



**INSTITUTO
FEDERAL**
Rio de Janeiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Campus Rio de Janeiro

Mestrado Profissional em Ciência
e Tecnologia de Alimentos

Amanda Almeida da Silva

**CICLO DE VIDA DA
PRODUÇÃO DE QUEIJO
MINAS FRESCAL E QUEIJO
MINAS CURADO: UMA
ANÁLISE COMPARATIVA**

Rio de Janeiro

2022

AMANDA ALMEIDA DA SILVA

CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE QUEIJO MINAS FRESCAL E QUEIJO MINAS
CURADO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof^a Lilian Bechara Elabras Veiga, DSc

Orientadora: Prof^a Simone Lorena Quiterio de Souza, DSc

RIO DE JANEIRO

2022

Amanda Almeida da Silva

**CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE QUEIJO MINAS FRESCAL E QUEIJO
MINAS CURADO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Orientadora: Lilian Bechara Elabras Veiga, DSc
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Orientadora: Simone Lorena Quiterio de Souza, DSc
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Marcelo Guimarães Araújo, DSc
Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz.

Giancarlo Alfonso Lovón Canchumani, DSc
Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, UFPR.

Rio de Janeiro – RJ
2022

Ficha catalográfica elaborada por
Joana de Carvalho Pinheiro
CRB7 4.191|

S586c Silva, Amanda Almeida da Silva.

Ciclo de vida da produção de queijo Minas frescal e queijo Minas curado: uma análise comparativa. / Rio de Janeiro. Amanda Almeida da Silva. – Rio de Janeiro, RJ, 2022.

74 f.: il.; 21 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2022.

Orientadora: Prof^ª Dsc Lilian Bechara Elabras Veiga

Co-orientadora: Prof^ª Dsc Simone Lorena Quiterio de Souza

I. Tecnologia de alimentos. 2. Produção alimentos sólidos queijos. Saúde mental. 3. COVID-19 Práticas integrativas. I. Veiga, Lilian Bechara Elabras. II. Título.

IFRJ/CMAR/CoBib

CDU 664

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus, que sendo onipresente e onipotente me acompanhou em toda essa jornada.

Os meus mais sinceros agradecimentos aos meus pais Cláudia de Oliveira Almeida e Manoel Diniz Santos da Silva, que foram a base forte e sólida, me impedindo de desistir e aplaudindo meu sucesso. Vocês foram o motivo para que eu tenha chego tão longe. Obrigada por me ensinarem a lutar arduamente pelo que eu acredito.

Agradeço também ao meu marido Wallace de Souza, que esteve comigo durante todo esse trajeto, me acompanhando em todas minhas conquistas acadêmicas.

À minha filha Alice, que ainda em meu ventre, já é o motivo de toda meu amor e meu maior incentivo para não desistir dos meus objetivos.

Agradeço à toda minha família: tios, primos e avós (*i.m* Dirce Oliveira) que sempre estiveram comigo e acompanharam toda minha jornada de vida. Vocês foram essenciais para a construção desse momento.

Por último, e sem dúvidas de extrema importância, agradeço à minhas orientadoras Lílian Veiga e Simone Quitério e meu co-orientador Marcelo Guimarães por toda ajuda e empenho nesse trabalho. Vocês foram essenciais para que todo o estudo obtivesse o sucesso esperado.

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de laticínios, portanto, esse setor industrial, além de influenciar na dieta nutricional dos brasileiros desempenha um importante papel econômico gerando emprego e renda. Entre os produtos lácteos, o queijo ganha destaque, sendo um dos derivados lácteos de maior produção no país. Cabe ressaltar, que apesar dos benefícios, a indústria de laticínios está associada a significativos impactos ambientais como o alto consumo de água, geração de resíduos e efluentes, gases do efeito estufa e consumo de energia. A ACV é uma ferramenta de gestão ambiental utilizada para avaliar impactos ambientais e uso de recursos associados a um produto, processo ou serviço ao longo de seu ciclo de vida. Com o objetivo de identificar os impactos ambientais associados à produção de laticínios, mais especificamente a produção de queijo e propor medidas para mitigá-los, foi realizado um estudo utilizando a ferramenta ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) em uma produção artesanal de queijo minas frescal e queijo minas curado localizada no município de Casimiro de Abreu (RJ). Com isto, foi possível identificar que os maiores impactos ambientais estão associados às fazendas leiteiras, onde há maior emissão de gases de efeito estufa associados a fermentação entérica dos animais, sendo as categorias de impactos mais relevantes mudanças climáticas (31,56%) e toxicidade humana com efeitos cancerígenos (35,46%). Cabe ressaltar que o queijo minas curado também apresentou maior impacto ambiental quando comparado ao queijo minas frescal, visto que este utiliza maior quantidade de leite em sua fabricação. Com o intuito de mitigar os impactos ambientais gerados, sugere-se a adoção de medidas como o reaproveitamento de resíduos e mudanças na alimentação dos animais.

PALAVRAS CHAVE: Avaliação do Ciclo de Vida, Queijo Minas, Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Brazil is one of the world's largest dairy producers, therefore, this industrial sector, in addition to influencing the nutritional diet of Brazilians, plays an important economic role in generating employment and income. Among dairy products, cheese gains prominence, being one of the dairy products with the highest production in the country. It is worth mentioning, that despite the benefits, the dairy industry is associated with major environmental impacts such as high water consumption, generation of waste and effluents, greenhouse gases and energy consumption. LCA is an environmental management tool used to assess environmental impacts and use of resources associated with a product, process or service throughout its life cycle. In order to identify the environmental impacts associated with the production of dairy products, more specifically the production of cheese and measures to mitigate them, a study was carried out using an LCA (Life Cycle Assessment) tool in a handcrafted production. fresh and cured Minas cheese located in the municipality of Casimiro de Abreu (RJ). With this, it was possible to identify that the major environmental impacts are associated to the dairy farms, where there is a significant emission of greenhouse gases associated with the enteric fermentation of animals, being the most relevant impact categories climate change (31.56%) and human toxicity with carcinogenic effects (35.46%). It is worth to mention that the cured minas cheese had greater environmental impact when compared to minas frescal cheese, since it uses a greater amount of milk in its process. In order to mitigate environmental impacts, this study suggest the adoption of measures such as the reuse of waste and changes in animal feed.

KEYWORDS: Life Cycle Assessment, Minas Cheese, Environmental impacts.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. REVISÃO DA LITERATURA	10
3.1 LEITE BOVINO	10
3.2 QUEIJO MINAS FRESCAL E QUEIJO MINAS CURADO	12
3.3 SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA	13
3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	15
3.4.1 Breve histórico da Avaliação do Ciclo de Vida	18
3.4.2 ACV no cenário brasileiro	19
3.4.3 Etapas da ACV	20
3.4.4 Software utilizados na ACV	24
3.4.5 Dificuldades e limitações de um estudo ACV	25
3.5 PRODUÇÃO DE LATICÍNIOS: PRINCIPAIS IMPACTOS	28
3.6 ESTUDOS ACV NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	30
4. METODOLOGIA	34
4.1 OBJETO DE ESTUDO	34
4.1.1 Área de estudo	34
4.1.2 Coleta de dados	35
4.2 ESTUDO DA ACV	36
4.2.1 Definição de objetivo e escopo do estudo	36
4.2.2 Análise de inventário	39
4.2.3 Avaliação de impactos	40
4.2.4 Cenários propostos	41
4.2.5 Interpretação dos resultados	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
6. CONCLUSÃO	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO A- Roteiro da Visita	68

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a sociedade vem passando por mudanças econômicas, sociais e culturais que resultaram em uma produção e um consumo de trajetória ascendentes. O aumento na oferta e na demanda por produtos, bens e serviços está associada, em parte, à inovação e à novas tecnologias. Há ainda um desalinhamento entre o crescimento da população e o acesso a produtos, bens, serviços, alimentos e oportunidades contribuindo, assim, para a degradação do meio ambiente, a exaustão de recursos naturais e das próprias relações sociais (VAN KERNEBEEK *et al.*, 2016; RIBEIRO e VARGAS, 2015).

Para atender à crescente demanda por bens de consumo, os processos produtivos estão se tornando mais eficientes e, o mercado consumidor, por sua vez, mais exigente e consciente, buscando produtos de qualidade, produzidos com certa preocupação ambiental e social (FILHO e SICSÚ, 2003).

Tendo em vista este cenário, o setor produtivo gradualmente vem adotando práticas sustentáveis associadas ao incentivo econômico, tecnológico e à inovação, a fim de assegurar a disponibilidade dos recursos do planeta (BAPTISTA JUNIOR e ROMANEL, 2013).

Outro fator que impulsionou essa consciência ambiental nas empresas foi a sanção das primeiras legislações ambientais, a partir da década de 70. Ao nível federal, em 1975, o Decreto-Lei n. 1.413 regulamentou o controle da poluição industrial no país. No mesmo ano, o Decreto 76.389 indicou áreas críticas de poluição (ADISSI *et al.*, 2013). Na década seguinte, em 1981, foi publicada a Lei nº 6.938, representando o grande marco na gestão ambiental no Brasil. Esta Lei instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), estrutura organizacional composta por diversos órgãos, dentre os quais, ao nível federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), responsável dentre outros, por estabelecer normas e critérios para a proteção ambiental. O artigo 9º da referida Lei introduz diversos instrumentos de gestão ambiental, dentre os quais cabe destacar o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, que viriam através das Resoluções do CONAMA estabelecer limites de controle da poluição, visando o uso racional dos recursos naturais (BRASIL, 1981).

Nesse sentido, a partir da década de 80, por imposição legal, para atender os padrões de poluição estabelecidos através das Resoluções do CONAMA as empresas começaram a tratar seus resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas ao final do processo produtivo, antes de dispô-los no meio ambiente, e assim, conseqüentemente, os impactos ambientais resultantes da disposição e lançamento destes no meio são minimizados.

De fato, segundo Lucas Junior e Amorim (2005), os processos produtivos geram aspectos e impactos ambientais¹. As empresas possuem responsabilidade na conservação e preservação do meio ambiente, elas dependem dos recursos naturais para suas atividades, e por isso, devem atuar de forma proativa visando a redução ou eliminação desses impactos associados ao processo e ao produto, buscando o aumento da eficiência e da produtividade.

Nesse sentido, visando melhorar o desempenho ambiental associado ao processo produtivo, reduzir o uso de recursos naturais, prevenir a poluição gerada, aumentar a eficiência, a produtividade, mantendo a competitividade alguns instrumentos e ferramentas de gerenciamento ambiental foram desenvolvidos, tais como a produção mais limpa, a ecoeficiência e a avaliação do ciclo de vida.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um método utilizado em diversos países, dentre os quais o Brasil, para verificar e avaliar os impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos produtos, processos ou serviços, ao longo de sua cadeia de valor identificando as etapas críticas do ciclo de vida do produto responsáveis por gerar significativos impactos ambientais e que utilizam grande quantidade de recursos naturais (NIGRI *et al*, 2009). Assim, é possível identificar o desempenho ambiental de um processo ou produto do berço ao túmulo, sendo esta descrição explicitada pela expressão “*cradle to grave*”, ou seja, é possível realizar uma avaliação desde a obtenção da matéria-prima até a disposição final deste produto, incluindo até mesmo o transporte, a reutilização e a reciclagem, quando estas últimas forem adotadas, permitindo a adoção de medidas mitigatórias sobre os impactos ambientais gerados (KIM *et al.*, 2013).

¹ Aspecto ambiental é o “elemento das atividades, produtos e/ou serviços de uma organização que pode interagir (alterar) com o meio ambiente de forma adversa ou benéfica. Os aspectos ambientais são constituídos pelos agentes geradores das interações, como por exemplo, emissão atmosférica, odor, resíduos, consumo de matérias-primas, energia, água, entre outros” (Maganha, 2006).

A ACV vem sendo utilizada no auxílio à tomada de decisão na identificação de oportunidades de melhorias no *design* e na produção de um produto ou no processo produtivo. Segundo Nigri *et al* (2009), a ACV também pode ser utilizada para determinar o desempenho ambiental de um produto ou para comparar o desempenho ambiental de produtos que exerçam a mesma função.

Devido ao aumento do número de estudos de ACV realizados no mundo, foi necessária a padronização destes estudos. Nesse sentido, a ISO (*International Organization for Standardization*) publicou, na década de 90 a série de normas ISO 14.040. Desde então, a realização da ACV é padronizada pela metodologia estabelecida pelas normas ABNT² NBR ISO 14040:2009 - Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estruturas e ABNT NBR ISO 14044:2009 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações³.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais no setor de laticínios com numerosos estabelecimentos em todo o país. Por isso, além de ter um papel nutricional na vida dos brasileiros, os produtos lácteos geram emprego e renda para a população (LIMA *et al.*, 2017; FAO, 2016).

De acordo com Cruz *et al.* (2021), o queijo é um produto derivado do leite e obtido através da separação do soro após a coagulação desse leite. Existem diversas variedades de queijo, que se diferenciam em formas, sabores e aromas. Entre essas variedades podem ser citadas: Camembert, Cottage, Parmesão, Mussarela, Minas Frescal e Minas Curado (PERRY, 2004).

A produção do queijo, assim como diversas outras produções lácteas derivadas do processamento do leite produzem significativos impactos que atingem o meio ambiente e conseqüentemente a saúde da população (SANTOS JR *et al.*, 2016). Segundo Milani *et al.* (2011), a maior parte dos impactos gerados na produção de laticínios acontece na fazenda, onde a matéria-prima é extraída. Nigri *et al.* (2011) também utilizou a ferramenta ACV para comparar os impactos ambientais na fabricação de queijo minas, em processo de produção artesanal e industrial, concluindo que a produção artesanal gera menos impactos ambientais quando comparada a produção em nível industrial.

²A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é responsável pela tradução das normas ISO no Brasil.

³A primeira versão destas normas foi publicada pela ISO em 1997.

Cabe destacar que a indústria de laticínios também é responsável pela geração de resíduos, efluentes e emissões atmosféricas, dentre os quais o mais significativo é o soro de leite. Este possui alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), e quando despejado em locais inapropriados, pode contribuir de forma significativa para a poluição do solo e da água (PARASHAR *et al.*, 2016).

Com base no acima exposto, este estudo utilizará a ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para identificar, avaliar e comparar os impactos ambientais associados à produção artesanal de queijo minas frescal e à produção de queijo minas curado. Para tanto, será utilizada a metodologia de ACV estabelecida pela norma ABNT NBR ISO 14040:2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida e ABNT NBR ISO 14044:2009 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Ambos os queijos são produzidos em um laticínio artesanal localizado no município de Casemiro de Abreu, no estado do Rio de Janeiro.

Com o auxílio da ACV será possível determinar qual dos dois produtos apresentam menor consumo de recursos naturais e são responsáveis por gerar menor impacto ambiental, ou seja, uma menor sobrecarga ao meio ambiente. Os resultados permitirão propor medidas que auxiliem na minimização dos impactos identificados, e conseqüentemente melhorias no sistema produtivo. Para o produtor os principais benefícios serão: aumento na competitividade, maior lucro, acesso a novos mercados, menor custo associado a produção e menor custo associado ao tratamento de resíduos e efluentes. Para o meio ambiente: redução no uso de recursos naturais, menos resíduos sendo gerados e dispostos no solo, redução do lançamento de efluentes nos corpos hídricos e redução das emissões atmosféricas, conseqüentemente preservação dos recursos naturais. Para a sociedade: melhoria na qualidade do ar, da água, com efeitos positivos na saúde e maior disponibilidade de recursos naturais.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar e comparar os impactos ambientais (*hotspots*) associados à produção artesanal de queijo minas frescal e queijo minas curado, em uma indústria de laticínios selecionada, localizada no município de Casimiro de Abreu no Rio de Janeiro (ERJ), sob a perspectiva do ciclo de vida dos produtos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar diagnóstico da produção de queijo minas frescal e curado;
- Utilizar a ACV para identificar e avaliar os impactos ambientais e os pontos críticos associados à produção artesanal de queijo minas frescal e queijo minas curado;
 - Comparar os processos e identificar qual produção artesanal⁴ de queijo (frescal ou curado) é responsável pela geração de impactos ambientais mais significativos;
 - Criar cenários com diferentes composições do mix de ração animal para avaliar qual gera menor impacto ambiental.
 - Sugerir medidas mitigatórias, com o intuito de diminuir os impactos ambientais identificados;

⁴ Unidade fabril onde a produção acontece em pequena escala.

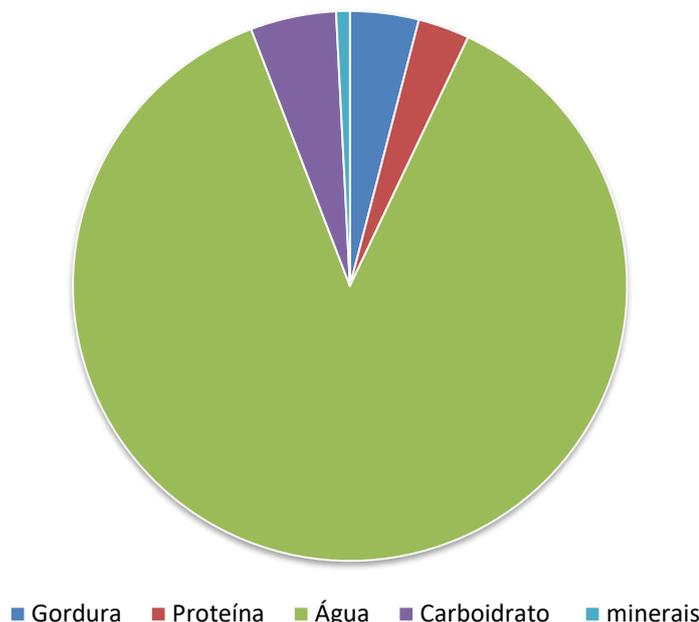
3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 LEITE BOVINO

De acordo com a legislação brasileira, o leite é especificado como produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas (BRASIL, 2011), ele é composto por diversos elementos sólidos em água. Sendo esses sólidos correspondentes por cerca de 12 a 13 % do leite. Entre estes elementos sólidos encontram-se lipídeos, carboidratos, proteínas, sais minerais e vitaminas. As micelas de caseína e as gorduras são os principais responsáveis pelas características organolépticas deste alimento (BRASIL, 2019). Sendo considerado um alimento nutricionalmente completo (GOLDBARG *et al.*, 2005).

A composição das substâncias existentes no leite bovino varia de acordo com as estações do ano, diferença entre as raças do animal, estágio de lactação e até mesmo com o tipo de alimentação. Entretanto, existem valores médios aceitos, sendo eles: 3 % a 4 % de gordura, 3 % de proteína, 4 % a 5 % de carboidratos, 0,8 % de sais, 0,1 % de vitaminas e 87 % de água (SBAN, 2015 *apud* HAUG *et al.*, 2007) como demonstrado no Gráfico 1. O leite é um alimento natural que possui alta perecibilidade, e por isso, antes de ser comercializado, é necessário que ele passe por outros processos além da ordenha e da refrigeração, como por exemplo a pasteurização, que consiste no aquecimento do leite para diminuição da contagem bacteriana neste alimento (SERAFINI *et al.*, 2017).

