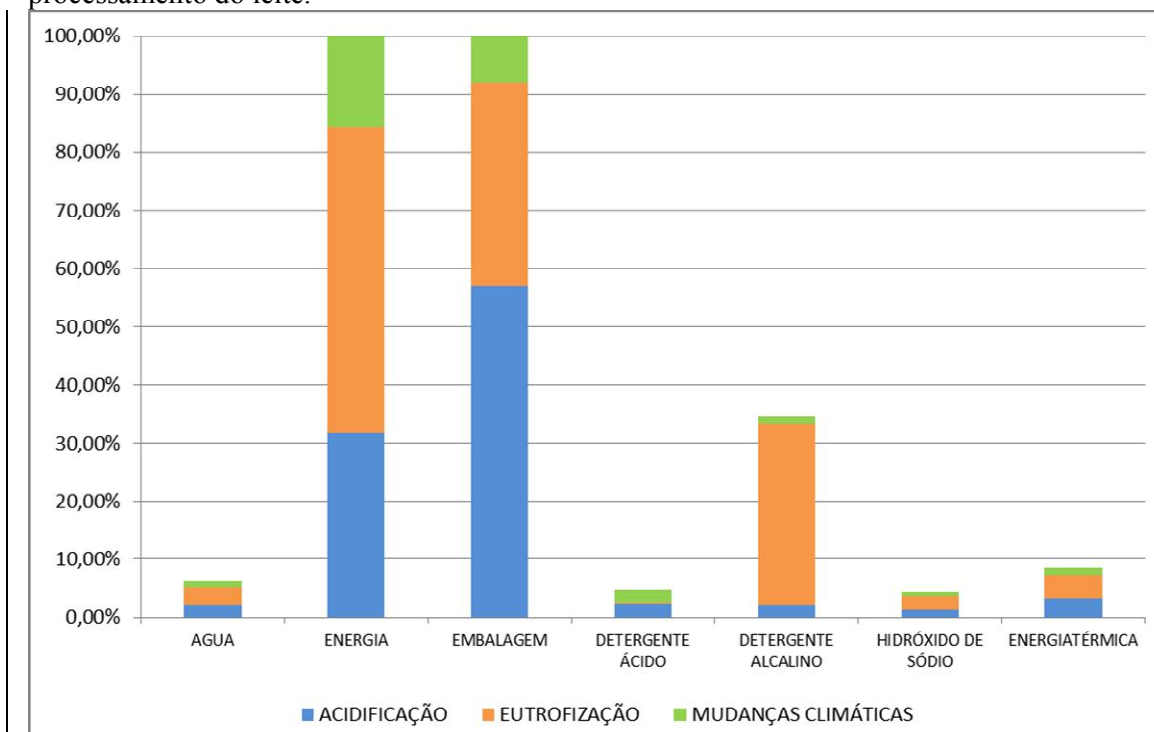
Na categoria Acidificação Terrestre (AT), os principais contribuintes foram as embalagens de polietileno e energia elétrica, a contribuição da embalagem obteve percentual de 57% e a energia elétrica 31,7%. As emissões referentes a embalagens e energia se devem a emissão de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) para o ar, onde parte destas emissões são devidas aos elementos sulfurados existentes no carvão, óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e petróleo. Estes são formados no processo de queima de combustíveis fósseis para geração de energia (JÚNIOR *et al.*, 2016).

Na categoria de Eutrofização de Água doce (ET) os principais contribuintes também foram as embalagens de polietileno e a energia elétrica (Tabela 6). A contribuição da energia elétrica foi de 52,7 % e das embalagens 35 %. Em relação a energia elétrica as emissões de

fosfato ( $\text{PO}_4$ ) para água são oriundas do linhito, que é composto de uma variedade de carvão utilizado para geração de eletricidade. Ademais, devido ao processo de mineração, estes rejeitos podem ser depositados em locais inadequados e lixiviados até os rios pela água da chuva, podendo causar desequilíbrio no ecossistema dado o elevado teor de minério.

Observando-se a Figura 7, é importante notar que os maiores contribuintes para o impacto ambiental foram a energia elétrica, embalagens e detergente alcalino. A energia térmica foi responsável por menos de 10% das contribuições, seguido pelo consumo de água dentro do laticínio, responsável pela limpeza de equipamentos, etc. De acordo com os autores Korsström e Lampi (2008), as águas residuais dos laticínios contém resíduos de leite e dos produtos químicos utilizados na limpeza dos maquinários, desse modo, o setor industrial é responsável por grande parte dos poluentes das águas residuais com alto teor de nitrogênio e fósforo. Os menores contribuintes com 5% das emissões foram o detergente ácido e o hidróxido de sódio.

Figura 7 - Resultado em % para cada categoria de impacto ambiental referente ao processamento do leite.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com relação aos resultados obtidos, a Figura 7 mostra que os equipamentos dentro da indústria necessitam de uma vistoria a fim de se realizar ajustes que diminuam o consumo e evite gastos inapropriados na fase de processamento do leite, isso irá possibilitar um

consumo de energia apropriado a cada processo, evitando os possíveis impactos ambientais na indústria do leite. Ademais, as embalagens também necessitam de uma vistoria na hora do envasamento do leite, para evitar possíveis desperdícios e gastos, diminuindo os impactos referentes.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou os impactos ambientais na industrialização do leite tipo C, cujo valores foram medidos através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), as conclusões obtidas através do estudo foram:

a) Na fase de processamento, obteve-se o menor impacto na categoria Potencial de Aquecimento Global em relação a energia térmica, comparados com outros estudos na literatura.

b) Em todas as categorias os principais contribuintes foram energia elétrica e embalagens.

Através deste estudo podemos evidenciar que a fase de processamento do leite é importante a fim de demonstrar os impactos referentes aos recursos utilizados para obtenção do leite envasado, uma vez que a industrialização do leite é responsável por parte dessas emissões. Com relação a fase de produção, na literatura fica claro que esta fase é a responsável pelo maior impacto ao meio ambiente.

Podemos notar que a energia elétrica é a principal contribuinte na fase de industrialização do leite, portanto para diminuir as emissões de energia dentro da indústria é aconselhável o desenvolvimento de estudos que possam contribuir para a redução do consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, diminuir o Potencial de Aquecimento Global.

Contudo, é importante o desenvolvimento de estratégias dentro da fábrica de processamento que visem minimizar o desperdício de energia, embalagens e alternativas de perdas do leite durante o envase, bem como, utilizar equipamentos que possibilitem um consumo menor de energia durante o processamento do leite.

Enfim, em estudos futuros a sugestão de pesquisa é abordar a fase de produção do leite na fazenda juntamente com a fase de processamento em diferentes laticínios, com intuito de comparar os valores referentes as emissões da industrialização do leite e seus co-produtos, como manteiga, queijo, iogurte, ricota entre outros.

Outro ponto importante, ainda, é estimar a pegada hídrica dos produtos, a fim de comparar com estudos existentes na literatura.

## REFERÊNCIAS

ANSORGE, L.; BERÁNKOVÁ, T. **LCA water foot print aware characterization factor based on local specific conditions**. European Journal of Sustainable Development, v. 6, n. 4, 2017.

BACHMANN, T. **Towards lifecycle sustainability assessment: drawing on the NEEDS project's total cost and multi-criteria decision analysis ranking methods**. The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 18, n. 9, p. 1698-1709, 2013.

BALDINI, C.; GARDONI, D.; GUARINO, M. **A critical review of the recent evolution of Life Cycle Assessment applied to milk production**. Journal of Clean Production, v. 140, parte 2, p. 421-435, 2017.

BARBIERI, J.C.; CAJAZEIRA, J.E.R.; BRANCHINI, O. **Cadeia de suprimento e avaliação do ciclo de vida do produto: Revisão teórica e exemplo de aplicação**. O Pap., 70:52–72, 2009.

BARBOSA, D.; CARVALHO, E. **Rio+20 aprova texto sem definir objetivos de sustentabilidade**. Portal G1, Rio de Janeiro - RJ. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/rio20/noticia/2012/06/rio20-termina-sem-definir-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel.html>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento da água cinza para uso não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 148 f., 2005.