Gráfico 1- Composição média do leite bovino.



Fonte: Elaboração própria a partir de SBAN (2015) *apud* HAUG *et al.* (2007)

Desde a década de 90, a produção de leite tem sofrido grandes transformações no país. Visando processos mais eficientes, tomaram-se medidas como a produção em grande escala, mas mantendo a qualidade e a industrialização de produtos lácteos variados (JOHNSON, 2017; CORREA *et al.*, 2010). Segundo a Embrapa (2016), o leite consta entre um dos seis produtos agropecuários mais importantes do Brasil, e por isso, possui um papel social de grande importância.

Por ser uma atividade que gera emprego e renda, a produção leiteira está distribuída por todo o território nacional, com destaque para o estado de Minas Gerais, o grande produtor de leite no Brasil, onde diversas famílias sobrevivem especificamente desta atividade (PEREIRA, 2011). Em 2016, o Brasil ocupou o sexto lugar no *ranking* mundial dos maiores produtores leiteiros (MACIEL *et al.*, 2018; EMBRAPA, 2018). No ano de 2019, segundo o Anuário do Leite da Embrapa (2020), a produção leiteira atingiu cerca de 34,52 milhões de litros. De acordo com o anuário do leite da Embrapa de 2021, a produção de leite em 2020 foi de cerca de 35 milhões de litros.

Este alimento é considerado de grande importância para os seres humanos, pois, como já citado, possui ampla distribuição e baixo custo, sendo muito utilizado

como matéria-prima na composição de diversos produtos (GOLDBARG, 2005; MILANI *et al.*, 2011). Entre os diversos tipos de leite, o bovino, é considerado o mais importante tanto industrialmente como comercialmente.

O segmento de laticínios no Brasil é composto pelos produtores de leite e seus derivados, tendo como exemplo o creme de leite, iogurte, manteiga, leite em pó e queijos (FGV, [s.d]).

3.2 QUEIJO MINAS FRESCAL E QUEIJO MINAS CURADO

No Brasil, a Portaria de nº146 de 7 de março de 1996 (regulamento técnico da identidade e qualidade dos queijos), define queijo como:

O produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes (BRASIL, 1996).

Acredita-se que o surgimento do queijo está relacionado à domesticação de ovelhas e cabras. Foi observado pelos pastores, que de forma acidental, o leite poderia se acidificar, e assim, era possível separar em massa e soro. Dessa forma, eles perceberam que essa massa quando moldada e seca se tornava um alimento nutritivo e de fácil obtenção. Este fato pode ser explicado, pois o leite é muito suscetível a contaminação por bactérias. Estas utilizam seus açúcares como fonte de alimento e produzem o ácido láctico, que coagula a caseína (enzima do leite) em seu ponto isoelétrico (NETTO, 2011; PAULA *et al.*, 2009). Além disso, o queijo é uma ótima forma de conservação do leite (RIVA *et al.*, 2017), justamente por apresentar menor atividade de água e por isso, ser menos propício a degradação.

O queijo está entre os produtos de laticínios consumidos com maior preferência pela população mundial (25,2 %), seguido por manteiga (23,1 %), leite em pó desnatado (5,1 %) e leite em pó integral (3,7 %) (SANTOS JR *et al.*, 2016; FAO, 2015).

Atualmente, acredita-se que existam mais de mil tipos de queijo produzidos ao redor do mundo e cada um deles possui características próprias de forma, sabor e textura. Existem ainda definições específicas para cada tipo de queijo, o frescal é caracterizado pela Instrução Normativa nº 62/2011 como um queijo fresco produzido

por meio da coagulação enzimática do leite e com alto teor de umidade (BRASIL, 2011). Já o queijo curado, é uma variação do queijo minas frescal, possuindo assim composição semelhante, entretanto o queijo curado passa por um processo de maturação e adquire uma consistência mais firme e um menor teor de umidade se comparado ao frescal (JOLY, 2009).

O queijo fresco é aquele que após a coagulação, retirada do soro e salga se encontra próprio para consumo, enquanto os queijos maturados sofrem adição de culturas lácteas específicas (fermento) que dão aroma e sabor (BELOTI, 2014)

Os queijos de massa mole, com alto teor de umidade e um pH mais alto, como é o caso do queijo frescal, têm menor perecibilidade e maior tendência a contaminação microbiológica, justamente pela sua alta atividade de água (SANGALETTI *et al.*, 2009).

Em relação ao mercado nacional de queijos, pode-se afirmar que este apresentou crescimento expressivo (20,3%) a partir do ano de 1994, quando foi instaurado o Plano Real ⁵, que gerou aumento do poder de compra do consumidor de classes mais baixas. A partir de 2000, o mercado de leite variou entre períodos de estabilidade e aumento na produção (CARVALHO *et al.*, 2018).

A Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ) informou que a meta é de que o consumo de queijo chegue a 7,5 quilos per capita, e até 2030 esse consumo consiga atingir a marca de 9,6 quilos de queijo por habitante ao ano (CIÊNCIA DO LEITE, 2017). Em 2019, a produção mundial de queijos foi de 26 milhões de toneladas, superando um percentual de 2,6 % quando comparado ao ano anterior (ABIQ, 2021).

3.3 SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA

Bursztyn e Bursztyn (2012) definem gestão ambiental como:

Um conjunto de ações envolvendo políticas públicas, setor produtivo e sociedade civil, para garantir a sustentabilidade dos recursos ambientais, da qualidade de vida e do próprio processo de desenvolvimento, dentro de um complexo sistema de interações da humanidade com os ecossistemas.

Para a implementação dessas ações é necessário a adoção seja pelo setor público, seja pelo setor empresarial de instrumentos e ferramentas de gestão

⁵ Plano de estabilização da economia que se iniciou em 1934.

ambiental, que gradualmente vêm sendo inseridos no processo de tomada de decisão e na estratégia de negócios das empresas.

Apesar dos desafios acerca do tema sustentabilidade empresarial, é possível afirmar que a sustentabilidade está impactando de forma direta a competitividade das organizações, a sua manutenção ou não no mercado, o processo de tomada de decisão, resultando na transformação em seus produtos, processos, serviços e tecnologias empregadas (NIDUMOLU *et al.*, 2009).

De fato, como afirmado por Belinsky (2016) no passado, as empresas desconheciam a sustentabilidade, porém, atualmente percebem que a sustentabilidade precisa ser considerada na estratégia da empresa, ela está diretamente ligada ao futuro do negócio, possibilitando maiores vantagens competitivas e atração de investidores.

Nem sempre as atividades industriais geraram impactos ambientais e conseqüentemente, degradação, pois, aconteciam em escalas reduzidas de produção e consumo. Entretanto, partir da Revolução Industrial, as escalas de produção aumentaram significativamente, estimulando a exploração de recursos naturais e aumentando a quantidade de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas (emissões ácidas, gases do efeito estufa e liberação de substâncias tóxicas geradas pelas atividades industriais) (BARBIERI, 2016).

Foi durante a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, realizada em Estocolmo em 1972, que se começou a debater, em nível internacional a percepção dos prejuízos resultantes das atividades industriais ao ambiente e a sociedade (MOURAD *et al.*, 2002). Entretanto, para os países em desenvolvimento, o controle da poluição representava um entrave ao desenvolvimento, ao crescimento econômico, e por isso, diversas indústrias poluidoras foram convidadas a migrar para esses países (VINHA, 2003 *apud* MAY, 2003).

Entre os assuntos abordados nesta Conferência, em 1972, estavam às mudanças climáticas, dar suporte ao crescimento econômico e concomitantemente evitar maior dano ao meio ambiente, discutir sobre a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras, argumentar soluções para o aumento de desastres ambientais, dentre outros (BRASIL, 1972).

Todavia, ao longo desses cinquenta anos, pode-se perceber um aumento gradual em relação a preocupação com o consumo excessivo de recursos naturais e geração de poluição por parte das indústrias. Diversas indústrias, tendo como base

os princípios de preservação dos recursos naturais e da prevenção da poluição, vêm buscando a adoção de medidas, como por exemplo, o reuso e a reciclagem de materiais, o reuso da água e uma utilização adequada dos recursos ambientais (SILVA, 2011).

Para as indústrias do setor de alimentos não vêm sendo diferente. Nos sistemas de produção de alimentos existem grande entrada de recursos necessários ao processo produtivo e saídas (resíduos, efluentes e emissões atmosféricas), provocando efeitos negativos ao meio ambiente. Deve-se levar em consideração que esses sistemas são otimizados de maneira a satisfazer demandas econômicas e qualidade nutricional de uma população crescente (ANDERSSON *et al.*, 1998).

As indústrias do setor de alimentos ganham destaque em relação ao grande consumo de água e geração de efluentes, além da geração de lodo nas estações que recebem tratamento biológico (RAMJEAWON, 2000; SARAIVA *et al.*, 2009).

Nesse sentido, na produção de alimentos, a inovação e as novas tecnologias podem contribuir para a redução da quantidade de água consumida e efluentes gerados, de modo a existir certa coerência com um modelo sustentável que vise à preservação do meio ambiente. Saraiva (2009) e Menezes (1999) destacam que evitar desperdícios e perdas resulta em uma maior eficiência na produtividade e, conseqüentemente em um menor gasto com investimentos para solucionar os problemas ambientais causados pela atividade produtiva.

Segundo Derwall *et al.* (2005) existe evidência de que empresas que adotam instrumentos e ferramentas de gestão ambiental desenvolvem uma maior vantagem competitiva em relação às outras. A partir deste argumento, pode-se inferir que essas empresas obterão maior retorno financeiro do que empresas menos responsáveis ambientalmente. Nesse sentido, as empresas vêm demonstrando uma maior preocupação para conciliar o processo produtivo com a questão ambiental, sendo este um fator relevante que irá contribuir para um maior desempenho econômico, ambiental e social das empresas (BICALHO e SANTOS, 2013).

3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

A busca das indústrias por uma produção mais limpa e menos agressiva ao meio ambiente, resultou no desenvolvimento de abordagens e ferramentas de gestão

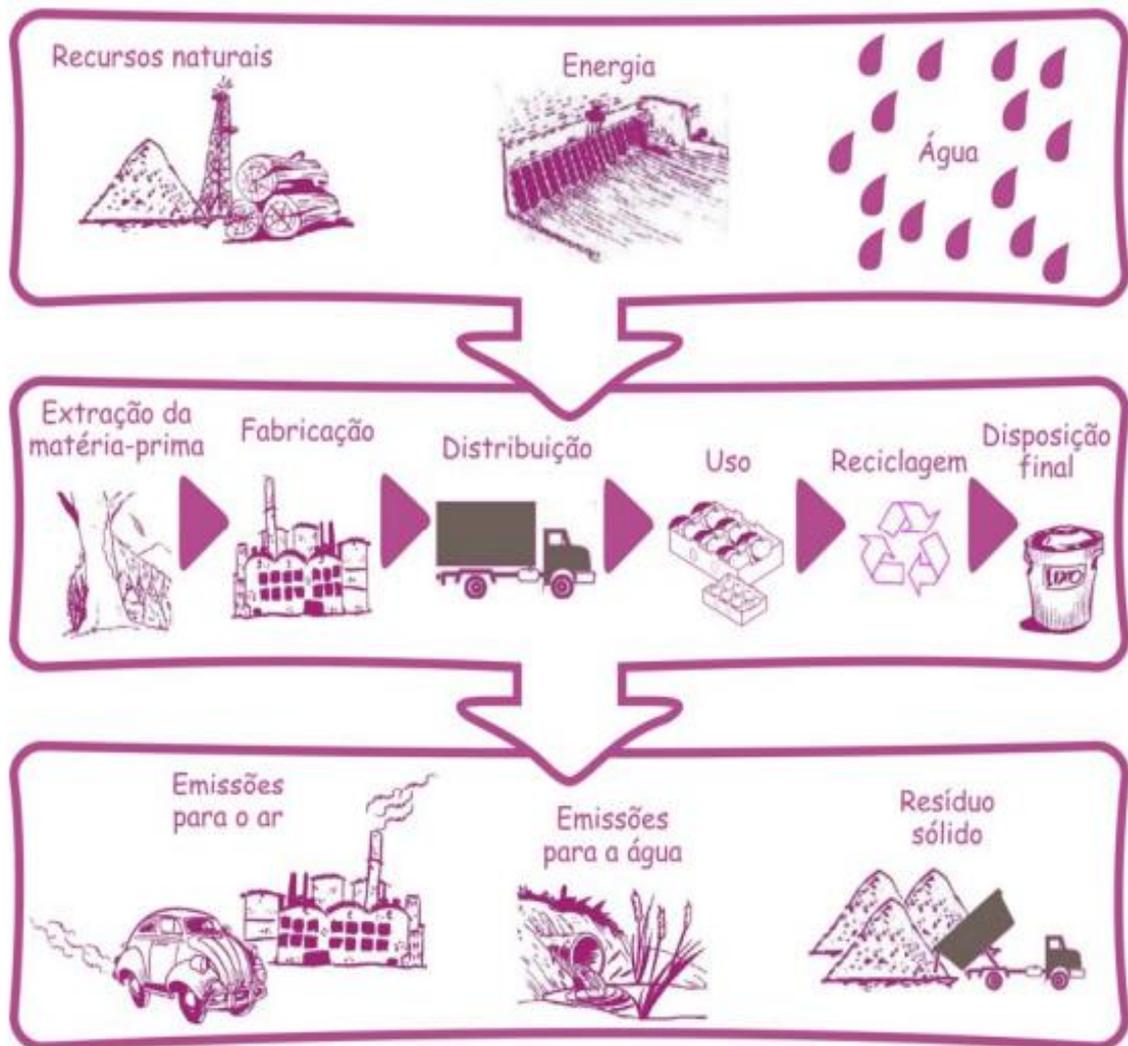
que possibilitam que às empresas avaliem as consequências ambientais geradas pelas decisões tomadas em relação aos seus processos produtivos e a criação de novos produtos (WILLERS *et al.*, 2011).

A ACV (Avaliação do Ciclo de Vida), em inglês denominada de *Life Cycle Assessment*, é uma técnica que considera de forma sistemática as questões ambientais associadas à cadeia produtiva. Sendo assim, é possível identificar e avaliar o impacto ambiental gerado por um produto, processo ou sistema, desde o berço até o túmulo, ou seja, desde a extração da matéria prima até a disposição final do mesmo, ou então do berço ao berço, caso haja reuso ou reciclagem do produto no fim de sua vida útil (SIRACUSA *et al.*, 2014; BARBOSA JR *et al.*, 2008).

A ACV é reconhecida no mundo inteiro como um método científico capaz de avaliar os impactos ambientais decorrentes do ciclo de vida de um produto, e vem sendo utilizada em vários estudos, por diversos setores produtivos (RIVA, 2017; WILLERS *et al.*, 2011). Ferreira (2004) descreve a ACV como uma compilação e avaliação das entradas e saídas e dos prováveis impactos ambientais ao longo da obtenção de um produto, como é observado no esquema presente na Figura 1.

A ACV possibilita uma avaliação completa da cadeia de valor, levando em consideração a análise dos efeitos de todos os aspectos ambientais em várias categorias de impacto. Sendo assim, é possível definir qual etapa do ciclo de vida de um produto gera impactos ambientais mais significativos, permitindo assim atuar no processo de forma a minimizá-los. Essa metodologia acaba sendo utilizada como um suporte para a tomada de decisões das empresas tanto em relação à questão ambiental como em relação ao mercado (ROMEU e SILVA, 2013).

Figura 1- Representação de um esquema geral de ACV.



Fonte: MOURAD, *et al.*, 2002.

Em resumo, a Avaliação do Ciclo de Vida pode ser utilizada para:

- Identificar possíveis melhorias nos aspectos ambientais de produtos em todas as etapas de seu ciclo de vida;
- Avaliar as decisões (planejamento estratégico, projetos de produto e/ou processos) que forem tomadas nas indústrias, organizações governamentais e não-governamentais;
- Fornecer informações sobre os recursos utilizados no consumo de energia e na emissão de poluentes;
- Promover *marketing* institucional e de produto (LIMA e KIPERSTOK, s.d; ABNT ISO 14040; BARBOSA Jr, 2008).

Com o intuito de padronizar a metodologia e os critérios ao nível global para realização de um estudo de ACV, a ISO (*International Standard Organization*) elaborou a série de normas ISO 14.040. No Brasil, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é responsável pela tradução das normas:

- ISO 14040:2009 (Gestão Ambiental- Avaliação do Ciclo de vida- Princípios e Estruturas) que descreve os princípios e estruturas necessários para se realizar uma ACV, e nela encontram-se também os requisitos mínimos para sua obtenção (ABNT, 2009a).

- ISO 14044:2009 (Gestão Ambiental- Avaliação do Ciclo de vida- Requisitos e orientações) apresenta o detalhamento da avaliação do inventário, avaliação do impacto e interpretação dos resultados (HINZ, 2007).

3.4.1 Breve histórico da Avaliação do Ciclo de Vida

Um dos primeiros estudos relacionados ao ciclo de vida dos produtos foi feito para diferentes tipos de embalagem de bebidas da Coca-Cola, e foi realizado pela empresa *Midwest Research Institute* (MRI), em 1969. Apesar do estudo não ter sido publicado por ter caráter confidencial, a empresa pode utilizá-lo na tomada de decisão em relação às embalagens de seus produtos. A partir dessa análise, a Coca-Cola pôde demonstrar que do ponto de vista ambiental, as garrafas de plásticos não eram piores quando comparadas com as de vidro (HUNT e FRANKLIN, 1996).

Durante a primeira crise do petróleo, na década de 70, a ACV ganha maior credibilidade e passa a ser demandada. Nesse período, houve um despertar das pessoas para a necessidade de utilizar melhor os recursos naturais. Assim, foram realizados alguns estudos conhecidos como *Resource Environmental Profile Analysis* (REPA), que tinham por objetivo avaliar os processos produtivos e diminuir o consumo de energia. Esses estudos requeriam a construção de fluxograma de processos com balanço de massa e energia, dados sobre consumo de matérias-primas e combustíveis e a geração de resíduos sólidos contados de forma automática (BARBOSA JR *et al.*, 2008; MOURAD *et al.*, 2002).

Entretanto, a primeira publicação explicitando uma descrição geral do método aconteceu em 1990. Segundo Klöpffer (2006) a metodologia descrita nesse trabalho é usada até os dias atuais.

No ano de 1974, o MRI aprimorou a metodologia *Resource Environmental Profile Analysis* (REPA) em um estudo realizado para a Agência de Proteção Ambiental Americana (*US Environmental Protection Agency*, EPA), desenvolvendo o que foi considerado como o precursor da ACV (MOURAD *et al.* 2002).

Em meados dos anos 80 e início dos anos 90, houve um real interesse na ACV por grande parte das indústrias, varejistas e estabelecimentos. Nessa época surgiu a opinião de que as metodologias voltadas para o uso dessa ferramenta estavam entre as mais promissoras para uma ampla gama de tarefas na área de gerenciamento ambiental (EEA, 1997).

Na década de 90, a *Society of Environmental and Chemistry* (SETAC) além de divulgar trabalhos e criar fóruns sobre a ACV na Europa e Estados Unidos da América, também realizou a padronização da ACV. Assim foi possível a criação das normas a ACV (ISO 14000) (FERREIRA, 2004).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) é uma organização internacional que vem contribuindo para a divulgação da ACV no mundo, principalmente em países em desenvolvimento. No ano de 2002, a SETAC se aliou ao PNUMA formando a Iniciativa do Ciclo de Vida (*Lyfe Cycle Initiative*), que tem como objetivo desenvolver e disseminar ferramentas práticas para reconhecer oportunidades, compensações e riscos associados aos produtos e serviços durante todas as etapas do ciclo de vida. Dessa forma, foi possível o desenvolvimento de métodos de avaliação de impacto para facilitar o uso da ACV (LAURIN, 2017; LIMA e KIPERSTOK, s.d.).

3.4.2 ACV no cenário brasileiro

No Brasil o uso da ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida é incentivado pela Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV), pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), que juntos são responsáveis pela coordenação do Programa Brasileiro em Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV). A finalidade do PBACV é construir uma base nacional de Inventário de ciclo de Vida e ajudar na sua disseminação (CHERUBINI e RIBEIRO, 2015).

Comparando o desenvolvimento de estudos de ACV no Brasil e na Europa, percebe-se que o continente europeu apresenta um maior desenvolvimento em ACV. Tal fato pode ser atribuído a existência de um banco de dados mais abrangente e consolidado, a existência de requisitos de qualidade e a infraestrutura tecnológica, entre outros (CHERUBINI e RIBEIRO, 2015).

Com o objetivo de disseminar métodos para o melhor entendimento dos possíveis impactos ambientais associados aos processos e serviços, em 2010 o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO) através da Resolução nº 04 de 15 de dezembro de 2010, aprovou o Programa Brasileiro de Avaliação de Ciclo de Vida (PBACV) (BRASIL, 2010). O PBACV tem por objetivo: “Apoiar o desenvolvimento sustentável e a competitividade ambiental da produção industrial brasileira, e a promover o acesso aos mercados interno e externo” (BRASIL, 2010).

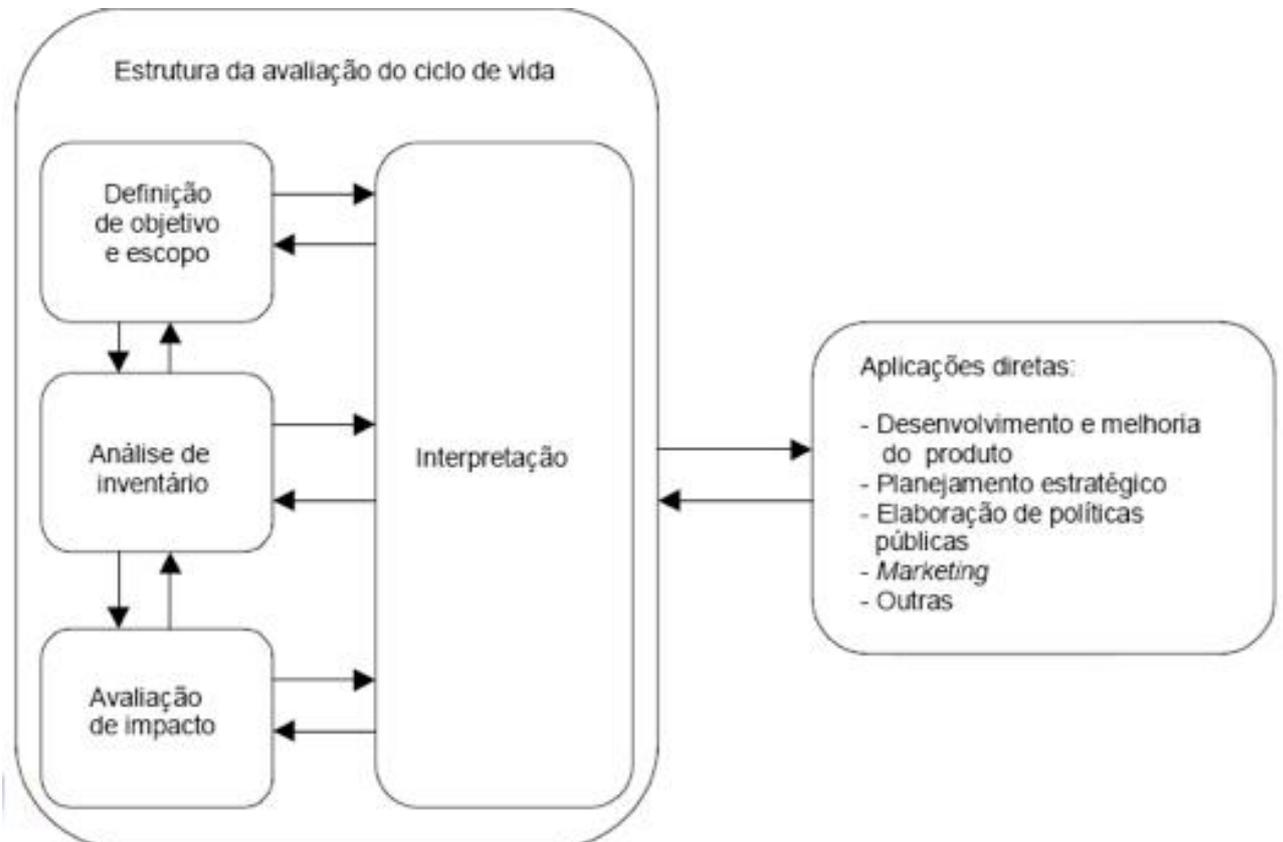
Nesse contexto, é criado, no Brasil, o Banco Nacional de Inventários de Ciclo de Vida (SICV Brasil). O SICV Brasil, é uma iniciativa do IBICT e que ainda se encontra em formação. Seu principal objetivo é armazenar inventários de ciclos de vida adaptados com a produção industrial e agropecuária brasileira (ACV, [s.d]).

Além disso, existem diversas iniciativas que trabalham e colaboram para melhorar a ACV no Brasil. A Rede de Pesquisa em Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (RAICV), onde pesquisadores de instituições buscam aprimorar os modelos de avaliação de impacto do ciclo de vida no Brasil; a ACV Brasil que oferece consultoria afim de mensurar os impactos econômicos e ambientais de empresas e a EnCiclo que presta serviços de consultoria utilizando a metodologia ACV para buscar caminhos mais sustentáveis, são exemplos de iniciativas que aprimoram e melhoram o banco de dados brasileiro de ciclos de vida (ACV, [s.d])

3.4.3 Etapas da ACV

Este item apresenta as etapas necessárias à realização de um estudo de ACV conforme definido pela Norma ABNT NBR ISO 14.040:2009, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A metodologia definida pela referida Norma é composta pelas seguintes etapas (Figura 2): Definição de objetivo e escopo, Análise de inventário, Avaliação de impacto e Interpretação.

Figura 2: Etapas da ACV.



Fonte: ABNT NBR ISO 14040, 2009.

- **Definição de objetivo e escopo**

O objetivo e o escopo devem ser bem definidos e consistentes com a aplicação a que se destinam (ABNT NBR ISO 14040, 2009). Nessa fase, é feito um planejamento do estudo, e por isso, devem ser definidas, com precisão, as fronteiras do sistema e a unidade funcional a ser utilizada (SOARES *et al.*, s.d).

O objetivo de uma ACV deve conter a aplicação pretendida, os motivos para realização do estudo e o público ao qual se destina (ABNT NBR ISO 14040, 2009). Um objetivo bem delimitado auxilia nas próximas etapas como, coleta de dados e obtenção de resultados confiáveis e com maior precisão. É possível também comparar produtos feitos de materiais diferentes que possuem a mesma finalidade, ou processos distintos para obtenção de um mesmo produto (SOARES *et al.*, s.d).

O escopo de um estudo ACV relaciona-se a sua função, ou seja, de onde e como os dados necessários a realização da ACV serão obtidos, como serão

atualizados, como as informações serão manipuladas e como os resultados serão aplicados (BORDANI, 2014).

As fronteiras do sistema referem-se aos processos e atividades que estão incluídos ou não no sistema em análise e que serão investigados na ACV. Por isso, é importante que seja feita uma declaração precisa (MEDEIROS *et al.*, 2018) Já a unidade funcional é uma referência com a qual as entradas e saídas do sistema serão relacionadas. Assim, é possível comparar resultados (ABNT NBR ISO 14040, 2009).

- **Análise de Inventário**

A etapa de elaboração do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) engloba a coleta de dados e os procedimentos utilizados para a realização dos cálculos necessários para quantificar as entradas e saídas de um sistema em termos de energia, recursos naturais e emissões para a água, terra e ar, levando em consideração as fronteiras definidas com resultados obtidos através da unidade funcional escolhida (ABNT NBR ISO 14040, 2009).

Dessa forma, a análise de inventário pode ser subdividida nas seguintes etapas:

- Preparação para a coleta de dados;
- Coleta de dados em si;
- Aprimoramento dos limites do sistema;
- Representação de diagrama representativo do sistema;
- Determinar os procedimentos de cálculos;
- Procedimentos de alocação (BORDANI, 2014).

De modo geral, o inventário irá representar um balanço de massa e energia, onde todos os fluxos de entrada terão um fluxo de saída, correspondentes a produtos, emissões, efluentes, resíduos e rejeitos. Sendo assim, nesta etapa é possível identificar onde há maior geração de resíduos e maior desperdício de matéria-prima (ASSIS, 2009)

Após realizar a coleta de todos os dados, realiza-se o cálculo do Inventário do Ciclo de Vida (ICV). Nesta parte, os dados coletados são ajustados de modo que se alinhem à unidade de processo e à unidade funcional. Assim, obtém-se uma quantificação de todos os recursos utilizados e das emissões relacionadas à produção

de uma quantidade específica de um certo produto, ou seja, a unidade funcional estabelecida na definição de objetivo e escopo (PASSUELLO *et al.*, 2014).

- **Avaliação do Impacto**

A avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) torna mais compreensível o entendimento dos impactos relacionados ao sistema do produto estudado (PASSUELLO *et al.*, 2014). Ou seja, nesta etapa é possível avaliar a significância e intensidade dos impactos ambientais tendo como base a análise do inventário (ASSIS, 2009).

De acordo com a ABNT NBR ISO 14040, a realização da AICV demanda alguns elementos, sendo eles: classificação, caracterização e ponderação.

Na classificação é feita uma divisão das entradas e saídas do sistema baseada nos dados coletados no inventário a cada categoria selecionada de acordo com o problema que elas podem contribuir e o impacto que causam no meio ambiente (CHEHEBE, 1997).

Na caracterização é calculado o impacto ambiental em cada categoria, onde o total do impacto é obtido através de fatores de equivalência. Ou seja, dentro do ciclo de vida de um produto, podem existir diferentes etapas que possuem como consequência grande emissão de CO₂, nesta etapa elas são agrupadas (MOURAD, 2002; GOEDKOOOP *et al.*, 2008; SAAD *et al.*, 2014).

A etapa de ponderação é onde é feita uma abordagem da importância dos resultados da avaliação dos impactos ambientais (ASSIS, 2009).

- **Interpretação**

Na etapa de interpretação os resultados do Inventário e/ou da Avaliação de impacto são relacionados ao objetivo e ao escopo do estudo para assim chegar a conclusões e recomendações (MOURAD, 2002).

De acordo com a ABNT NBR ISO 14.040 (2009) essa fase é composta por três sub etapas:

- Identificação, com base nos dados do inventário e da avaliação de impacto, de questões ambientais de maior relevância.

- Avaliação do estudo, incluindo consistência, verificação da integridade e sensibilidade.
- Elaboração de conclusões, recomendações e limitações sobre questões ambientais mais significativas.

3.4.4 Software utilizados na ACV

Uma das grandes desvantagens associadas a ACV, é o esforço para se coletar todos os dados necessários do inventário e analisar essas informações. Com intuito de reduzir esse esforço foram criados *softwares* que auxiliam na obtenção de dados e informações relativas ao ciclo de vida (SPECK *et al*, 2015).

De fato, o avanço e o desenvolvimento da ACV associados aos processos tecnológicos originaram o desenvolvimento de modernos *softwares*, que facilitaram a elaboração de estudos seja pelas empresas, seja pela academia (NETTO e LUCENTE, 2016). Os *softwares* geralmente são utilizados nas fases de análise de inventario e avaliação do impacto (SPECK *et al*, 2015). Dentre esses programas, os mais utilizados são: *SimaPro*, GaBi e Umberto. Entretanto, existem outros *softwares* utilizados na elaboração da ACV, como por exemplo, BEES, LCAPIX, IDEMAT, entre outros.

O *Simapro* é um *software* holandês desenvolvido pela empresa *PréConsultants* e foi introduzido no mercado em 1990, nele constam vários métodos de avaliação de impacto e banco de dados, dentre os quais Eco-indicator 99 e Ecoinvent, que podem ser editados e ampliados. O *Simapro* permite comparar e analisar produtos com ciclos de vida complexos, como por exemplo, produtos que possuam diferentes matérias primas em sua composição (CAMPOLINA *et al.*, 2015).

Com o auxílio deste programa, é possível analisar e monitorar os desempenhos de sustentabilidade tanto de produtos como de serviços. Dessa forma, é possível analisar os ciclos de vida de forma sistemática, e assim medir os impactos gerados em todas as etapas do ciclo de vida de produtos e serviços, ou seja, do berço ao túmulo ou do berço ao berço (STAROSTKA-PATYK, 2015).

O *SimaPro* é muito citado na literatura de Avaliação do Ciclo de vida, pois apresenta uma interface simples e a possibilidade de analisar os processos abertamente (GUIMARÃES, 2018).

O *software GaBi* contém um banco de dados abrangente com cobertura mundial. Este programa foi criado pela PE *International*, da Alemanha. Este *software* possui 15 bases que somam mais de 1200 processos, e ainda possui uma versão demo e educacional que são disponibilizadas de forma gratuita (PE INTERNATIONAL, 2013; SILVA, 2012).

Segundo Silva (2012), o *GaBi* versão educacional, é muito utilizado no meio acadêmico, possui boa base de dados com 666 unidades e 998 processos consolidados, que são capazes de relacionar vários setores industriais, sendo então, capaz de realizar uma ACV com seus recursos essenciais.

Como supracitado outro *software* bastante utilizado é o Umberto, este foi desenvolvido pelo *Institute for Environmental Informatics* de Hamburg. A partir dele, se torna possível observar fluxos de materiais e energia que permitem otimizar os processos produtivos (CAMPOLINA *et al.*, 2015). O portal eletrônico da ACV Brasil⁶ descreve o Umberto como uma ferramenta que gera resultados gráficos de fácil interpretação, que permite conexão com outros *softwares* para geração de resultados e é possível criar inventários novos com os dados que foram coletados representando um cenário melhor do que se está avaliando.

3.4.5 Dificuldades e limitações de um estudo ACV

A padronização das normas ISO e o aumento das discussões científicas sobre ACV estão ajudando significativamente na melhora dos estudos acerca deste tema, entretanto ainda são encontradas grandes dificuldades e limitações em estudos de ACV (BONEZZI *et al.*, 2004).

Um estudo de ACV demanda um grande número de dados, preferencialmente, dados primários. Porém, muitas vezes, devido à dificuldade de obtenção destes dados, torna-se necessário o uso de programas de computador e bases de dados públicas, para dar suporte à realização do estudo, permitindo a inserção de dados de qualidade e a realização de cálculos extensos (ROMEU e SILVA, 2013).

Assim, como em outros países em desenvolvimento, as empresas brasileiras encontram grande dificuldade na elaboração de estudos de ACV. Dentre estas dificuldades, cabe destacar: falta de pessoal capacitado, falta de banco de dados com

⁶ Auxilia as empresas a mensurar o impacto ambiental do ciclo de vida de seus produtos. Site eletrônico: <https://acvbrasil.com.br/>

informações para auxiliar nos estudos de ACV, falta de incentivos por parte do Estado e influência de metodologias estrangeiras no uso de modelos de avaliação de impactos que desconsideram as especificidades de cada local e região (BARBOSA JR, 2008).

No setor de alimentos, no cenário mundial e nacional, existem barreiras para a realização de um estudo completo de ACV, pois é necessário considerar todas as etapas do ciclo de vida do produto: a produção agrícola, o refino industrial, estoque, distribuição, embalagem, consumo e gerenciamento de resíduos (ANDERSSON, 1998).

Na etapa de avaliação de inventário, o banco de dados é utilizado para permitir o acesso às informações quando não é possível obter dados primários. Porém, os bancos de dados não possuem todas as informações referentes ao ciclo de vida de um determinado produto. Sendo assim, é necessário que se façam aproximações e se utilizem diferentes bases de dados com o intuito de tornar os resultados mais próximos da realidade. Por isso, para diminuir erros e discrepância nos resultados da ACV, é importante obter informações sobre a região onde será feito o estudo. Isso porque, a gestão do processo e o local da produção onde o estudo será realizado interferem nos resultados obtidos pois influenciam na produção de um determinado produto, conseqüentemente impactando nos resultados da ACV. Sendo assim, um estudo ACV pode gerar valores diferentes mesmo para produções semelhantes (FILHO *et al.*, 2016; JOHN *et al.*, 2014).

A ABNT NBR ISO 14040:2009a, elenca algumas das limitações que acometem um estudo ACV, sendo elas:

- A natureza das escolhas e as suposições que podem ser feitas durante o estudo;
- Limitações decorrentes dos modelos de análises de inventário e impacto ambiental, e o fato destes dados não estarem disponíveis para todos os potenciais impactos e aplicações;
- Em alguns casos, os resultados de estudos ACV que enfoquem questões globais ou regionais, podem não ser apropriados para condições locais.
- Os estudos de ACV podem não ser exatos devido às limitações de acessibilidade e disponibilidade de dados, ou até mesmo por má qualidade de dados.
- Incertezas nos resultados do impacto geradas pela falta de dimensões espaciais e temporais dos dados utilizados na análise de inventário.

De acordo com Barbieri (2016), a grande disseminação de conceitos e métodos adotados pelas entidades e governos sobre ACV causam certa confusão para quem utiliza esta ferramenta. Isto se explica, pois, muitos softwares possuem bases residentes que podem comprometer a veracidade dos estudos por levarem em consideração clima e aspectos ambientais da região. Como consequência, estas inconsistências podem trazer desconfiança a esse método. A Figura 3 sintetiza as principais limitações de um estudo de ACV.

Figura 3: Limitações do estudo ACV.