BEAUCHEMIN, K. A.; HENRY J. H.; LITTLE, S. M.; MCALLISTER, T. A.; MCGINN, S. M. **Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study**. Agricultural Systems, v. 103, n. 6., p. 371-379, 2010.

BEAUCHEMIN, K. *et al.* **Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study**. Agricultural Systems, v. 103, n. 6, p. 371-379, 2010.

BENOIT, C. **Guidelines for social lifecycle assessment of products**. UNEP/Earthprint, 2009.

BERLIN, J., **Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese**. International Dairy Journal. v. 12, p. 939-953, 2002.

BORREGO, C.; LOPES, M.; RIBEIRO, I.; CARVALHO, A. **As alterações climáticas: uma realidade transformada em desafio**. Periódico do CIEDA e do CIEJD, em parceria com GPE, RCE e o CEIS20. N.1. 2009. Disponível em: <<http://www.europe-direct-aveiro.aeva.eu/debatereuropa/>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2014/2015 a 2024/2025**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2015. 133 p.

BRASIL. **Instrução Normativa no 51**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. V. 1, p. 13-22. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento -MAPA. **Exportações do agronegócio atingem quase US\$ 100 bilhões em 2013**. 2014.

BSI, **PAS 2050: Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services**. British Standards Institute, London, UK. 2011.

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

CEDERBERG, C.; STADIG, M. **System Expansion and Allocation in Life Cycle Assessment of Milk and Beef Production**. International Journal of Life Cycle Assessment. V. 8, p 350-356. 2003.

CERRI, C. C. *et al.* **Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock**. Scientia Agricola, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. **The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products**. Water international, v. 33, n. 1, p. 19-32, 2008.

CIROTH, A. *et al.* **Towards a live cycle sustainability assessment: making informed choices on products**. United Nations Environment Programme, 2011.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **ÁGUA, INDÚSTRIA E SUSTENTABILIDADE**. Brasília, 2013. Disponível em: [http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_18/2013/09/23/4967/20131025113511891782i.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/09/23/4967/20131025113511891782i.pdf)>. Acesso: 02/05/2018

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: [https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cadrja&uact=8&ved=0ahUKEwiflb6vwu\\_YAhVBEZAKHVJ7BC8QFgggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.conab.gov.br%2FolalaCMS%2Fuploads%2Farquivos%2F17\\_05\\_15\\_14\\_13\\_38\\_leite\\_abril\\_2017.pdf&usq=AOvVaw3Ebk4l9H1j6KRxMeVmDgeA](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cadrja&uact=8&ved=0ahUKEwiflb6vwu_YAhVBEZAKHVJ7BC8QFgggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.conab.gov.br%2FolalaCMS%2Fuploads%2Farquivos%2F17_05_15_14_13_38_leite_abril_2017.pdf&usq=AOvVaw3Ebk4l9H1j6KRxMeVmDgeA). Acesso em: 07 de Jan. 2018.

CONANT, Richard T. **Challenges and Opportunities for Carbon Sequestration in Grassland Systems: A Technical Report on Grassland Management and Climate Mitigation**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.

CONSTANTINOV, Givanildo Nogueira. **Novos paradigmas dos créditos ambientais**. In: FARIAS, Talden; COUTINHO, Francisco Seráfico da Nóbrega (Coord.). **Direito Ambiental: o meio ambiente na contemporaneidade**. Belo Horizonte: Forum, 2010

COSTA, M. L. *et al.* **Consumo de água na produção e industrialização da carne bovina na região sul do Brasil.** V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida. Fortaleza CE, 2016.

DE LEIS, C. M. *et al.* **Carbon footprint of milk production in Brazil: a comparative case study.** The International Journal of Life Cycle Assessment v. 20, p. 44-60, 2014.

DJEKIC, I.; MIOCINOVIC, J.; TOMASEVIC, I.; SMIGIC, N.; TOMIC, N. **Environmental life-cycle assessment of various dairy products.** Journal of Cleaner Production, v. 68, p. 64-72, 2014.