Incertezas de parâmetro	Imprecisão de dados	Os instrumentos utilizados para análise dos processos estudados podem gerar imprecisão nos resultados coletados.
	Falta de dados	A maioria dos estudos de ACV engloba muitas etapas e processos que vão além do alcance do pesquisador, gerando assim, a falta de diversos dados necessários ao estudo.
	Lacuna de dados	Vinculado à falta de dados, a lacuna nos dados ocorre devido à variação do período de amostragem, no qual, são coletados os dados relevantes ao estudo de ACV. Pode também aparecer na perda ou descarte de dados por algum motivo.
	Dados não representativos	Dados que não representam completamente a realidade do estudo. Quando são utilizados dados de processos semelhantes para preencher a falta de dados, estes podem ser não representativos por serem muito antigos, de origem geográfica diferente, ou desempenho técnico inadequado.
Variabilidades	Variabilidade Temporal	Dados de alguns anos atrás podem não representar o atual sistema avaliado tão bem, quanto à utilização de dados mais recentes.
	Variabilidade Espacial	Dados de regiões diferentes das do estudo em questão podem possuir características diferentes, mesmo que para parâmetros iguais.
	Variabilidade Tecnológica	Relativo às tecnologias utilizadas no estudo e diferenças no desempenho entre processos equivalentes ao do sistema estudado.
Outros	Incerteza de modelo	Utilização de modelos impróprios podem não representar a realidade do estudo.
	Incerteza devido às escolhas	Quando se lida com escolhas, estas geram incerteza nos resultados finais, por exemplo, escolha dos limites do sistema, métodos de distribuição, metas de qualidade, etc.
	Incerteza subjetiva	Também conhecida como Epistemológica, surge por não saber realmente o que irá acontecer. É uma falta de conhecimento no sistema comportamental ou de aspectos relevantes ao sistema estudado, por exemplo, a previsão do comportamento ao longo do tempo ou a caracterização de impactos potenciais.
	Enganos	Em qualquer fase de uma ACV, ou qualquer outro estudo, enganos podem ocorrer e isto gera incerteza.

Fonte: Adaptada de BENEDET JÚNIOR, 2007

3.5 PRODUÇÃO DE LATICÍNIOS: PRINCIPAIS IMPACTOS

Apesar de sua relevância econômica e social, a indústria de laticínios está associada ao consumo de recursos naturais e a geração de impactos ambientais. De fato, a indústria de laticínios, desde a extração da matéria-prima até a obtenção do produto final, é responsável por gerar grande quantidade de efluentes líquidos,

resíduos sólidos e emissões atmosféricas que podem causar contaminação ao meio ambiente (SILVA, 2011; MACHADO *et al.*, 2001).

De acordo a CETESB (2008) os principais impactos ambientais associados a indústria de laticínios são: alto consumo de água, geração de efluentes, alto consumo de energia, geração de resíduos, emissões atmosféricas e resíduo de equipamentos. A magnitude e a significância desses impactos sofrem variações de acordo a tecnologia utilizada no processo, consciência dos funcionários e técnicas de limpeza.

Palmieri *et al.* (2016) em estudo sobre impactos ambientais em uma cadeia produtiva de queijos, verificou que a produção de leite na fazenda era o principal responsável por gerar gases que contribuem para o aquecimento global, a eutrofização e a acidificação de rios. O estudo revelou que o gás metano liberado na fermentação entérica dos animais e as emissões de amônia, resultantes da volatilização de nitrogênio, presente no estrume estavam associados ao aquecimento global.

De acordo com a Federação Internacional de Laticínios (IDF, 2009), 85 % dos GEE gerados e 40 % do consumo de energia consumida na fabricação de produtos lácteos estão associados à fazenda leiteira. Djekic *et al.* (2014) também relatam em sua pesquisa que o principal contribuinte do perfil ambiental causado na produção de laticínios é oriundo da produção de leite cru nas fazendas. Já nas indústrias, os impactos e os resíduos gerados se devem à utilização de energia e aos insumos necessários para o processamento.

Leite *et al.* (2013) afirmam que o maior responsável pela poluição de uma fábrica de laticínios é o soro de leite, isto porque, 90 % do volume de leite utilizado na fabricação de queijos é transformado em soro de leite. De acordo com os autores para produzir 1 kg de queijo são utilizados 10 litros de leite, gerando assim, um resíduo de 9 litros de soro (LEITE *et al.*, 2013). Na produção artesanal estudada, para evitar o descarte deste subproduto de forma inadequada, o produtor reutiliza o soro de leite gerado na fabricação de outros queijos e como alimento para os porcos.

Outro efluente líquido gerado na produção de laticínios é a água de limpeza do maquinário, que assim como o soro, também possui carga orgânica, porém em menor quantidade. Esse efluente quando lançado de forma indevida em rios e córregos, provoca grande consumo de oxigênio, podendo em alguns casos extremos, devastar populações de peixes. Estes resíduos não devem ser tão pouco despejados no solo,

pois podem comprometer as características físico-químicas desse e como consequência diminuir o rendimento de colheitas (RODRIGUES *et al.*, 2015).

As emissões de gases do efeito estufa (GEE) na indústria de laticínios estão associados principalmente à produção de leite nas fazendas. Entre os GEE, podem ser citados o gás metano, dióxido de carbono e o óxido nitroso, sendo eles provenientes de fertilizantes utilizados na produção de grãos para ração, da fermentação entérica, do processo digestivo do gado, do uso da terra e do transporte de grãos que serão utilizados na alimentação do gado (SEJIAN *et al.*, 2015; IDF, 2009). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a pecuária é responsável por cerca de 18 % das emissões de GEE (SEJIAN *et al.*, 2015).

3.6 ESTUDOS ACV NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

A Avaliação do Ciclo de Vida tem se tornado uma importante aliada da indústria de laticínios. Com o auxílio desta ferramenta de gestão ambiental, o setor alimentício está podendo avaliar os impactos ambientais gerados ao longo do ciclo de vida de seus processos produtivos e dessa forma minimizá-los. Nesse sentido, alguns estudos de ACV em produtos lácteos vêm sendo desenvolvidos.

Roque *et al.* (2021) demonstraram que a adição de algas vermelhas (*Asparagopsis taxiformis*) à ração dos animais pode reduzir significativamente a emissão de CH₄ das fazendas, sem qualquer perda de eficácia, e com potencial para reduzir o custo de produção. Vinte e um animais foram alimentados com mix de algas e ração por 147 dias. O estudo demonstrou uma redução nas emissões de CH₄ de 45 e 68 % no período considerado. Essa diferença está relacionada ao suplemento de alga adicionado a ração. A adição de algas na alimentação dos bovinos não afetou o peso dos animais e da carne, tendo atingido o objetivo de reduzir a emissão de CH₄ drasticamente.

Ghinea e Leahu (2020) realizaram um estudo na Romênia sobre ACV de uma produção de iogurte, onde a fronteira do sistema se iniciava no processamento do leite. Para a avaliação do impacto foi utilizado o *software GaBi*, onde se identificou que o principal contribuinte em todas as categorias de impacto foi a energia elétrica utilizada na produção do iogurte proveniente das etapas de pasteurização, evaporação e resfriamento.

Filho *et al.* (2020) utilizaram a ferramenta ACV para avaliar os impactos associados a uma produção de queijo muçarela a região norte do Brasil. Com o uso o *software SimaPro* foram analisadas as seguintes categorias de impactos: depleção fóssil, depleção de água, formação de material particulado, formação de oxidantes fotoquímicos, eutrofização de água doce, acidificação terrestre, depleção de ozônio e mudanças climáticas. Foi notado que o principal responsável pelos impactos ambientais está associado as fazendas de onde se obtém a matéria-prima (leite). Vale ressaltar que a produção de leite contribuiu em todas as categorias de impactos analisadas, com níveis de 99,5 % de eutrofização de água doce e 83 % de depleção fóssil.

Nunes *et al.* (2020), realizaram um estudo em Portugal de Avaliação de Ciclo de Vida com o objetivo de analisar os potenciais impactos ambientais associados à produção de um queijo regional português, o Beira Baixa, feito com leite de cabra. Com base nos resultados, os pesquisadores concluíram que os maiores impactos ocorrem na obtenção do leite de cabra para todas as categorias de impacto analisadas (mudança climática, acidificação terrestre, eutrofização da água doce e marinha). Este fato acontece devido a produção da ração animal, aos processos de cultivo das forragens e pela fermentação entérica dos animais. Entre as categorias de impacto analisadas, a produção de leite é responsável por 93 % de mudança climática, 96 % da acidificação terrestre e 100 % de eutrofização da água doce.

Soares (2020) realizou no Brasil um estudo de ACV do queijo de cabra, concluindo que os impactos ambientais do produto advêm predominantemente do uso da terra e da ração animal, composta de concentrado de farelo de soja e milho.

Yan e Holden (2018), em Dublin, utilizaram a ACV para analisar se a substituição do uso de leite em pó pelo uso de concentrado de leite na cadeia produtivo de laticínios diminuiria o impacto ambiental ao longo dos ciclos de vidas destes produtos. Isto, pois, a secagem de leite para produzir leite em pó demanda uma alta quantidade de energia. Com isso, foi possível identificar que a utilização do concentrado de leite contribuiu para a diminuição dos impactos ambientais na produção de lácteos, alcançando até 35 % de economia de energia dependendo da forma como é feita a substituição.

O estudo de Riva *et al.* (2017), na Itália, investigou os impactos ambientais associados ao ciclo de vida do queijo muçarela italiano, comparando os impactos entre os processos produtivos utilizando o leite cru e a coalhada para a obtenção da

muçarela, sugerindo medidas mitigatórias para minimizar os impactos ambientais observados. Para a realização da ACV foi utilizado o *software SimaPro* 8.1 e o banco de dados utilizados foi o *Ecoinvent* versão 3.2. O estudo concluiu que os impactos ambientais mais significativos estão associados a fazenda devido a alimentação dada aos animais e as emissões atmosféricas provenientes da fermentação entérica. Na indústria, o maior impacto estava associado ao uso de energia para armazenamento da muçarela.

Santos Jr *et al.* (2017) realizaram um estudo de ACV no Brasil com o objetivo de identificar, analisar e sugerir medidas para reduzir os impactos ambientais associados a fabricação de queijo em indústrias de pequeno porte. Foram feitas avaliações de diferentes tipos de fornecimento de energia térmica, de detergentes para a limpeza de maquinário e variações da forma de obtenção do queijo com base no teor de gordura. Assim, o estudo observou que o queijo com menor teor de gordura garantia um menor impacto ambiental em todas as categorias analisadas. Também foi observado que a maioria dos impactos está associada a obtenção da matéria-prima principal, o leite, e que não provém da indústria de laticínios em si. A produção de leite é contribuinte com variações de 70 % a 98 % dos impactos gerados. Entre as fontes de energia térmica avaliadas os resíduos de madeira apresentaram os melhores valores em relações as categorias de impacto avaliadas.

Rivera *et al.* (2016), em seus estudos na Colômbia, utilizaram a ferramenta ACV para comparar os impactos ambientais provenientes da produção de leite bovino em um sistema silvipastoril intensivo⁷ e em sistema convencional afim de propor medidas para mitigá-los. Foram analisadas as categorias de impacto uso do solo, uso de energia não renovável e emissões de gases de efeito estufa para quatro unidades funcionais distintas. O sistema silvipastoril intensivo apresentou menores emissões de GEE e 63 % do uso de energia não renovável quando comparado ao sistema convencional.

No trabalho de Djekic *et al.* (2014) realizado na Sérvia, o objetivo foi avaliar o desempenho ambiental de seis tipos de produtos, sendo eles, leite pasteurizado, leite UHT, iogurte, creme, manteiga e queijo de sete fábricas diferentes. Os impactos ambientais foram então identificados e avaliados através da ACV, sendo aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, destruição da camada de

⁷ Combinação intencional de gado, pastagem e árvores numa mesma área e manejados de forma integrada.

ozônio, poluição fotoquímica e toxicidade humana as categorias de impacto analisadas. Como resultado, observou-se que assim como em outros estudos, as maiores contribuições de impacto ambiental estavam associadas as fazendas leiteiras devido as emissões de NH_3 (amônia), NO_3 (nitrato) e CH_4 (metano) provenientes do estrume e fermentação entérica dos animais, além das emissões oriundas de combustíveis utilizados em maquinários do setor agrícola.

Nigri *et al.* (2011) utilizaram a ferramenta ACV para comparar os impactos ambientais na fabricação de queijo minas, em processo de produção artesanal e industrial no Brasil. Dessa forma, concluíram que a produção artesanal gerou menor impacto ambiental nas categorias de impactos que foram analisadas, sendo elas: aquecimento global, acidificação, efeito fotoquímico e eutrofização.

Milani *et al.* (2011), a partir da realização da ACV, identificaram os impactos ambientais associados ao processo produtivo de produtos lácteos NOS Estados Unidos, concluindo que a produção do leite, na fazenda, é responsável pela geração de impactos mais significativos.

4. METODOLOGIA

O presente estudo aplicou a ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de forma simplificada utilizando as normas ISO 14040:2009 (Gestão Ambiental- Avaliação do Ciclo de vida- Princípios e Estruturas) e ISO 14044:2009 (Gestão Ambiental- Avaliação do Ciclo de vida- Requisitos e orientações para identificar os impactos ambientais associados a produção de queijo minas frescal e queijo minas

Considerando que estudos anteriores apresentados na revisão bibliográfica (item 3.6) apontaram que os impactos ambientais mais significativos estão associados à produção do leite, serão criados cenários distintos, a partir do cenário base, construídos com base em diferentes composições da ração animal utilizada na fazenda analisada neste estudo. Os impactos ambientais gerados por esses cenários foram avaliados pela ferramenta ACV.

Cabe ressaltar que este estudo ACV apresentou limitações devido à falta de alguns dados primários, sendo necessário utilizar dados secundários de banco de dados europeu.

4.1 OBJETO DE ESTUDO

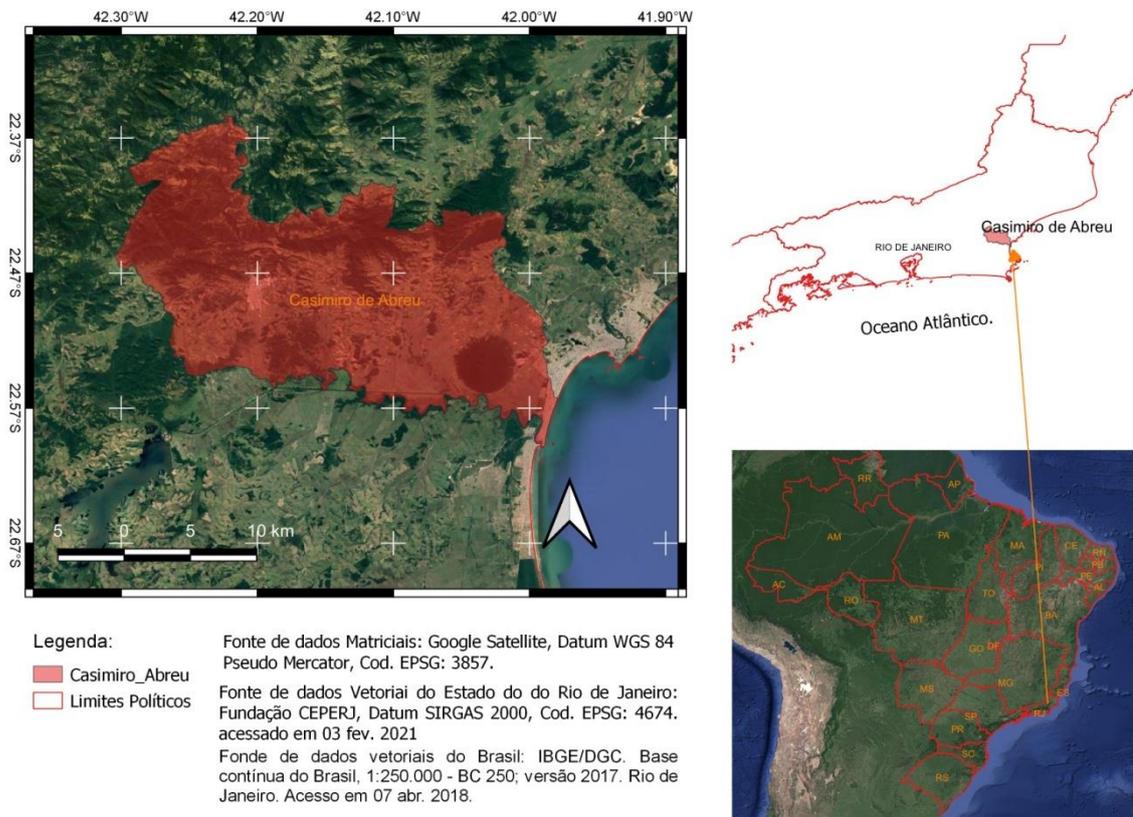
A primeira etapa do desenvolvimento deste estudo consistiu na seleção de uma indústria de laticínios que produzisse dois tipos distintos de queijo, o que permitiria, assim, a comparação do ciclo de vida destes produtos. Para seleção do produtor (indústria de laticínios) foram utilizados os seguintes critérios: proximidade com o município do Rio de Janeiro, possibilidade de realizar visita técnica à fábrica para acompanhar a produção de queijos, a livre vontade disponibilidade do produtor para que o estudo de ACV fosse realizado, e que o mesmo disponibilizasse dados primários e informações relativas ao processo produtivo dos queijos selecionados.

4.1.1 Área de estudo

A partir dos critérios acima descritos, foi selecionada uma produção artesanal de laticínios localizada no município de Casimiro de Abreu, no estado do Rio de Janeiro, que fabrica queijo minas frescal e queijo minas curado. Esses dois tipos de

queijos foram os selecionados por serem produzidos em maior quantidade, em comparação aos demais queijos. No momento da coleta dos dados (maio/2019) o criador das vacas leiteiras utilizava-se de um mix de capim, milho e cana-de-açúcar, variável conforme o custo dos insumos. A Figura 4 apresenta o mapa do estado do Rio de Janeiro e destaca o município de Casimiro de Abreu.

Figura 4: Mapa do município de Casimiro de Abreu.



Fonte: Elaborado por Jorge Chastinet (2021)

4.1.2 Coleta de dados

Para coletar os dados primários foi realizada uma visita técnica em maio de 2019 à fábrica, onde foi aplicado o questionário apresentado no Anexo 1. O referido questionário visava obter informações quanto a produção de leite, geração de resíduos, gastos de água e energia, entre outras atividades associadas a produção de queijo. Além disso, durante toda a elaboração do estudo foram feitas trocas de informações com o produtor através de aplicativo de mensagens.

Por motivos econômicos, esse produtor aloca seus animais na fazenda de um outro produtor de leite, localizado também no município de Casimiro de Abreu. Desse modo, o produtor do queijo consegue reduzir o custo do litro do leite comprado, adquirindo este por um menor valor. Essa fazenda, onde os animais estão localizados, encontra-se a cerca de 10 quilômetros da propriedade onde se realiza a produção artesanal de queijo.

4.2 ESTUDO DA ACV

Assim, após a seleção do produtor e obtenção das informações e dados primários a partir do questionário aplicado, teve início o estudo da ACV, conforme a estrutura metodológica estabelecida pelas normas ABNT NBR ISO 14040:2009 e 14044:2009, apresentada no item 3.4. Conforme mencionado anteriormente, essas normas apresentam os princípios, estrutura, requisitos e orientações que devem ser utilizados para um estudo de ACV.

Apresenta-se a seguir as quatro etapas necessárias à realização de um estudo de ACV, conforme definido pela Norma ABNT NBR ISO 14.040:2009, quais sejam, Definição de objetivo e escopo, Análise de inventário, Avaliação de impacto e Interpretação aplicadas à produção artesanal de queijo minas frescal e queijo minas curado, na indústria de laticínios selecionada.

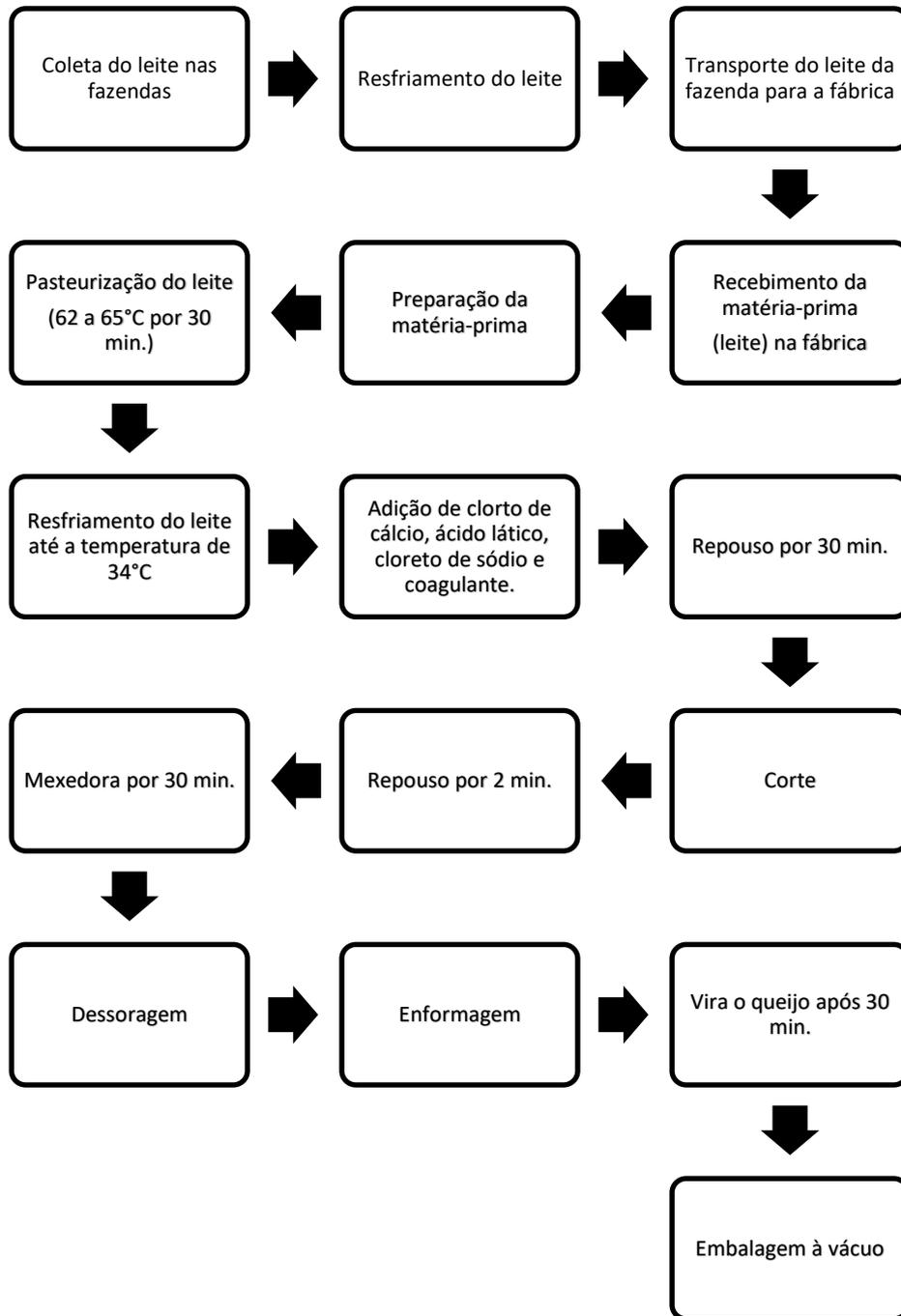
4.2.1 Definição de objetivo e escopo do estudo

Após a seleção da produção artesanal, foi definido o objetivo e o escopo do estudo. Assim, dentre os objetivos principais, estariam: à identificação e avaliação dos impactos ambientais associados à produção do leite e dos queijos, comparação do processo de fabricação dos queijos frescal e curado quanto às agressões causadas ao meio ambiente e a proposição de medidas de mitigação aos impactos identificados. As unidades funcionais adotadas foram 1 L de leite e 1kg de queijo tanto para o tipo frescal como para o curado.

A fronteira do sistema considerada foi desde a obtenção da matéria-prima (leite cru) até o portão da fábrica de laticínios, ou seja, a abordagem considerada foi *cradle*

to gate. A Figura 5 esquematiza o processo produtivo do laticínio selecionado. Cabe ressaltar, que ao chegar à fábrica, são feitas análises ao leite como densidade, gordura, extrato seco total, entre outros.

Figura 5: Fluxograma do processo produtivo do queijo.



Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de informações do produtor (2021) e Adaptado de VENTURINI *et al.*(2007).

4.2.2 Análise de inventário

Para o processo de coleta de dados para a etapa de análise de inventário foi utilizado o roteiro de perguntas previamente estabelecido e adaptado com base no trabalho feito por Cabral (2019). O objetivo do roteiro de perguntas foi coletar dados primários relativos à fazenda, a produção de queijo, aos gastos de energia e água, resíduos gerados, etc. No questionário, apresentado no Anexo 1, constam perguntas relacionadas à produção leiteira e a produção de queijo em si e as respostas do produtor.

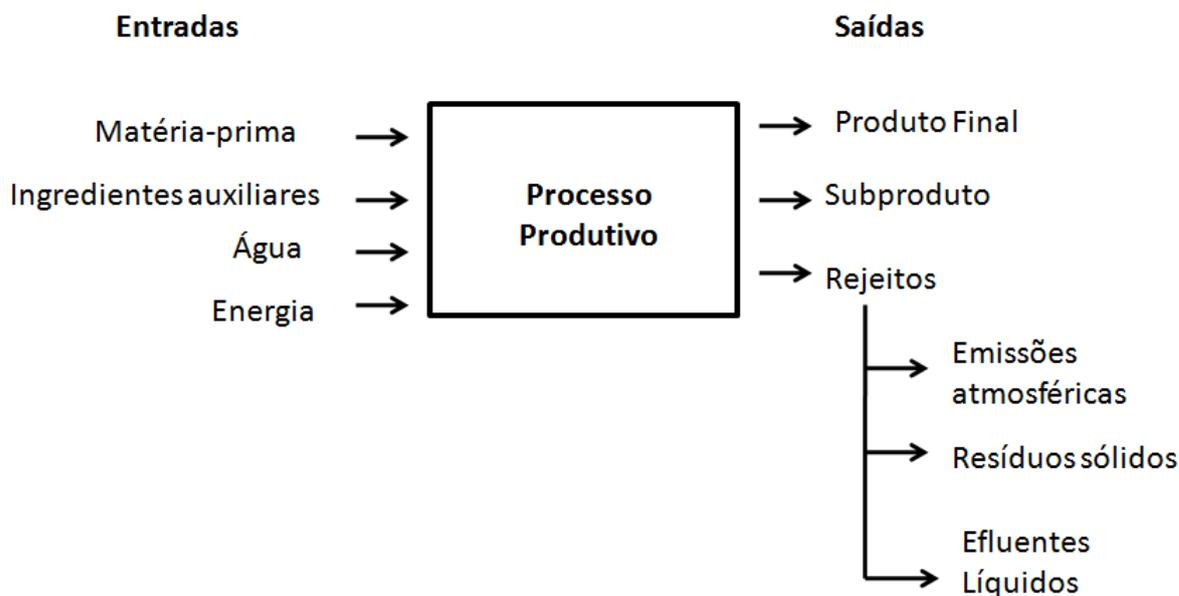
Os dados primários foram coletados através de visita *in loco* em maio de 2019. Através do roteiro de perguntas, foi possível obter informações sobre insumos e efluentes da produção de leite e queijo, gasto energético da produção, informações sobre a ordenha, entre outros.

Como supracitado, o sistema produtivo considerado tem início a partir da extração do leite até a manufatura final do produto. Os gastos com energia elétrica foram calculados através de uma conta de luz, onde foi feita uma média do gasto anual desta produção de queijo.

Os dados primários coletados foram inseridos no *software SimaPro*, que permite a quantificação dos impactos gerados. A versão utilizada neste estudo foi *Simapro 8.3*. Os dados secundários foram obtidos através do banco de dados *Ecoinvent* versão 3.0, um banco de dados de inventário de ciclo de vida.

A Figura 6 apresenta o fluxo de entradas e saídas da produção de queijo com base nos dados primários e secundários obtidos na análise de inventário.

Figura 6: Entradas e saídas do processo produtivo de queijo



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2.3 Avaliação de impactos

Para realizar a avaliação de impactos foi utilizada a metodologia descrita no ILCD Handbook: *Analysing of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment* (2010). Através dela foi possível identificar a etapa da produção dos queijos com maior geração de impactos ao meio ambiente. Essa identificação é possível com base nos dados quantificados na análise de inventário.

Para a modelagem dos impactos ambientais foi selecionado o método *ILCD MidPoint*. O objetivo deste método é analisar as categorias de impactos ambientais durante o desenvolvimento de produtos.

Com o uso do *software SimaPro 8.3*, afim de caracterizar os resultados como indicadores numéricos, foram avaliadas as seguintes categorias de impacto ambiental: mudanças climáticas, depleção de ozônio, toxicidade humana (não incluindo câncer), toxicidade humana (câncer), material particulado, radiação ionizantes HH (*Human Health*), radiação ionizantes E, formação de ozônio fotoquímico, acidificação, eutrofização terrestre, eutrofização da água, eutrofização marinha, ecotoxicidade da água, uso da terra, depleção de água e depleção de mineral, fóssil e recursos renováveis. Essas categorias foram escolhidas com base no estudo de Cabral (2020).

O estudo de ACV não considerou os impactos derivados das instalações, construção, transporte da matéria-prima até a fábrica, fabricação e manutenção de equipamentos e utensílios.

4.2.4 Cenários propostos

A partir do cenário base da alimentação dos bovinos na fazenda leiteira, onde a ração é composta por um mix de alimentos em proporções distintas (capim, cana-de-açúcar e milho) foram propostos três cenários distintos, apresentados na Tabela 1. Esses cenários foram propostos com o intuito de avaliar quais composições de alimentos estão relacionadas à menores impactos ambientais. Os três cenários propostos foram escolhidos de forma a indicar aquele que resultaria em melhor custo financeiro e menor impacto ambiental.

Tabela 1: Composição dos diferentes cenários propostos para o mix da ração

Componentes	Cenário base	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Capim	5 Kg	15 kg	10 kg	10 kg
Cana-de-açúcar	10 kg	10 kg	5 kg	10 kg
Milho	15 kg	5 kg	15 kg	10 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, os cenários acima descritos foram comparados, utilizando o *software SimaPro*, no intuito de verificar uma possível redução dos impactos ambientais gerados ao se alterar a composição da ração animal. Cabe ressaltar, que a variação da ração animal, conforme os cenários, não altera o processo produtivo dos queijos.

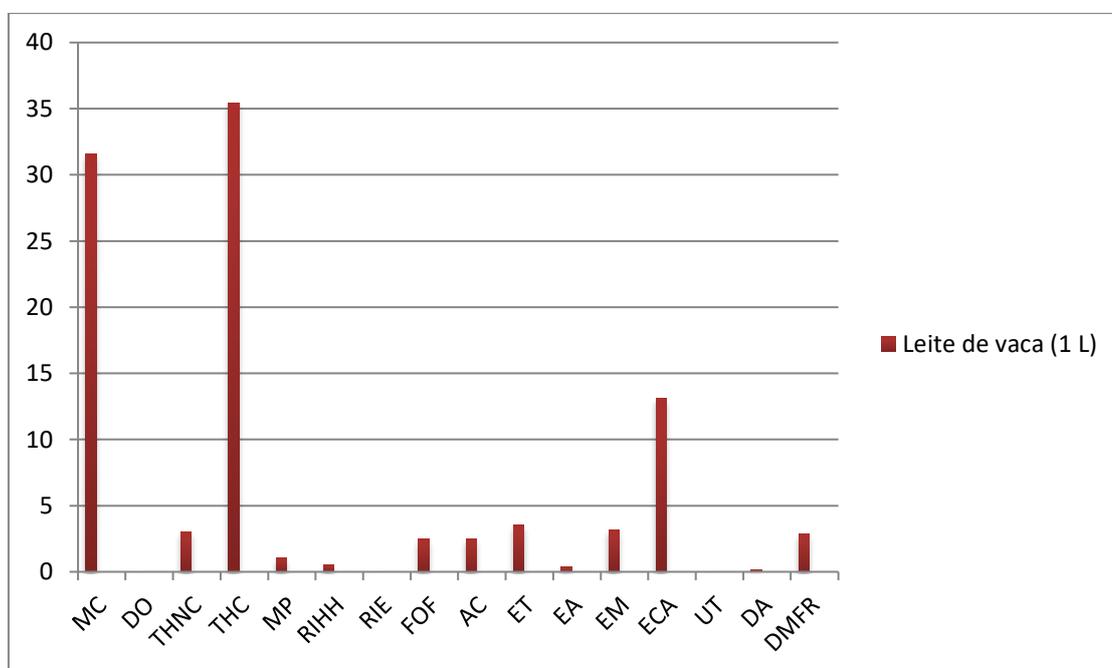
4.2.5 Interpretação dos resultados

Foi realizada a interpretação das informações encontradas nas etapas anteriores, com o intuito de alinhar os resultados com os objetivos definidos. Assim, foi possível apresentar conclusões e sugerir medidas mitigatórias para os impactos analisados, beneficiando tanto o produtor como os recursos ambientais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise dos resultados a partir das categorias de impactos selecionadas para realização de estudo de ACV para a produção de 1 kg de queijo minas frescal e, 1 kg de queijo minas curado, este estudo identificou que a maior contribuição de impactos ambientais decorre da produção leiteira. Denota-se que para a produção de 1 L de leite, as categorias identificadas com percentuais mais significativos foram Mudanças Climáticas e Toxicidade Humana (com efeitos cancerígenos), que representam, respectivamente, 31,56 % e 35,46 % do total dos impactos ambientais gerados para produção de 1 L de leite, através da metodologia *ILCD MidPoint*. Destaca-se ainda a ecotoxicidade da água, representando 13,12 %. O Gráfico 2 apresenta os resultados da avaliação de impacto ambiental por ponderação pela metodologia *ILCD 2011 MidPoint Ec JCR Global weighting* para produção de 1 L de leite no cenário base.

Gráfico 2: Resultados da avaliação de impacto em percentual do leite de vaca para o cenário base



Legendas: MC (mudanças climáticas); DO (depleção de ozônio); THNC (toxicidade humana Não-câncer); THC (toxicidade humana câncer); MP (material particulado); RIHH (radiação ionizante HH); RIE (radiação ionizante E); FOF (formação de ozônio fotoquímico); AC (acidificação); ET (eutrofização terrestre); EA (eutrofização da água); EM (eutrofização marinha); ECA (ecotoxicidade da água); UT (uso da terra); DA (depleção de água); DMFR (depleção mineral, fósfil e recursos renováveis). Fonte: Elaborado pelo Autor.

É importante ressaltar que a produção de leite cru engloba todos os componentes dos processos necessários à sua obtenção, como por exemplo, os componentes das rações, as emissões atmosféricas de GEE (Gases de Efeito Estufa), provenientes de dejetos e da fermentação entérica dos animais.

As mudanças climáticas estão intimamente ligadas às emissões de GEE⁸ (CRUZ, 2020). Conforme Nunes (2018) explicita em seu trabalho, dos principais GEE, quais sejam, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄), o rebanho leiteiro está associado principalmente ao CH₄ e N₂O, relativos aos dejetos e a fermentação entérica.

De fato, de acordo com dados do SEEG, em 2016, a agropecuária foi responsável por, respectivamente, 37,6 % e 62,6 % do total de emissões de CH₄ e N₂O ao nível global, sendo a América Latina a segunda maior região em emissões de CH₄ proveniente da fermentação entérica (BRASIL, 2017; SEEG, s.d).

O gás metano (CH₄) é um dos mais significativos GEE para o fenômeno de aquecimento global, estando presente tanto na fermentação entérica dos animais como em seus dejetos. Destaca-se também o óxido nitroso encontrado em fertilizantes sintéticos e na urina dos animais (SÉO, 2017; MARTINS-COSTA, 2015; BASSET-MENS *et al.*, 2010).

De acordo com os dados de 2016, o Potencial de Aquecimento Global⁹ (do inglês, *Global Warming Potential, GWP*) do metano é 28 e do óxido nitroso é de 265 (GIODA, 2018; MYHRE *et al.*, 2013). Ou seja, o metano absorve 28 vezes mais radiação infravermelha que o dióxido de carbono, enquanto o óxido nitroso absorve cerca de 265 mais radiações quando comparado ao dióxido de carbono (GIODA, 2018).

Alguns estudos avaliam formas de mitigar as emissões de GEE proveniente das produções leiteiras. Exemplo disto é o setor de laticínios francês, que lançou, em 2019, o programa "*ferme bas carbone*" (fazenda com baixa emissão de carbono). O programa, que foi iniciado na região do Vale do Loire e se expandiu para todo o país, objetiva reduzir em 20 %, até 2025, as emissões de GEE por litro de leite, a partir da

⁸ definidos como todo e qualquer gás da atmosfera que tem como característica emitir e receber calor, aumentando a temperatura da atmosfera da Terra quando presentes. Sendo os mais importantes: CO₂, CH₄, N₂O, clorofluorcarbonos, ozônio e vapor d'água.

⁹ Medida utilizada para informar quanto de uma determinada massa de um gás de efeito estufa é capaz de reter o calor na atmosfera quando comparado a mesma massa de gás equivalente ao dióxido de carbono (CO₂).

substituição do farelo de soja da alimentação dos animais pelo farelo de canola. Isto, pois, o CH₄ está associado principalmente a alimentação e digestão dos ruminantes. Além disso, foram também utilizados fertilizantes orgânicos que são despejados próximos ao solo em condições climáticas adequadas para evitar a volatilização da amônia (EXAME, 2019).

O estudo realizado por Roque *et al.* (2021) explicitado no item 3.6, identificou que quando algas vermelhas (*Asparagopsis taxiformis*) eram adicionadas à ração animal também havia redução das emissões de CH₄. Dessa forma, a suplementação da ração com algas podem mitigar as emissões de GEE.

Segundo a SEEG (2021), outra medida capaz de diminuir a emissão de GEE é estimular o tratamento dos dejetos animais nas fazendas, a fim de reduzir as emissões de metano e óxido nitroso. Os produtos gerados do tratamento de dejetos podem ser utilizados como biogás e compostos orgânicos para adubação.

Conforme evidenciado anteriormente, o *dataset* elaborado neste estudo do leite de vaca apresentou um percentual de 31,56 % dos GWP. Esse percentual está associado diretamente a fermentação entérica dos animais, seus dejetos, urina e nitrogênio proveniente de adubo. Cabe ressaltar que a fazenda leiteira estudada conta com um plantel de 210 animais e para a adubação do solo é utilizada uma formulação a base de nitrogênio, fósforo e potássio.