DRASTING, K., PROCHNOW, A., KRAATZ, S., KLAUSS, H. & PLÖCHL, M. **Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany),** Advances in Geosciences, vol. 27, p. 65-70. 2010.

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.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Anuário Leite 2018: Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. Castro-pr: Embrapa Gado de Leite, 15 ago. 2018.

EPA, U. S. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice National Risk Management Research Laboratory,** US Environmental Protection Agency Cincinnati. 2006.

FANTIN, V.; BUTTOL, P.; PERGREFFI, R.; MASONI, P. **Life cycle assessment of Italian high-quality milk production. A comparison with an EPD study.** Journal Clean Production. V. 28, p. 150-159. 2012.

FAO - **Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2017).** Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/> . Acesso em: 05. jan. 2018.

FAO. **Faostat: statistics division, trade, download data, crops and livestock products.** Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E>>. Acesso em: 5 abril.2018

FAVA, J. A. **A technical framework for life-cycle assessment.** Society of Environmental Toxicology and Chemistry and SETAC Foundation for Environmental Education, 1991.

FINNEGAN, W.; GOGGINS, J.; CLIFFORD E.; ZHAN X. **Global Warming Potential Associated with Dairy Products in the Republic of Ireland.** Journal of Cleaner Production. 2017.

FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M. Z.; EKVALL, T. *et al.* **Recent developments in Life Cycle Assessment.** Journal of Environmental Management, v. 91. n. 1, p. 1-21. 2009.

FLICHMAN, G.; LOUHICHI, K.; BOISSON, J.-M. **Modelling the Relationship Between Agriculture and the Environment Using Bio-Economic Models: Some Conceptual Issues.** In: FLICHMAN, G. (Ed.). Bio-Economic Models applied to Agricultural Systems Springer Netherlands. Cap. 1, p.3-14, 2011.



FLYSJÖ, A.; HENRIKSSON, M.; CEDERBERG, C.; LEDGARD, S. **The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden.** *Agricultural Systems*. V.104, p 459-469. 2011.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; CASTANHEIRA, É. G.; DIAS, A. C.; ARROJA, L. **Environmental life cycle assessment of a dairy product: the yoghurt.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 18, n. 4, p. 796-811, 2013b.

GONZALEZ-GARCIA, S.; CASTANHEIRA, É. G.; DIAS, A. C.; ARROJA, L. **Environmental performance of a Portuguese mature cheese-making dairy mill.** *Journal of Cleaner Production*, v. 41, p. 65-73, 2013d.

GUINÉE, J. B.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T.; RYDBERG, T. **Life cycle assessment: past, present, and future.** *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 1, p. 90-96, 2011.

GUINÉE, J. B. H. **on life cycle assessment operational guide to the ISSO standard.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 7, n. 5, p. 311-313, 2002.

GUINÉE, J. B. *et al.* **Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future.** *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 1, p. 90-96, 2010.

HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; GUINÉE, J. B. **Lifecycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies.** *Polymer Degradation and Stability*, v. 95, n. 3, p.422-428, 2010.

HOEKSTRA, A. Y. *et al.* **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica 2013.** Disponível em: <<http://ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-et-al-2013-ManualDeAvaliacaoDaPegadaHidrica.pdf>>. Acesso em: 07 de fev.2017.

HOEKSTRA, A. Y. **Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade.** Value of Water Research Report Series No12. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. 2003. Disponível em: <<http://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard.** Earthscan, London, UK, 2011.

HOOGMARTENS, R. *et al.* **Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools.** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 48, n. 0, p.27-33, 2014.

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

HUANG, J.; XU, C. C.; RIDOUTT, B. G.; LIU, J. J.; ZHANG, H. L.; CHEN, F.; LI, Y. **Water availability footprint of milk and milk products from large-scale dairy production systems in Northeast China.** *Journal of Cleaner Production*, 79, 91-97. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Malhas Digitais**. 2010. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

IBGE. Pesquisa da pecuária municipal e censo agropecuário. Rio de Janeiro: Sidra, 2016. Disponível em: Acesso em: 5 maio. 2018.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, **A Common Carbon Footprint Approach for Dairy, a Guide to Standard Life Cycle Assessment Methodology for the Dairy Sector**. 2010.

IRIBARREN, D.; HOSPIDO, A.; MOREIRA, M. T.; FEIJOO, G., **Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms**. Sci. Total Environ. V. 409, p. 1786-1798. 2011.

ISO, 2006a. **ISO 14040: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework**. International Organization for Standardization.

ISO, 2006b. **ISO 14044: Environmental Management - Life Cycle Assessment –**

KORSSTRÖME, M. LAMPI. **Best available techniques (BAT) for the Nordic dairy industry**. 2008. Disponível em: [http://eldri.ust.is/media/skyrslur2002/BAT\\_mjolkuridn\\_2001-586.pdf](http://eldri.ust.is/media/skyrslur2002/BAT_mjolkuridn_2001-586.pdf)>. Acesso em : 05 jan. 2018.

KULAY, L.; SEO, M. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** - v.5, n.1, 2010. Disponível em: <[www.interfacehs.sp.senac.br](http://www.interfacehs.sp.senac.br)>. Acesso em: 05 Jan. 2018.

MAIA, G. B. S.; PINTO, A. R.; MARQUES, C. Y. T.; ROITMAN, F. B.; LYRA, D. D. **Produção leiteira no Brasil. Agropecuária: BNDES Setorial**, n. 37, p. 371-398, 2014.

MANYIKA, J.; CHUI, M.; MIREMADI, M.; BUGHIN, J.; GEORGE, K.; WILLMOTT, P.; DEWHURST, M. **A future that works: automation, employment, and productivity**. [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: Acesso em: 16 abril. 2018.

MEKONNEN M. M.; HOEKSTRA A. J. **A global assessment of the water footprint of animal products**. Ecosystems 15:401–415, 2012.

MENESES, M.; PASQUALINO, J.; CASTELLS, F. (2012) **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.

NORO GIOVANI. **Síntese do Leite**. Programa de pós-graduação UFRGS 2001.

O'BRIEN, D.; SHALLOO, L.; PATTON, J.; BUCKLEY, F.; GRAINGER, C.; WALLACE, M. **A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms**. Agriculture System.v. 107, p. 33-46. 2012.

OECD. Organisation for Economic Co-Operation and Development: **Agriculture Outlook 2016- 2025**. Paris: OECD, 2016. Disponível em: Acesso em: 6 de maio. 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. Agenda 2030, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso: 24 novembro de 2018.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. **Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil**. Revista Multiciência, v. 8, p 139-162, 2007.

PFISTER, S.; BOULAY, A. M. **Understanding the LCA and ISO water footprint: A response to Hoekstra (2016) “A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA**. Ecological Indicators, v. 72, p. 352–359. 2017.

PIRES M.F.A., CASTRO C.R.T., OLIVEIRA V.M. & PACIULLO D.S.C. **Conforto e bem-estar para os bovinos leiteiros**. In: Auad A.M., Santos A.M.B. & Pires M.F.A.(Org.). Manual de Bovinocultura de Leite. 2 ed. Brasília/Belo Horizonte: LK editora/SENAR-AR/MG, vol. 1. p. 395-426. 2010.

A. POPP, H. LOTZE-CAMPEN, B. BODIRSKY. **Food consumption, diet shifts and associated non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases from agricultural production**. Global Environ Change, 20 (2010), pp. 451-462.

PROTOCOLO DE KYOTO, Protocolo de Kyoto. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil. 1997. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

RAMÍREZ, C. A.; PATEL, M.; BLOK, K. **From fluid milk to milk powder: energy use and energy efficiency in the European dairy industry**. Energy 31, p. 1984-2004. 2006.

RAN, Y. *et al.* **Assessing water resource use in livestock production: A review of methods**. Livestock Science, v. 187, p. 68-79, 2016.

RESENDE, J. C.; ROCHA, D. T.; MARTINS, P. C.; RIBEIRO, V. M. **Ganho tecnológico na cadeia produtiva do leite**. Agroanalysis, v. 31, n. 12, dez. 2016

RILEY, J. **Water footprint must be reduced**, *Farmers Weekly*, vol. 150, no. 13, pp. 12. 2009.