Outros estudos de ACV também relataram que a produção de leite cru foi a etapa de maior contribuição nos impactos associados ao ciclo de vida dos laticínios. Santos Jr. *et al.* (2017) verificou que em uma produção de pequeno porte da Bahia, a produção leiteira contribuía com 70 a 98 % dos impactos totais gerados, sendo a categoria mais relevante a acidificação terrestre, com um percentual de 30 %.

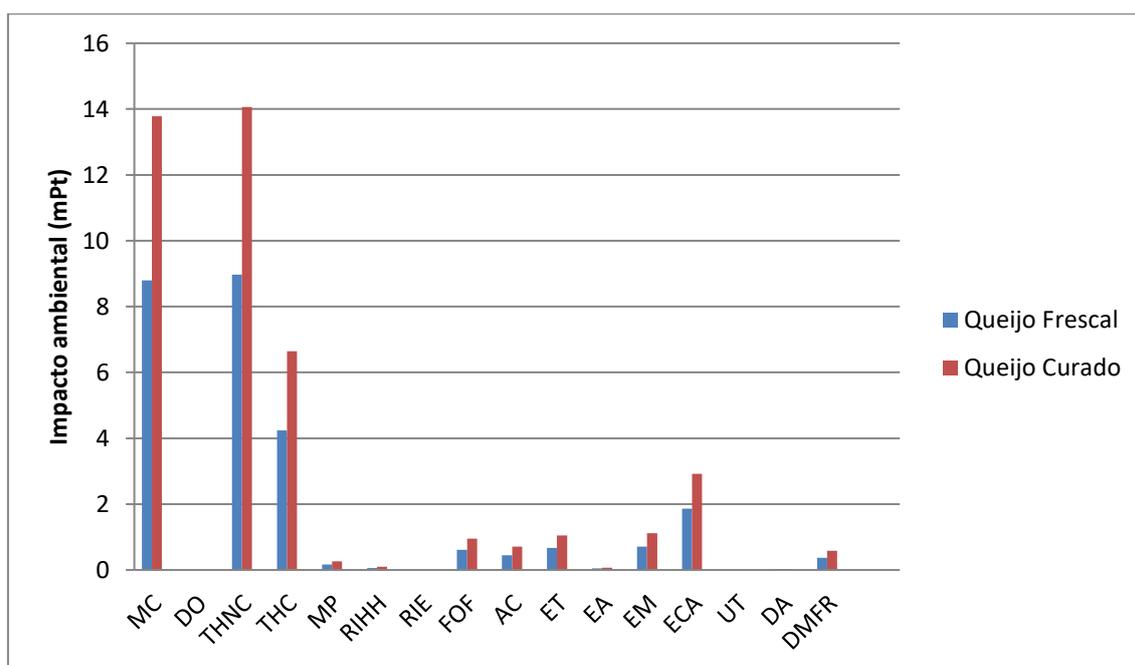
Filho *et al.* (2020) também relataram que as principais contribuições de impactos ambientais estão associadas à fazenda onde acontece a produção do leite utilizado na fabricação do queijo. Assim como Filho *et al.* (2020) no presente estudo, a categoria de impacto mudança climática associada as fazendas apresentaram um valor relevante, com percentual de 83 % quando comparada as outras etapas de obtenção do queijo.

Santos Jr *et al.* (2017) e Filho *et al.* (2020) relatam que a categoria de impacto acidificação apresentou valores significativos devido ao uso de fertilizantes à base de nitrogênio utilizados nas fazendas, respectivamente 30 % e 94,5 %. Todavia, a categoria de acidificação no presente estudo apresentou percentual de 2,48 %, isto,

pois, a produção leiteira analisada não utiliza fertilizantes no solo. Vale ressaltar que no presente estudo foi utilizado um banco de dados europeu, e os dados primários da produção dos insumos utilizados na alimentação das vacas não foi avaliado. Sendo assim, não foi possível identificar se a produção desses alimentos utiliza fertilizantes.

Para o presente estudo, o Gráfico 3 apresenta a comparação dos impactos ambientais para os queijos frescal e curado. É perceptível que há uma proporcionalidade entre os impactos gerados pelo leite e os dois tipos de queijos considerados. Isto, acontece, pois, como os maiores impactos ambientais estão associados a fazenda, o tipo de queijo que utiliza maior quantidade de leite para ser produzido contribui de forma mais significativa para a geração de impactos.

Gráfico 3: Resultados da avaliação de impacto ambiental para os queijos frescal e curado no cenário base (ILCD MidPoint).



Legendas: MC (mudanças climáticas); DO (depleção de ozônio); THNC (toxicidade humana Não-câncer); THC (toxicidade humana câncer); MP (material particulado); RIHH (radiação ionizante HH); RIE (radiação ionizante E); FOF (formação de ozônio fotoquímico); AC (acidificação); ET (eutrofização terrestre); EA (eutrofização da água); EM (eutrofização marinha); ECA (ecotoxicidade da água); UT (uso da terra); DA (depleção de água); DMFR (depleção mineral, fóssil e recursos renováveis). Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir das análises realizadas, percebe-se que o processo de produção de queijo propriamente dito não é o que resulta em elevados impactos associados ao ciclo de vida dos produtos. Os impactos mais significativos estão associados à

fazenda, mais especificamente ao ciclo de vida do leite cru. O queijo curado, mais concentrado, utiliza uma maior quantidade de leite para ser produzido. Segundo informações obtidas durante a visita técnica realizada à fazenda, são necessários cerca de 7,54 L de leite para produzir 1 kg de queijo curado, enquanto que para produção de 1 kg de queijo frescal são necessários cerca de 4,81 L de leite. Sendo assim, o queijo curado é responsável por gerar impactos ambientais mais significativos por demandar uma maior quantidade de leite para ser produzido.

Observa-se que o laticínio em questão utiliza uma quantidade menor de leite para produzir 1 kg de queijo em comparação aos dados presentes na literatura. Segundo Gonçalves (2017), em uma estimativa, são necessários em média 10 litros de leite para a produção de 1 kg de queijo, dos quais 9 L são de soro.

As alterações no rendimento podem estar associadas à qualidade e a composição do leite. De acordo com Cassoli (2013), um dos fatores predominantes na qualidade do queijo é a caseína, proteína que quando precipitada origina o coágulo (queijo). Logo, um maior teor de caseína, gera uma maior quantidade de queijo produzido por litro de leite. Alguns fatores que podem interferir na produção de caseína são nutrição, genética, estágio de lactação, entre outros (CASSOLI, 2013).

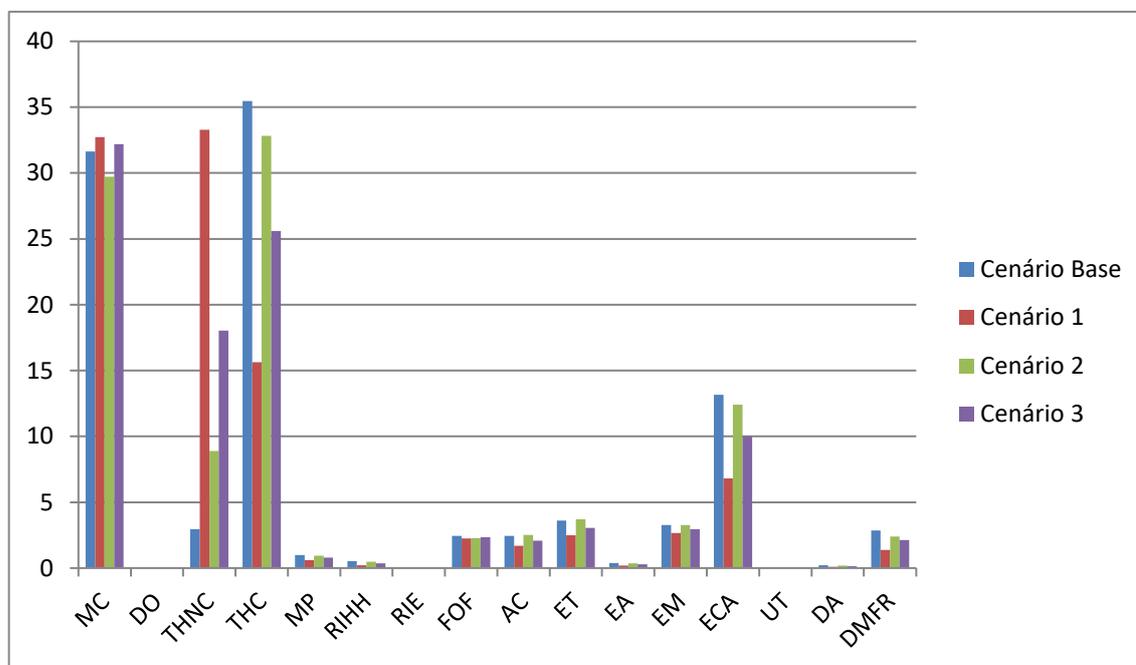
Segundo a literatura, uma vaca produz em média 15 a 20 L de leite por dia (SILVEIRA *et al.*, 2018). Entretanto, as vacas do plantel considerado, produzem em média 2,1 L de leite, uma quantidade extremamente inferior à identificada na literatura (10,5 a 14 %). A produção de leite pode estar associada a fatores ambientais, climáticos, período entre reprodução e bem estar animal (ROSA, 2017; LEITE *et al.*, 2018).

Vale ressaltar, que, conforme mencionado anteriormente, o laticínio selecionado realiza produção artesanal, com uma pecuária extensiva, onde as vacas ficam livres no pasto e sem “estresse”. Em uma criação intensiva, as vacas ficam em ambientes fechados, podendo ocorrer acúmulo de esterco e acesso limitado ao ar fresco e sol, fatores que interferem negativamente no bem-estar animal e consequentemente na produção leiteira (BÓRAWSKI *et al.*, 2020 *apud* STAFFORD *et al.*, 2009).

Ao analisar os quatro cenários distintos (cenário base e 3 cenários propostos) para o mix de ração utilizada na alimentação dos bovinos apresentados na metodologia (item 4.4), percebe-se que os cenários base, o cenário 2 e o cenário 3

superam o cenário 1 em relação ao total de impactos. Assim, o gráfico 4 apresenta os resultados de ACV referentes aos 4 cenários comparados.

Gráfico 4: Resultados da avaliação de impacto em percentual para os 4 cenários distintos de composição da ração dos bovinos.



Legendas: MC (mudanças climáticas); DO (depleção de ozônio); THNC (toxicidade humana Não-câncer); THC (toxicidade humana câncer); MP (material particulado); RIHH (radiação ionizante HH); RIE (radiação ionizante E); FOF (formação de ozônio fotoquímico); AC (acidificação); ET (eutrofização terrestre); EA (eutrofização da água); EM (eutrofização marinha); ECA (ecotoxicidade da água); UT (uso da terra); DA (depleção de água); DMFR (depleção mineral, fóssil e recursos renováveis). Fonte: Elaborado pelo Autor.

O cenário base e o cenário 2, apresentam um maior valor de ecotoxicidade da água (13,17 % e 12,41 %, respectivamente) por terem em sua composição uma maior quantidade de milho. Em contrapartida, os valores de mudanças climáticas são menores quando comparadas aos outros cenários (31,64 % e 29,72 % respectivamente).

A grande diferença entre os quatro cenários projetados está na categoria de impacto toxicidade humana sem efeitos cancerígenos. Para esta categoria, o cenário 1 (33,29 %) apresenta um percentual mais elevado (11,3; 3,8; e 1,8 vezes a mais) quando comparado com o apresentado nos cenários base, 2 e 3 (2,95 %, 8,90 % e 18,04 %, respectivamente). Tal fato pode ser atribuído a adubação e nitrogênio proveniente da amônia, presente no solo, visto que este cenário utiliza maior

quantidade de capim. Todavia, o cenário base e o cenário 3, apresentam maiores valores de toxicidade humana com efeitos cancerígenos, sendo de 35,47 % e 32,81 %, respectivamente. Ou seja, podendo chegar a um percentual de mais de 40 % quando comparados ao cenário 1.

Portanto, a partir do acima exposto, ao avaliar os diferentes cenários, é notório que, para todos os cenários projetados, podem ser feitos esforços para reduzir os impactos ambientais das diferentes categorias. Nesse contexto, para a alimentação das vacas com capim, deve-se mitigar os impactos ambientais associados à toxicidade humana sem efeitos cancerígenos. Enquanto para os cenários base e 3, que possuem um maior percentual de milho em sua composição, é importante reduzir os impactos associados a toxicidade humana (câncer) e ecotoxicidade da água.

A alimentação dos ruminantes está intimamente relacionada às emissões de GEE. Por isso, quanto mais digestíveis (facilidade em digerir) forem os componentes presentes na ração, maior serão as emissões oriundas da fermentação entérica (CARVALHO, 2016). Portanto, uma boa nutrição diminui o tempo que o alimento permanece no rúmen do animal e aumenta a fermentação, fazendo com que haja uma redução na quantidade de hidrogênio disponível para a produção de metano (MAPA, 2017).

A fim de mitigar os impactos ambientais e os custos econômicos, é recomendado o uso da nutrição de precisão. Para esta prática é necessário que se tenha o conhecimento das exigências nutricionais do rebanho com precisão, assim é feito uma caracterização detalhada dos alimentos nutritivos que estão disponíveis para sua alimentação. Dessa forma, tem-se uma dieta balanceada levando em consideração fatores técnicos, econômicos e ambientais. Logo, as informações quanto a raça, a idade e a fase produtiva do animal, a fim de fornecer alimentos com nutrientes balanceados de acordo com a necessidade do animal devem ser levados em consideração. Assim, evita-se o excesso na alimentação reduzindo os custos e as excreções dos animais que gerariam aumento nas emissões (TOMICICH *et al.*, 2015) (MAPA, 2017).

Considerando os resultados obtidos, as medidas mitigatórias propostas neste estudo, indicam ao produtor dos queijos artesanais possíveis opções com o intuito de reduzir os impactos ambientais associados a cadeia produtiva. A tomada de decisão quanto à proporção dos componentes da ração animal deve considerar os custos econômicos e impactos ambientais.

6. CONCLUSÃO

Este estudo realizou a análise e identificação dos impactos ambientais associados as etapas do ciclo de vida do queijo minas frescal e do queijo minas curado produzidos em uma fábrica artesanal localizada no município de Casimiro de Abreu (ERJ), com o auxílio da ferramenta ACV.

Através do estudo realizado foi possível identificar que os maiores impactos resultantes da produção dos dois tipos de queijo decorrem da produção do leite nas fazendas, sendo as categorias de impacto com maior representatividade, Mudanças Climáticas e Toxicidade Humana (com efeitos cancerígenos) representando 31,56 % e 35,46 %, respectivamente.

Como os impactos de maior relevância estão associados à produção do leite, constatou-se que o queijo minas curado está associado a uma maior geração de impactos ambientais quando comparado ao queijo minas frescal, pois este utiliza maior quantidade de leite em sua produção.

Tendo em vista que os impactos de maior significância estão associados a produção do leite, foram analisados quatro cenários distintos para o mix de ração consumidos pelos bovinos nas fazendas, com o intuito de avaliar qual composição acarretaria menores impactos ambientais. A alteração na dieta animal pode contribuir para a redução na fermentação entérica e conseqüentemente, redução na produção de metano. Logo, identificou-se que o cenário 1 (item 4.5), composto por um mix de 15 kg de capim, 10 kg de cana-de-açúcar e 5 kg de milho, apresentou um total de impactos menor, quando comparado aos outros cenários.

Cabe mencionar que para a produção dos *datasets* dos alimentos das vacas foram utilizados banco de dados europeus. Sendo assim, é de grande importância o investimento e elaboração de banco de dados brasileiro para que se obtenha informações mais precisas e condizentes com a realidade.

A partir da realização do estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e com base nos resultados e informações obtidos na literatura baseadas em estudos e pesquisas já realizados, é possível propor medidas para mitigar os impactos ambientais associados a produção de leite, como por exemplo, nutrição de precisão, substituições na ração animal, reaproveitamento de resíduos e dejetos dos animais, entre outras. Dessa forma, os ajustes na produção, podem auxiliar para que a cadeia

produtiva desta produção artesanal se torne mais sustentável, menos prejudicial ao meio ambiente e a sociedade.

Este estudo pode ser explorado sob novas perspectivas, como por exemplo, análises de cenários de alimentação com componentes distintos afim de avaliar possíveis alimentos que possam mitigar os impactos ambientais e identificar possíveis adaptações na fazenda e no manejo animal para aumentar a produção de leite dos bovinos.

Cabe ressaltar que o Brasil aderiu ao compromisso proposto pela COP 26 (Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas), que aconteceu em 2021, na Escócia, o “Compromisso Global de Metano”, de reduzir as emissões desse GEE em até 30 % até o final da presente década, em relação aos níveis de 2020 (CHIARETTI, 2021). Grande parte do metano emitido no país está associado a agropecuária, mais especificamente à fermentação entérica e dejetos dos animais. Portanto, ajustar a dieta e conseqüentemente a digestibilidade dos bovinos é essencial para que o Brasil venha a cumprir esse compromisso.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACV BRASIL. **Umberto LCA+**. Disponível em
:<<https://acvbrasil.com.br/software/umberto-lca>>. Acesso em 17 nov 2019, às 09:59.

ADISSI, P.J.; PINHEIRO, F.A.; CARDOSO, R.S. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

ANDERSSON, K; OHLSSON, T.; OLSSON, P.; Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: A case study. **Journal of Cleaner Production**, v.6, p.277-288, 1998.

ANGELO, F.D.; JABBOUR, C.J.C.; GALINA, S.V.R. Inovação Ambiental: das imprecisões conceituais a uma definição comum no âmbito da gestão ambiental proativa. **Revista Gestão da Produção, operações e sistemas**, n.4, 2011. Disponível em :
<<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/898/436>>. Acesso em 3 fev 2021, às 16:14.

ASSIS, B.B. **Avaliação do ciclo de vida do produto como ferramenta para o desenvolvimento sustentável**. 2009. 66f. Monografia (Engenharia de produção) Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG. Disponível em :<http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2009_1_Bruno-Bastos.pdf>. Acesso em 17 abr 2019, às 16:52.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040:2009: Gestão Ambiental- Avaliação do Ciclo de Vida- Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14044:2009: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009.

BACCI, D.L.C.; LANDIM, P.M.B.; ESTON, S.M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **Revista Escola de Minas**, v.59, n. 1, p. 47-54. Ouro Preto, 2006. Disponível em :<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672006000100007>. Acesso em 02 jul 2019, às 13:23.

BAPTISTA JUNIOR, J.V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista**

Brasileira de Gestão Urbana, v.5, n.2, p. 27-37, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/urbe/v5n2/a04v5n2>>. Acesso em 01 fev 2021, às 16:54.

BARBIERI, J.C. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e Instrumentos**. 4ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BARBOSA JR, A.F.; MORAIS, R.M. EMERENCIANO, A.V.; PIMENTA, H.C.D.; GOUVINHAS, R.P. Conceitos e Aplicações de Análise do Ciclo de Vida (ACV) no Brasil. **Revista Gerenciais**, v. 7, n. 1, p. 39-44, 2008.

BASSET-MENS, C.; LEDGARD, S.; BOYES, M. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. **Ecologic Economics**, v.68, n.6, p.1615-1625. 2009.

BELOTI, V. Queijos frescos e maturados. **MilkPoint**. 2014. Disponível em :<<https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria/queijos-frescos-e-maturados-205607n.aspx>>. Acesso em 06 jun 2019, às 14:15.

BENEDET, G.J. **Avaliação de Incertezas e Inventários de Ciclo e Vida**. 2007. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/90406/247983.pdf;jsessionid=4BAA0799F93EEE316641FC58BB1E5EAA?sequence=1>>. Acesso em 06 ago 2019, às 15:19.

BICALHO, E.S.; SANTOS, D.F.L. Desempenho ambiental de uma empresa do setor de alimentos, higiene e limpeza analisado a partir de seus relatórios de sustentabilidade. In: **X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. 2013. Disponível em: < <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/50718588.pdf> >. Acesso em 10 jul 2019, às 13:04.

BONEZZI, C. B.; PIRES, A. C.; BRASIL JUNIOR, A. C. P. **Avaliação do ciclo de vida e a competitividade ambiental da siderurgia no Brasil**. In: Workshop Internacional Sobre Inteligência Empresarial e Gestão do Conhecimento na Empresa, 5, 2004, Recife. 2004.

BÓRAWSKI, P.; PAWLEWICZ, A.; PARZONKO, A.; K. HARPER, J.; HOLDEN, L. Factors Shaping Cow's Milk Production in the EU. **+**, v.12, n.420, 2020

BORDANI, M. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) da produção de bioetanolhidratado em pequena escala: Abrangência agrícola e industrial**.

2014. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Santa Maria, RS. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7983/BRONDANI%2C%20MICHEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 29 jul 2019, às 13:36.

BORELLI, B.M. et al. Enteroxigenic Staphylococcus spp. And other microbial contaminants during production of Canastra cheese, Brasil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.37, n.4, p. 545-550,2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822006000400026>. Acesso em 06 jun 2019, às 14:02.

BRAGA, T. Banco Nacional de Inventários de Ciclo de Vida (SICV Brasil). **Seminário: O Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida e as políticas Públicas**. 2015. Disponível em: < <https://acv.ibict.br/wp-content/uploads/2017/01/SeminarioPBACV.pdf>>. Acesso em 09 fev 2021, às 13:30.

BRASIL, **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a política Nacional do Meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em :< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em 23 ago 2021, às 10:47.

BRASIL. **Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989**. Casa Civil. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7735.htm>. Acesso em 13 nov 2019, às 21:04.

BRASIL. **Declaração da Conferência de ONU no Ambiente Humano**, 5-16 de junho de 1972. Disponível em :<<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Declaracao%20de%20Estocolmo%201972.pdf>>. Acesso em 13 nov 2019, às 21:07.

BRASIL. **Portaria no 146 de 7 de março de 1996**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade dos queijos. Diário Oficial da União, Brasília, 11 de março de 1996.

BRASIL. Empresa brasileira de pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. **Composição do leite**. Disponível em :< https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_128_21720039243.html >. Acesso em 29 abr 2019, às 14:43.

BRASIL. **Resolução nº 04, de 15 de dezembro de 2010**. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Disponível em: <

<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000236.pdf>>. Acesso em 09 fev 2021, às 13:26.

BRASIL, 2011. **Instrução Normativa n. 62, de 29 de dezembro de 2011.** Regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade, coleta e transporte de leite. Brasília, DF: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2011, 24p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pecuária de baixa emissão de carbono: Tecnologias de Produção Mais Limpa e Aproveitamento Econômico dos Resíduos da Produção de Bovinos de Corte e Leite em Sistemas Confinados** .1ed. Brasília: MAPA, 2017

BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M. A .**Fundamentos de política e gestão ambiental : os caminhos do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. 612p.

CABRAL, F.S.C.; VEIGA, L.B.E.; ARAÚJO, M.G.; SOUZA, S.L.Q. Environmental Life Cycle Assessment of goat cheese production in Brazil: a path towards sustainability. **LWT- Food Science and Technology**, v. 129, p.1-6, 2020.

CABRAL, F.S.C. 2018. **Avaliação do Ciclo de Vida na Produção Industrial de Queijo de Cabra**. Dissertação de Mestrado. Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. 2018.

CAMPOLINA, J.M.; SIGRIST, C.S.L; MORIZ, V.A.P. Uma revisão da literatura sobre *software* utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Sorocaba, v. 19, n. 2, p. 735-750, 2015. Disponível em :< file:///C:/Users/Ana%20Carolina/Downloads/15494-87469-1-PB%20(1).pdf>. Acesso em 17 nov 2019, às 09:48.

CARVALHO, G.R.; ROCHA, D.T.; GOMES, I.R. **O mercado de leite em 2017**. Circular técnica n.118, Embrapa. Juiz de Fora, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184516/1/CT-118-O-Mercado-do-Leite-em-2017.pdf>>. Acesso em 26 jun 2019, às 16:24.

CARVALHO, L.S. **Impactos Ambientais do Leite Produzido no Território de Identidade médio Sudoeste da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, 2016). Disponível em :< http://www2.uesb.br/ppg/ppgca/wp-content/uploads/2017/11/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Laurine_PPGCA_2016.pdf>. Acesso em 07 mai 2021, às 14:25.

CASSOLI, L.D. **Qual a importância do leite para a qualidade dos queijos?**. Milkpoint, 2013. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/clinica-do-leite/producao-de-queijo-qual-a-importancia-da-qualidade-do-leite-205226n.aspx>>. Acesso em 22 fev 2021, às 16:35.

CIÊNCIA DO LEITE. **Abiq: mercado de queijos tem alto potencial de crescimento no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://cienciadoleite.com.br/noticia/4069/abiq-mercado-de-queijos-tem-alto-potencial-de-crescimento-no-brasil>>. Acesso em 03 nov 2019, às 07:55.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHERUBINI, E.; RIBEIRO, P.T. **Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia : desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil**– Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - Ibict, Brasília: 2015. Disponível em :<http://www.sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/acv_book.pdf> . Acesso em 14 ago 2019, às 13:00.

CHIARETTI, D. Brasil aderiu a compromisso sobre metano na COP26 por pressão dos EUA. **O Globo**. 03, novembro, 2021.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIEB). **Guia Técnico Ambiental de Produtos Lácteos – Série P+L**. 2008. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/la-ticinio.pdf>>. Acesso em 08 fev 2021, às 14:55.

COOPERATIVA DINAMARQUESA DESENVOLVE ESTRATÉGIA DE SUSTENTABILIDADE PARA AGREGAR VALOR À PRODUÇÃO LEITEIRA. **Milkpoint**. 27 mar 2014. Disponível em: < <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/cooperativa-dinamarquesa-desenvolve-estrategia-de-sustentabilidade-para-agregar-valor-a-producao-leiteira-88249n.aspx>>. Acesso em 03 fev 2021, às 16:35.

CORRÊA, C. C.; VELOSO, A.F.; BARCZSZ, S.S. Dificuldades enfrentadas pelos produtores de leite: um estudo de caso realizado em um município de Mato Grosso do Sul. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 48, Anais 2010. Campo Grande, MS, 2010. Disponível em < <http://www.sober.org.br/palestra/15/935.pdf>> Acesso em 16 ago 2019, às 11:16.

CRUZ, A.G.; ZACARCHENCO, P.B.; OLIVEIRA, C.A.; CORASSIN, C.H
Processamento de Produtos lácteos: Queijos, Leite fermentados, Bebidas lácteas, Sorvete, Manteiga, Creme de leite, Doce de leite, Soro em pó e Lácteos Funcionais Vol III. GEN LTC, São Paulo, 2021.

CRUZ, G.M. **Emissões de GEE na pecuária de leite brasileira: custo marginal de abatimento para diferentes sistemas de produção e implicações políticas.** Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2020. Disponível em :<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-18082020-153833/publico/Gabriela_Mota_da_Cruz_versao_revisada.pdf>. Acesso em 04 mar 2021, às 13:39.

DERWAL, J.; GUENSTER, N.; BAUER, R.; KOEDIJK, K. The eco-efficiency premium puzzle. **Financial Analysts Journal**, Charlottesville, v. 61, n. 2, p. 51-63, 2005. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/3b76/0b36cdefa521b7da9e82aa58d6dbc7ab2ebe.pdf>>. Acesso em 10 jul 2019, às 12:50.

DJEKIC, I.; MIOCINOVIC, J.; TOMASEVIC, I.; SMIGIC, N.; TOMIC, N. Environmental impacts of dairy processing and products: a review. **Journal Dairy Science**, v.9, n.94, p. 4243- 4254, 2011.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Life cycle assessment: a guide to approaches, experiences and information sources.** Copenhagen: EEA, 1997. Disponível em :<https://www.researchgate.net/publication/299446257_Life_cycle_assessment_LCA_-_a_guide_to_approaches_experiences_and_information_sources>. Acesso em 13 nov 2019, às 21:11.

EMBRAPA. **Anuário do Leite.** 2019. Disponível em :<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/Anuario-LEITE-2019.pdf>>. Acesso em 13 nov 2019, às 21:15.

EMBRAPA. **Anuário do Leite.** 2020. Disponível em : <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132875/anuario-leite-2021-saude-unica-e-total>>. Acesso em 08 dez 2021, às 15:54.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Gado do Leite – Importância Econômica.** Disponível em :<<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteZonadaMataAtlantica/importancia.html>>. Acesso em 16 ago 2019, às 11:12.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, **Indicadores: Leite e Derivados**, Ano 9, n. 78, 2018 – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Anuário do leite 2020**. 2020.

FAZENDA EXPERIMENTA VACAS COM BAIXA EMISSÃO DE CARBONO EM PROL DO PLANETA. Exame, 10 de agosto de 2019. Disponível em : < <https://exame.com/ciencia/fazenda-experimenta-vacas-com-baixa-emissao-de-carbono-em-prol-do-planeta/>>. Acesso em 23 abr 2021.

FERREIRA, J.V.R. **Gestão ambiental**: análise do ciclo de vida dos produtos. (ESTV/IPV) Instituto Politécnico de Viseu, Viseu. 2004. Disponível em :< <http://www.estgv.ipv.pt/paginaspessoais/jvf/gest%C3%A3o%20ambiental%20-%20an%C3%A1lise%20de%20ciclo%20de%20vida.pdf>>. Acesso em 05 ago 2019, às 13:23.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **O setor de laticínios no Brasil e suas interações com o comércio internacional**, [s.d].Disponível em :< https://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/u115/laticinios_fgv_PT.pdf>. Acesso em 23 ago, 2021 às 11:09.

FILHO, J.C.G.; SICSÚ, A.B. Produção mais limpa: Ferramenta de gestão ambiental aplicada às empresas nacionais. **XIII Encontro nacional de Engenharia de produção**, Anais 2003. Ouro Preto, MG. 2003. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1005_0001.pdf>. Acesso em 25 abr 2019, às 11:43.

FILHO, C.O.; SACCARO JR., N.L.; LUEDEMANN, G. **A avaliação de Ciclo de Vida como ferramenta para a formulação de políticas públicas no Brasil**. Brasília. 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6685/1/td_2205.pdf>. Acesso em 12 ago 2019, às 13:18.

FILHO, G.F.A.; BITENCOURT, E.B.; FERREIRA, E.C.; OLIVEIRA, V.S.; LOUREIRO, G.E. Avaliação do ciclo de vida do queijo muçarela de um laticínio na região norte do Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, n.1, v.20, p. 316-339, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Milk facts**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/273893/>>. Acesso em 21 set 2019, às 09:51.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Produção e Agropecuária**. 2016. Disponível em :< <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/55942/33718>>. Acesso em 23 ago 2021, às 11:14.

GIODA, A. Comparação dos níveis de poluentes emitidos pelos diferentes combustíveis utilizados para cocção e sua influência no aquecimento global. **Química nova**, v.41, n.8, p.839-848, 2018. Disponível em : < <https://www.scielo.br/pdf/qn/v41n8/0100-4042-qn-41-08-0839.pdf>>. Acesso em 26 mar 2021, às 11:20

GHINEA, C.; LEAHU, A. Life Cycle assessment of fermented Milk: yogurt production. **Ovidius University Annals of chemistry**, v. 31, n. 1, p. 49-54, 2020.

GOEDKOOP, M.; SCHRYVER, A.D.; OELE, M. **Introduction to LCA with SimaPro 7**. Pré Consultants. 2008.

GOLDBARG, M.; CORTEZ, M.A.S.; CORTEZ, N.M.S. Estudos dos aspectos do consumo de leite em relação a fatores nutricionais, hábitos alimentares e características dos consumidores. **XXIV Congresso Nacional de Laticínios**, 2005, p. 417-423, Juiz de Fora- MG.

GONÇALVES, N.R. **Processos Químicos na Indústria de Produção de Queijo**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de São João Del-Rei. Minas Gerais, 2017. Disponível em: <<https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/coqui/TCC/Monografia-TCC-Nayara.pdf>> .Acesso em 26 mar 2020, às 10:47.

HINZ, R.T.P. **Aspectos e impactos ambientais associados ao processo de injeção da blenda PPO/PSAI através do inventário do ciclo de vida**. 111f. Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PGCEM. Universidade do Estado de Santa Catarina – Santa Catarina, Joinville. 2007.

HUNT, R. E FRANKLIN, E. LCA - How it Came About. Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, vol. 1, n.1, p. 4-7, 1996. Landsberg, Germany: Ecomed.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF), 2009. International Dairy Bulletin. Environmental ecological impactor the dairy sector: literature review on dairy products for an inventory of key issues e list environmental initiatives and influences on the dairy sector. **Bulletin of the International Dairy Federation 436**. Disponível em: <<http://www.ukidf.org/documents/Bulletin436.pdf>>. Acesso em 14 out 2019, às 20:30.

JOLY, L. Quais são os principais tipos de queijo produzidos no Brasil? **Revista super interessante**. 03 de março de 2009. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quais-sao-os-principais-tipos-de-queijo-produzidos-no-brasil/>>. Acesso em 06 jun 2019, às 13:30

JOHN, V. M.; PACCA, S. A.; ANGULO, S. C. **Avaliação do ciclo de vida modular para construção sustentável**. São Paulo: Associação Brasileira do Cimento Portland, 2014.

JOHNSON, M.E. A 100-Year Review: Cheese production and quality. **Journal of Dairy Science**, v.100, n. 12, p. 9952-9965, 2017. Disponível em: <<https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2817%2931054-8>>. Acesso em 05 jan 2021, às 11:27.

KIM, D.; THOMA, G.; NUTTER, D.; MILANI, F.; ULRICH, R.; NORRIS, G. Life cycle assessment of cheese and whey production in the USA. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, p.1019-1035, 2013.

KLÖPPFER, W. The role of SETAC in the development of LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.11, n. 1, p. 116-122, 2006. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1065/lca2006.04.019>>. Acesso em 14 ago 2019, às 09:54.

LEITE, M.T.; BARROZO, M.A.D.S.; RIBEIRO, E.J. Canonical analysis technique as an approach to determine optimal conditions for lactic acid production by *Lactobacillus helveticus* ATCC 15009. **International Journal of Chemical Engineering**, v. 3, p. 1-9. 2012. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/ijce/2012/303874/>>. Acesso em 05 nov 2019, às 20:28.

LEIRA, M.H.; BOTELHO, H.A.; SANTOS, H.C.A.S.; BARRETO, B.B.; BOTELHO, J.H.V.; PESSOA, G.O. Fatores que afetam a produção e a qualidade do leite: Revisão. **Pubvet**, v.12, n.5, pag. 1-13, 2018. Disponível em: <<https://www.pubvet.com.br/uploads/46ffd29d7e7bc4ddb30a648bbd7b2d1d.pdf>>. Acesso em 23 abr 2021, às 14:35

LIMA, A.M.F.; KIPERSTOK, A. Avaliação do ciclo de vida (ACV): panorama mundial e perspectivas brasileiras. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária**. s.d. Disponível em: <https://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art28.pdf>. Acesso em 16 jul 2019, às 13:50.

LIMA, L.P.; PEREZ, R.; CHAVES, J.B.P. A indústria de laticínios no Brasil- um estudo exploratório. **Boletim do Centro de Pesquisa de processamento de Alimentos**, v.32, n. 1, 2017. Disponível em :< <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/55942/33718>>. Acesso em 23 ago 2021, às 10:51.

LUCAS JÚNIOR, J.; AMORIM, A.C. Manejo de dejetos: fundamentos para a integração e agregação de valores. **VII Congresso Brasileiro de Zootecnia**, 2005, Campo Grande, MS.

MACHADO, R.M.G.; SILVA, P.C. FREIRE, V.H. Controle Ambiental em Indústria de Laticínios. **Revista Brasil Alimentos**, n.7, 2001. Disponível em: < <http://www.signuseditora.com.br/ba/pdf/07/07%20-%20Gestao.pdf> >. Acesso em 08 jul 2019, às 13:03.

MACIEL, A.M.; BARROS, N.O.; PAULA, V.R.; BENHAMI, V.M.L.; OTENIO, M.H. Avaliação do Ciclo de Vida da Produção de leite. **XV Congresso Nacional de Meio Ambiente**, Anais2018. Disponível em: <<http://www.meioambientepocos.com.br/Anais2018/Agroecologia/212.%20AVALIA%20C3%87%C3%83O%20DO%20CICLO%20DE%20VIDA%20DA%20PRODU%20C3%87%C3%83O%20DE%20LEITE.pdf>>. Acesso em 26 jun 2019, às 12:57.

MARTINS-COSTA, T.V.A. Produção de leite e emissões de metano na região do Corede, RS. **Arquivo Brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 67, n. 5, 2015. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352015000501381>. Acesso em 23 abr 2021, às 14:00.

MEDEIROS, L.M.; DURANTE, L.C.; CALLEJAS, I.J.A. Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, v. 18, n.2, 2018. Disponível em: >https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212018000200365>. Acesso em 08 fev 2021, às 12:55.

MENEZES, R. P. B. **Desenvolvimento e avaliação de modelos de aplicação de metodologia de produção limpa a partir de balanços globais em processos**

unitários. 1999. 123 f. Tese de Doutorado (Tecnologias de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

MILANI, F.X.; NUTTER, D.; THOMA, G. Environmental impacts of dairy processing and products: A review. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.9, p. 4243-4254, 2011.

MYHRE, G., D. SHINDELL, F.-M. BRÉON, W. COLLINS, J. FUGLESTVEDT, J. HUANG, D. KOCH, J.-F. LAMARQUE, D. LEE, B. MENDOZA, T. NAKAJIMA, A. ROBOCK, G. STEPHENS, T. TAKEMURA AND H. ZHANG, 2013: **Anthropogenic and Natural Radiative Forcing**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E. C.; VILHENA, A. **Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Aplicações**. Campinas: CETEA/CEMPRE, 92p., 2002. Disponível em: <http://cetea.ital.sp.gov.br/arquivos/ACV_Principios%20e%20aplicacoes_2002.pdf>. Acesso em 23 jul 2019, às 13:36.

NIDUMOLU, R.; PRAHALAD, C. K.; RANGASWAMI, M. R. Why sustainability is now the key driver of innovation. **Harvard Business**, v. 87, n. 9, p. 57-64, 2009.

NETTO, M.M. **A geografia do queijo Minas**. 2011. 421f. Tese de Doutorado (Geografia)- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104382/000695435.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 02 fev 2021, às 14:40.

NIGRI, E. M.; ROMEIRO FILHO, E.; ROCHA, S. D. F. Cimento tipo Portland: uma aplicação da análise do ciclo de vida Simplificada. In: **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_110_729_14630.pdf>. Acesso em 17 abr 2019, às 17:26.

NIGRI, E.M.; ROCHA, S.D.F.; FARIA, P.E.; ROMEIRO FILHO, E. Avaliando impactos ambientais a partir de ACV comparadas de processos industriais e artesanais: O caso do queijo minas. In: **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2011. Disponível em : <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_143_903_18760.pdf>. Acesso em 02 fev 2021, às 14:40.

PALMIERI, N.; FORLEO, M. B.; SALIMEI, E. Environmental impacts of dairy cheese chain including whey feeding: Na Italian case study. **Journal of Cleaner Production**, v.124, n. 186, p. 1-28, 2016.

NUNES, O.S.; GASPAR, P.D.; NUNES, J.; QUINTEIRO, P.; DIAS, A.C.; GODINA, R. Life-Cycle Assessment of Dairy Products—Case Study of Regional Cheese Produced in Portugal. **Journal Process**, n.8, v.1182, p.1-20, 2020.

NUNES, O.S. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos Lácteos- Caso de estudo do queijo de Baixa Beira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2018. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/10006/1/6019_12486.pdf>. Acesso em 25 fev 2021.

PASSUELLO, A.C.B.; OLIVEIRA, A.F.; COSTA, E.B.; KIRCHHEIM, A.P. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, v.14, n. 4,2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000400002>. Acesso em 30 jul 2019, às 13:11.

PARASHAR, A.; JIN, Y.; MASON, B.; CHAE, M.; BRESSLER, Incorporation of whey permeate, a dairy effluent, in ethanol fermentation to provide a zero waste solution for the dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v.99, n.3, p. 1859-1867, 2016.

PAULA, J.C.J.; CARVALHO, A.F.; FURTADO, M.M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n.367/368, p.19-25, 2009.

PE INTERNATIONAL. **Gabi software**. Disponível em <<http://www.gabisoftware.com/brazil/software/gabi-software/>>. Acesso em 17 nov 2019, às 08:22.

PEREIRA, D.A. **Fatores impactantes na qualidade do leite de tanques comunitários na microrregião de Juiz de Fora- MG**. 2011. 110 f. Dissertação de Mestrado (Ciência e tecnologia do leite e seus derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/mestradoleite/files/2013/01/Disserta%C3%A7%C3%A3o-final8.pdf>>. Acesso em 29 abr 2019, às 17:15.

QUEZADA, R., PIERRE, C. V. **Gestão Ambiental Empresarial**. Rio de Janeiro: SEBRAE/RJ, Cidade Universitária, UFRJ, 1998.

RAMJEAWON, T. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. **Journal of Clean Production**, v.8, p. 503-510. 2000.

RIBEIRO, H.; VARGAS, H.C. Urbanização, globalização e saúde. **Revista USP**, n. 107, p. 13-26, 2015. ISSN: 2316-9036. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/115110>. Acesso em: 16 ago 2019, às 08:04.

RIVA, A.D.; BUREK, J.; KIM, D.; THOMA, G.; CASSANDRO, M.; MARCHI, de M. Environmental life cycle assessment of Italian mozzarella cheese: Hotspots and improvement opportunities. **Journal of Dairy Science**, v.100, n. 10. 2017.

RIVERA, J.E.; CHARÁ, J.; BARAHONA, R. Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colômbia. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.19, p. 237-251, 2016. Disponível em: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2178/1042>. Acesso em 11 fev 2020, às 11:44.

RODRIGUES, S.G.; SANTANA, C.F.S.; NUNES, A.B.; SANTOS, D.S.; MONTEIRO, L.F. Identificação dos impactos ambientais causados pela fabricação de queijo em uma região do estado de Sergipe. **XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Anais 2005. Fortaleza. 2005.

ROMEU, C.C.; SILVA, G.A. Comparação do Desempenho Ambiental de dois Sabonetes Cosméticos utilizando a Técnica da ACV. **IV International Workshop Advances in cleaner production**, Anais 2013. São Paulo, 2013.

ROQUE, B.M.; VENEGAS, M.; KINLEY, R. D.; NYS, R.; DUARTE, T.L.; YANG, X.; KEBREAB, E. Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. **Plos One**, v. 16, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247820>. Acesso em 23 abr 2021, às 14:17.

ROSA, P.P.; BALBINOTTI, M.Z.; ROCHA, M.E.; FLUCK, A.C.; ANGELO, I.D.M.; FERREIRA, O.G.T.; COSTA, O.A.D. Fatores etiológicos que afetam a qualidade do leite e o Leite Instável Não Ácido (LINA). **Revista eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. 12, p. 1-17, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169180/1/Zanaella-Fatores-etiológicos-que-afetam-a-qualidade-do-leite-e-o-Leite.pdf>. Acesso em 23 abr 2021, às 14:32.

SAAD, M.R.M.; SILVA, M.G.; GOMES, V. A Avaliação do Ciclo de Vida – ACV, e a etapa de avaliação de impactos ambientais: considerações sobre o uso de diferentes métodos e seus reflexos nos resultados finais. **Natureza Online**, v.12, n.3, p. 109-116, 2014. Disponível em:

<http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/02_SaadeMRMetal_109-116.pdf>. Acesso em 08 fev 2021, às 14:20.

SANGALETTI, N., PORTO, E.; BRAZACA, S.G.C.; YAGASAKI, C.A.; SALLA DEA, R.C.; SILVA, M.V. Estudo da vida útil de queijo Minas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n. 2, p. 262-269, 2009. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n2/04.pdf>. Acesso em 06 jun 2019, às 13:54.

SANTOS JR, H.C.M.; MARANDUBA, H.L.; NETO, J.A.A.; RODRIGUES, L.B. Life cycle assessment of cheese production process in a small-sized dairy industry in Brazil. **Environmental Science Pollution Research**, v. 24, p. 3470-3482, 2017.

SARAIVA, B.C.; MENDONÇA, R.C.S.; SANTOS, A.L.; PEREIRA, D.A. consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes**, v. 64, n. 367/368, p. 10-18. 2009.

SEBRAE. Agroindústria do Leite: aliando produtividade e sustentabilidade **Sustentabilidade Relatório de Inteligência**. 2014. Disponível em:

<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/7_RI_JUL_AGROINDUSTRIA_LEITE.pdf>. Acesso em 03 fev 2021, às 16:30.

SEIFFERT, M.E.B; LOCH, C. Systemic thinking in environmental management: support for sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v.13, p.1197-1202, 2005.

SEJIAN, V.; HYDER, I.; EZEJI, T.; LAKRITZ, J.; BHATTA, R.; RAVINDRA, J.P.; PRASAD, C.S.; LAL, R. Global Warming: Role of Livestock. **Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation**. Nova York: Springer, 2015.p. 141-169.

SERAFINI, S.; SOARES, J.G.; SILVA, K.C.C.; REIS, T.R.; STEFANI, L.M. Processos Industriais que diferencial o leite de saquinho e leite de caixinha. **SB Rural**, Edição 189, ano 9, 2017. Disponível em:

<https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/1043/rural_189_15198245709328_1043.pdf>. Acesso em 16 ago 2019, às 10:42.

SILVA, D.J.P. **Sistema de Gestão Ambiental para a Indústria de Laticínios**. 2011.194f. Tese de Doutorado (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, Viçosa, 2011. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/441/texto%20completo.pdf?squence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 16 ago 2019, às 13:29.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em :< <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-31072012-121351/publico/DiogoAparecidoLopesSilvaMECorrigida.pdf>>. Acesso em 17 nov 2019, às 08:13.

SILVA, J.P.B.; SILVA, S.S.; MENDEZ, R.S. Gestão ambiental em empresas públicas e sociedades de economia mista do estado de Minas Gerais. **Revista Ciências Administrativas**, v.23, n.2, p.247-261, 2017. Disponível em :<<https://periodicos.unifor.br/rca/article/viewFile/3615/pdf>>. Acesso em 26 ago 2019, às 11:37.

SILVEIRA, R.M.F.; VASCONCELOS, A.M.; ARAÚJO, J.M.; FERREIRA, J.B.; OLIVEIRA, P.G.A.; BRITO, T.M. Influência dos índices reprodutivos na produção de leite de vacas mestiças criadas no litoral Cearense. **Agropecuária Científica no Seminário**, v.14, n.12, p. 117-122, 2018.

SIRACUSA, V., INGRAO, C., GIUDICE, A. L., MBOHWA, C., ROSA, D. M..Environmental assessment of a multilayer polymer bag for food packaging and preservation: an LCA approach. **Food Research International** ,62, p. 151-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres>. Acesso em 05 jan 2021, às 13:53.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES (SEEG). **Emissões por setor**. Disponível em: < <https://plataforma.seeg.eco.br/sectors/agropecuaria>>. Acesso em 27 mai 2021, às 13:15.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES (SEEG). **Soluções para redução das emissões de gases de efeito estufa nos municípios brasileiros**. Disponível em :< https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/08/20210819_SeegSolucoes_Final_v3.pdf>. Acesso em 01 fev 2022, às 09:41.

SHUM, L.W.C.; MCCONNELL, C.S.; GUNN, A.A.; HOUSE, J.K. Environmental mastitis in intensive high-producing dairy herds in New South Wales. **Australian Veterinary Journal**, 2009, 87, 469–475.

SOARES, B.B.; WILLERS, C.D.; NETO, J.A.A.; RODRIGUES, L.B. A pecuária bubalina como oportunidade de estudo para aplicação da Avaliação do Ciclo de

Vida. **V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida**. 2016, p. 101-104. Fortaleza, CE. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1Z1RIKzfOc66BZhc9Y82vQHw1s-PraFN8/view>>. Acesso em 25 abr 2019, às 13:18.

SOARES, R.S.; SOUZA, D.M.; PEREIRA, S.W. **Construção e Meio Ambiente**. Coletânea Habitare. v.7. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Danielle_Maia_de_Souza/publication/245032762_A_avaliacao_do_ciclo_de_vida_no_contexto_da_construcao_civil/links/02e7e51d6b96410d57000000/A-avaliacao-do-ciclo-de-vida-no-contexto-da-construcao-civil.pdf>. Acesso em 29 jul 2019, às 13:03.

SOARES, C. F. V.; VEIGA, L. B. E.; ARAUJO, M. G.; SOUZA, SIMONE L.Q. Environmental life cycle assessment of goat cheese production in Brazil: a path towards sustainability. **LWT-FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY**. , v.129, p.109550 - , 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO (SBAN). **A importância do consumo de leite no atual cenário brasileiro**. 2015. Disponível em: <http://sban.cloudpanel.com.br/source/SBAN_Importancia-do-consumo-de-leite.pdf>. Acesso em 02 fev 2021, às 13:40.

SOUZA, D.M.; SOARES, S.R.; SOUZA, R.S. A life cycle impact assessment method for the brazilian context. **Conferência Internacional do Ciclo de Vida (CICLA)**. São Paulo. 2007.

SOUZA JR, M.A.B. Sistema de Gestão Ambiental em Empresas: Benefícios Econômicos e ao Meio Ambiente. **Revista Estação Científica**, n. 17. 2017.

SPECK, R., SELKE, S., AURAS, R., & FITZSIMMONS, J. Life Cycle Assessment Software: Selection Can Impact Results. **Journal of Industrial Ecology**, v.20, n.1, p.18–28, 2015.

STAFFORD, K.J.; GREGORY, N.G. Implications of intensification of pastoral animal production on animal welfare. New Zealand **Veterinary Journal**, v.56, p.274–280, 2008.

STAROSTKA-PATYK, M. New products Design decision making support by SimaPro software on the base of defective products management. **Procedia Computer Sciencen**, v.65, p.1066-1074, 2015. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877050915028811?token=CAF3024497>>

76C14F203B84699C562ADE7CAA03F2D09578F531904A7FFD7E53EA77CAFD6271162107EC6CAE51847FB51E>. Acesso em 05 set 2019, às 13:12.

TOMICH, T.R.; MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R.; CAMPOS, M.M. Nutrição de Precisão na Pecuária Leiteira. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 79, p. 54-72, 2015.

TURISRIO. **Companhia de turismo do Estado do Rio de Janeiro**. S.D. Disponível em :<<http://www.turisrio.rj.gov.br/links.asp>>. Acesso em 13 nov 2019, às 20:57.

VAN KERNEBEEK, H.R.J.; OOSTING, S.J.; VAN ITTERSUM, M.K.; BIKKER, P.; DE BOER, I.J.M. Savingland to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 677-687, 2016.

VENTURINI, K.S.; SARCINELLI, M.F.; SILVA, L.C. Processamento do leite. **Boletim Técnico**, UFES, Espírito Santo, 2007. Disponível em : <http://www.agais.com/telomc/b022_processamento_bovinoleite.pdf>,. Acesso em 01 fev 2022, às 09:30.

VINHA, V. G. da. **As empresas e o desenvolvimento sustentável: da eco-eficiência à responsabilidade social corporativa** (2003). In: Peter H. May; Maria Cecília Lustosa. (Org.). Economia do Meio Ambiente. Teoria e Prática. 1ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. v. 1, p. 173-195.

WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B.; SILVA C.A. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais**. UESB, Bahia, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2012nahead/aop_t6_0009_0533.pdf>. Acesso em 11 jul 2019, às 17:00.

YAN, M.; HOLDEN N.M. Life cycle assessment of multi-product dairy processing using Irish butter and milk powders as an example. **Journal of Cleaner Production**, v.19, p.215-230, 2018.

ZOCCHÉ, L.; FRANCISCO, A.C. Diagnóstico do Cenário da ACV no Brasil. **XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Anais 2013. Salvador, 2013. Disponível em :<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_185_055_22419.pdf>. Acesso em 20 ago 2019, às 12:54.

ANEXO A- Roteiro da Visita

Criação de bovinos com ordenha

- 1- Quantidades de animais do plantel e quantos litros de leite são produzidos?
Quantidade de animais: 102
Quantidade de leite produzido 210 litros
- 2- Número de fêmeas? Número de machos?
Fêmeas: 97
Machos: 5
- 3- Qual o destino dos filhotes?
A fêmea cria os filhotes e os machos engorda.
- 4- Os filhotes são vendidos? Qual valor?
Machos são vendidos por 160 reais
- 5- Existe pastagem para as vacas? Se sim, existe irrigação no local?
Existe pastagem, mas não possuem irrigação.
- 6- Qual ração que elas consomem? É industrializada? Marca? (Isso é importante para calcularmos os impactos ambientais referentes ao transporte de todos os alimentos que as vacas comem)
Silagem de milho, cana e capim
- 7- Além da ração elas consomem outro tipo de alimento?
Sal mineral e proteína 22%
- 8- Qual o tamanho da área destinada à criação e ordenha?
9 Alqueires
- 9- Qual a quantidade de alimento que uma vaca consome por dia?
30 kg por animal.
- 10- Quanto de urina uma vaca produz por dia?
O produtor não soube mensurar esta quantidade.

- 11- Quanto de fezes uma vaca produz por dia?
O produtor não soube mensurar esta quantidade.
- 12- Quanto de água uma vaca ingere por dia (dessedentação)?
100 a 150 litros por dia.
- 13- Quais os efluentes da produção de leite de vaca (quantidade/dia)?
O produtor não soube exemplifica-los.
- 14- Qual o destino dos efluentes?
O produtor não soube exemplifica-los.
- 15- Quais as medicações que uma vaca necessita (quantidade)?
Se a vaca estiver saudável e bem, não precisa de medicação.
Se o animal esta com mastite usa antibiótico.
E têm as vacinas de aftosa, raiva, etc.

Fabricação de queijo

- 1- Qual a quantidade produzida de queijo por dia?
Frescal: em média ele produz 83kg por dia (sendo este tipo de queijo produzido durante 4 dias).
Curado: em média 53 kg por dia (sendo este tipo de queijo produzido em apenas 1 dia da semana)
- 2- Quais os tipos de queijo produzido?
Queijo Frescal e curado
- 3- Quais as matérias primas empregadas na produção do queijo (quantidade)?
Frescal: Leite (400 litros), ácido láctico (80 mL), cloreto de cálcio (200 mL), Cloreto de sódio (5,2 Kg) e coagulante (72 mL)
Curado: Leite (400 Litros), Cloreto de Cálcio(200 mL), Cloreto de Sódio (5,2 Kg), Fermento mesofílico e fermento termofílico (usam porção, não colocam uma quantidade exata) e coagulante (72 mL).
- 4- Quais equipamentos utilizados? Usa lenha?

Equipamentos: Tanque de parede dupla (nesse mesmo equipamento é feito pasteurização e resfriamento); Lira (cortar o queijo); Mexedor de pás; Boler (equipamento utilizado para aquecer água e formar vapor).

A queijaria utiliza lenha para o aquecimento de água, segundo o produtor, eles usam em média 1 m² de madeira por semana, sendo esta madeira doada pela prefeitura sempre que há alguma derrubada de árvores.

** O Boler responsável pelo aquecimento se diferencia da caldeira, pois não utiliza pressão.

5- Existem restos de embalagens primárias? (quantificar)

Embalagem primária utilizada é a embalagem a vácuo, e esta só é descartada quando vem com algum defeito, e as perdas são mínimas.

Embalagem secundária seriam os potes de plásticos em que os queijos são vendidos, porém também não existem perdas significativas.

6- Quais os efluentes do processo e o destino final deles? (quantificar)

Os efluentes gerados no processo são Soro de leite (em média 280 a 300 litros por dia. e água de limpeza (O produtor não soube informar a quantidade).

O soro de leite é utilizado como ração animal para os porcos que existem na propriedade.

A água de limpeza é colocado um detergente neutro e em seguida é descartada.

7- Tamanho da área destinada para produção de queijo.

Área da produção : 3,5m x 4,5 m= 15,75 m².

Gastos de energia/água (acesso as contas de luz e de água do estabelecimento)

1- Quantidade de água empregada no processo? (estimar a quantidade utilizada na produção de leite e na produção de queijo).

O produtor não soube mensurar a quantidade de água utilizada em ambos os processos.

2- Quantidade de energia elétrica utilizada no processo? (estimar a quantidade utilizada na produção de leite e na produção de queijo).

Uma média anual de 817 kWh (Cálculo baseado na conta de luz dos gastos anuais)

3- Emissão de CO₂: Os produtos finais são transportados para quais locais?

Os queijos produzidos nesta queijaria são transportados dentro de isopor com gelo retornável e levados para Casimiro de Abreu, Rio das Ostras, Niterói e Maricá.

O transporte é feito em automóveis.