ROY, P. *et al.* **A review of life cycle assessment (LCA) on some food products**. Journal of Food Engineering, v. 90, n. 1, p. 1-10, 2009.

ROHLFES, A.L.B.; BACCAR, N.M.; OLIVEIRA, M.S.R.; MARQUARDT, L.; RICHARDS, N.S.P.S. **Indústrias Lácteas: Alternativas De Aproveitamento Do Soro De Leite Como Forma De Gestão Ambiental**. Tecni-Lógica, 15:79–83, 2011.

RUVIARO, C. F. *et al.* **Carbon footprint in different beef production systems on a Southern Brazilian farm: case study**. Journal of Cleaner Production, v. 96, p. 435-443, 2015.

SÉO, H.L.S.; FILHO, L.C.P.M.; RUVIARO, C.F.; LÉIS, C.M. **Avaliação do Ciclo de Vida na bovinocultura leiteira e as oportunidades ao Brasil**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n2/1809-4457-esa-s1413-41522016149096.pdf>>. Acesso: 05/01/2018.

TARIFA, J. R. **Alterações Climáticas Resultantes da Ocupação Agrícola no Brasil**. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: FFLCH / USP, n. 8. p. 15-27, 1994.

TUKKER, A.; HUPPES, G.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; DE KONING, A.; VAN OERS, L.; SUH, S.; GEERKEN, T.; VAN HOLDERBEKE, M.; JANSEN, B.; NIELSEN, P. **Analysis of the Life Cycle Environmental Impacts Related to the Final Consumption of the EU-25. Main Report**. Environmental Impacts of Products (EIPRO). European Commission, Joint Research Centre. 2006.

VILELA, D.; RESENDE, J. C. DE. Simpósio sobre sustentabilidade da pecuária leiteira na região sul do Brasil, 6.; seminário dos centros mesorregionais de excelência em tecnologia do leite, 2., 2014, Maringá. Perspectivas para a produção de leite no Brasil: anais. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2014. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130329/1/Artigo-Anais-6-Sul-Leite-Vilela.pdf>>. Acesso: 02/06/2018.

VILELA, D. **A importância econômica, social e nutricional do leite**. Revista Batavo, n. 111. 2002. Disponível em: <<http://www.nupel.uem.br/importancia.pdf>>. Acesso em: 27/03/2018.

VILELA, D.; LEITE, J. L. B.; RESENDE, J. C. **Políticas para o leite no Brasil: passado, presente e futuro**. In: simpósio sobre sustentabilidade da pecuária leiteira na região sul do Brasil, Maringá - PR. Anais...Maringá: UEM/CCA/DZO/NUPEL, p. 1-26. 2002.

VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LEITE, J. L. B.; ALVES, ELISEU. **A evolução do leite no Brasil em cinco décadas**. Revista de Política agrícola. Março de 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163208/1/Evolucao-do-leite-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 05/06/2018.

VOROSMARTY, C. J.; GREEN, P.; SALISBURY, J.; LAMMERS, R. B. **Recursos hídricos globais: Vulnerabilidade da mudança climática e crescimento populacional**. p. 284-288. 2000.

YAN, M. J.; HUMPHREYS, J.; HOLDEN, N. M. **An evaluation of life cycle assessment of European milk production**. J. Environ. Manag. V. 92, p. 372-379. 2011

**Anexo 1: Modelo de questionário aplicado no laticínio.**

**Localização:**  
**Nome do gerente:**  
**Contato:**

**Período da coleta:**

**INDÚSTRIA**

Quantidade de entrada de leite por dia:

Maquinários utilizados para processamento:

Horas de funcionamento dos maquinários por dia:

Quantidade de água por mês:

Disponibilidade da água: Poço artesiano ou através da central de abastecimento ?

Quantidade de energia por mês:

Disponibilidade da energia:

Quantidade de ácido nítrico utilizado no mês:

Quantidade Hipoclorito de sódio utilizado no mês:

Quantidade de detergente alcalino utilizado no mês:

Quantidade de metros cúbicos de madeira utilizado por dia:

Espécie da madeira:

Quantidade de embalagens por mês:

Descrição da embalagem: