

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CAROLINE LIRIO PADILHA

**ESTIMATIVA DA PEGADA CARBONO ASSOCIADA AO CICLO DE VIDA DO
AZEITE DE OLIVA COM O CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.**

Caçapava do Sul

2020

CAROLINE LIRIO PADILHA

**ESTIMATIVA DA PEGADA CARBONO ASSOCIADA AO CICLO DE VIDA DO
AZEITE DE OLIVA COM O CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Mateus
Guimarães da Silva

Caçapava do Sul

2020

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

P123 Padilha, Caroline Lirio
ESTIMATIVA DA PEGADA CARBONO ASSOCIADA AO CICLO DE VIDA DO
AZEITE DE OLIVA COM O CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL. /
Caroline Lirio Padilha.
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2020.
"Orientação: Mateus Guimarães da Silva".

1. Avaliação do ciclo de vida. 2. Azeite de oliva. 3.
Cultivo orgânico. 4. Cultivo convencional . 5. Emissão de
gases de efeito estufa. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

CAROLINE LIRIO PADILHA

**ESTIMATIVA DA PEGADA CARBONO ASSOCIADA AO CICLO DE VIDA DO
AZEITE DE OLIVA COM O CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Dissertação defendida e aprovada em: 14, Dezembro e 2020.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Mateus Guimarães da Silva
Orientador
(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Thiago Henrique Lugokenski
UNIPAMPA

Prof. Dr. Mariana Ribeiro Santiago
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **MARIANA RIBEIRO SANTIAGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/01/2021, às 09:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MATEUS GUIMARAES DA SILVA, Coordenador de Planejamento, Desenvolvimento, Avaliação e Acreditação**, em 14/01/2021, às 10:04, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **THIAGO HENRIQUE LUGOKENSKI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/01/2021, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0444814** e o código CRC **C3B16D5D**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Catia e Erico, por todo esforço realizado para que esse sonho se tornasse realidade. Amo e admiro vocês com todo meu coração.

Aos meus irmãos, Kevim e Thomas, por acreditarem no meu potencial e me incentivarem nessa caminhada.

As minhas colegas e amigas, Ana Julia, Alessandra e Leticia, pelo apoio incondicional, vocês desempenharam o papel de minha família em Caçapava do Sul e possuem um lugar especial no meu coração. Amo vocês, sempre!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mateus Guimarães, pela ajuda na construção deste estudo e por todo apoio neste período. Grata por tudo, mestre!

A todos professores que cruzaram meu caminho, agradeço por compartilharem seus conhecimentos comigo e mudarem minha vida.

À Escola Estadual de Educação Básica Dom Pedro I, pelos ensinamentos compartilhados que formaram meu caráter e foram a escada para me levar a faculdade.

À Universidade Federal do Pampa, pela grande oportunidade de ser acadêmica deste lugar e criar raízes nesta instituição pública de qualidade.

A mim, por não desistir.

“Eu sei que não sou nada e que talvez nunca tenha tudo. À parte isso, eu tenho em mim todos os sonhos do mundo.”

Fernando Pessoa

RESUMO

A agricultura orgânica vem se destacando como uma possível alternativa aos métodos invasivos utilizados pela agricultura convencional, aliando esta abordagem de manejo as práticas da olivicultura, pode-se obter benefícios ambientais neste processo. No estado do Rio Grande do Sul, há cerca de uma década a plantação de oliveiras vem sendo difundidas na agricultura regional para produção de azeite de oliva, devido às condições edafoclimáticas de algumas regiões do estado. Levando em consideração esta nova cultura que incidiu no estado, esta pesquisa busca avaliar a pegada carbono do ciclo de vida do azeite de oliva cultivado no sistema orgânico e convencional. Para o desenvolvimento deste estudo a metodologia foi fundamentada na Avaliação do ciclo de vida, tendo como base os métodos de ACV para estimativa da pegada carbono do sistema de cultivo orgânico e de convencional de azeite de oliva, a partir do levantamentos dos dados de consumo de energia elétrica, combustíveis e a produção de resíduos que foram feitos pela obtenção de dados primários por meio de visitas a campo e entrevistas com produtores, já para dados secundários foram encontrados em pesquisas a literatura. As fronteiras do sistema para o desenvolvimento do estudo compreenderam desde o cultivo da oliveira até a extração do azeite. Como resultados, foi possível observar que o sistema orgânico em sua totalidade emitiu $1,798 \times 10^3 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L}$ azeite, 700 vezes mais que o sistema convencional que possui um valor de $2,562 \times 10^0 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L}$ azeite. Conclui-se que o sistema orgânico foi o maior contribuinte para o aquecimento global devido ao fato da criação de ovinos e manejo do esterco ocorrer apenas no orgânico, no entanto, a compostagem mostra-se uma boa alternativa na mitigação das emissões provenientes dos ovinos

Palavras-chave: Cultivo de oliveiras, manejo do solo, inventário de emissões, aquecimento global

ABSTRACT

Organic agriculture has been standing out as a possible alternative to the invasive methods used by conventional agriculture, combining this management approach with olive growing practices, environmental benefits can be obtained in this process. In the state of Rio Grande do Sul, for about a decade the planting of olive trees has been widespread in regional agriculture for the production of olive oil, due to the edaphoclimatic conditions of some regions of the state. Taking into account this new culture that has focused on the state, this research seeks to evaluate the carbon footprint of the life cycle of olive oil cultivated in the organic and conventional system. For the development of this study the methodology was based on the Evaluation of the life cycle, having as base the methods of LCA to estimate the carbon footprint of the organic and conventional cultivation system of olive oil, from the surveys of the data of consumption of electric energy, fuels and the production of residues that were made by obtaining primary data through field visits and interviews with producers, already for secondary data the literature was found in researches. The boundaries of the system for the development of the study comprised from the cultivation of the olive tree to the extraction of olive oil. As results, it was possible to observe that the organic system in its totality emitted $1,798 \times 10^3 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/1$ liter of olive oil, 700 times more than the conventional system which has a value of $2,562 \times 10^0 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/1$ liter of olive oil. It is concluded that the organic system was the biggest contributor to global warming due to the fact that sheep farming and manure management occur only in organic, however, composting shows to be a good alternative in mitigating emissions from sheep

Keywords: Olive tree cultivation, soil management, emissions inventory, global warming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Maiores produtores mundiais de azeite de oliva.....	18
Figura 2 – Produtores de azeite de oliva da União Européia.....	18
Figura 3 – Fases de uma ACV.....	24
Figura 4 – Fluxograma de produção do azeite de oliva com o cultivo orgânico.....	38
Figura 5 – Fluxograma de produção do azeite de oliva com o cultivo convencional.....	39
Figura 6 – Etapas da separação sólido líquido.....	42
Figura 7 – Porcentagem das emissões no sistema convencional	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição essencial e derivações do azeite de oliva.....	17
Tabela 2 - Fatores de emissão para transporte rodoviário.....	35
Tabela 3 - Fatores de emissão da aplicação do fertilizante nitrogenado.....	36
Tabela 4 - Dados para a realização do inventário.....	45
Tabela 5. Inventário dos insumos do cultivo orgânico da oliveira referente a 1L de azeite.....	46
Tabela 6. Inventário dos insumos das entradas e saídas da criação de ovinos no manejo orgânico referente a 1L de azeite de oliva em um ano.....	48
Tabela 7. Inventário do cultivo da oliveira pelo manejo convencional referente a 1L de azeite....	49
Tabela 8. Inventário das entradas e saídas do subsistema da extração do azeite.....	51
Tabela 9. Inventário das emissões de ambos os sistemas.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo Geral	14
1.2 Objetivos específicos	14
1.3 Justificativa	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Aquecimento global e mudanças climáticas	16
2.2 Efeito Estufa	16
2.3 Sustentabilidade ambiental na agricultura	17
2.4 Agricultura convencional e orgânica	18
2.5 Azeite de oliva	19
2.6 Produção no mundo	20
2.7 Produção no Brasil	22
2.8 Cultivo da oliveira	23
2.8.1 Resíduo gerado no cultivo da oliveira	23
2.9 Produção do azeite de oliva	24
2.9.1 Resíduos gerados na extração do azeite	25
2.10 Avaliação de ciclo de vida	25
2.10.1 Normalização	25
2.10.2 Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida	26
2.10.2.1 Definição do Objetivo e Escopo	27
2.10.2.2 Análise de Inventário (ICV)	27
2.10.2.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)	28
2.10.2.4 Interpretação do ciclo de vida	28
2.11 Estudos de ACV sobre produção do azeite de oliva	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS	32

3.1 O objetivo e o escopo do estudo	33
3.2 Dados de entrada e condições de contorno	33
3.3 Levantamento do inventário	33
3.4.1 Pesquisa documental	34
3.4.2 Pesquisa de campo	34
3.5 Estimativa das emissões dos gases de efeito estufa	34
3.5.1 Emissões de metano entérico	34
3.5.2 Emissões para o manejo do esterco dos ovinos	35
3.5.1 Emissões da compostagem do esterco dos ovinos	36
3.5.2 Emissões do consumo de combustível	36
3.5.3 Emissão da aplicação do fertilizante nitrogenado	37
3.5.4 Emissões da aplicação de calcário	38
3.5.5 Emissões do consumo de energia elétrica	38
4. ANÁLISE GERAL DO PROCESSOS	39
4.1 Processo de produção do azeite de oliva	39
4.1.1 Fazendas de cultivo orgânico e convencional	41
4.1.1.1 Fertilização	42
4.1.1.2 Irrigação	42
4.1.1.3 Poda	42
4.1.1.4 Roçagem	43
4.2 Lagar	43
4.2.1 Limpeza, Lavagem e pesagem	43
4.2.2 Moagem	44
4.2.3 Separação sólido-líquido	44
4.2.4 Separação líquido-líquido	44
4.2.5 Armazenamento	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46

5.1 Sistema geral do cultivo de oliveira	46
5.2 Sistema do cultivo orgânico da oliveira	48
5.2.2 Inventário dos insumos do cultivo orgânico	48
5.2.1 Inventário dos insumos da criação de ovinos	49
5.4 Sistema do cultivo convencional	50
5.5 Sistema da extração do azeite de oliva	52
5.4 Inventário de emissões dos GEE	53
6. CONCLUSÃO	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica no mundo está se desenvolvendo nas últimas décadas, tendo seu crescimento oriundo de práticas sustentáveis que foram se concretizando nos setores de cultivo, dando alternativas as práticas convencionais, as quais fazem uso insumos químicos, máquinas agrícolas e demais práticas que visam a produtividade, os quais podem trazer impactos ambientais negativos (DOS SANTOS et al., 2013). No entanto, apesar do seu grande potencial sustentável e do aumento da demanda por produtos orgânicos no Brasil, torna-se necessário o fomento do Estado brasileiro a este setor, pois a maioria são agricultores familiares pequenos e com múltiplas carências socioeconômicas e produtivas (LOURENÇO; SCHNEIDER & GAZOLLA, 2017).

A olivicultura é uma prática recente no Brasil, nesse contexto as tarefas realizadas e tecnologias implementadas no cultivo ecológico e convencional de oliveiras, fazem com que o primeiro apresente um maior nível de sustentabilidade global, causando um impacto favorável em todos os critérios relacionados ao uso de energia, utilização de recursos locais, na capacidade ambiental, no equilíbrio da matéria orgânica e nos custos econômicos (ALONSO & GUZMÁN, 2006).

O cultivo da oliveira em solo brasileiro possui particularidade em relação as características climáticas da planta, algumas regiões do país são mais favoráveis a adaptação para crescimento da cultura, sendo uma destas regiões o estado do Rio Grande do Sul. Segundo Filippini Alba (2014) o Rio Grande do Sul tem capacidade de favorecer a atividade da oliveira, devido as baixas temperaturas e sazonalidade na distribuição de chuvas, dependendo ainda da identificação de cultivares que se adaptem a cada região, através das características edafoclimáticas. Além disso, outra problemática está acerca da cultura ter uma cadeia produtiva curta no estado, o que pode estar aliado à pouca produção e nenhuma intermediação comercial de outras pessoas, apenas os produtores (GOMES, 2018).

Ainda não há tanta aplicação da metodologia de Avaliação do ciclo de vida no campo do agronegócio em nosso país. Levando em consideração o grande potencial em exportação de produtos, seria do interesse da economia promover a utilização dessas técnicas para a avaliação de potenciais impactos ambientais, podendo compreender à crescente demanda sobre questões de sustentabilidade da produção agrícola nos países exportadores de alimentos, tendo como proposta de solução dessas questões ambientais a possibilidade de realizar parcerias com

universidades, indústrias e órgãos governamentais para promover a ciência e a inovação para uma produção agrícola sustentável (RUVIARO et al., 2012).

O presente trabalho fomentará os detalhes quanto ao sistema de cultivo de oliveiras pelo manejo convencional e orgânico. Buscando construir um inventário das emissões dos GEE de ambos os cenários, por meio da avaliação dos aspectos ambientais da cadeia oleícola.

1.1 Objetivo Geral

A avaliação da pegada carbono na produção do azeite de oliva em sistemas de agricultura orgânica e convencional.

1.2 Objetivos específicos

- Quantificar o fluxo de materiais do ciclo de vida do azeite de oliva cultivado no sistema orgânico e convencional;
- Estimar e analisar as emissões dos gases de efeito estufa do ciclo de vida do azeite de oliva cultivado no sistema orgânico e no sistema convencional;

1.3 Justificativa

A produção de azeite de oliva é uma prática nova no Brasil, que vem sendo difundida a cerca de 10 anos, ainda tendo muito a expandir no país. Prática esta que não possui grandes estudos realizados em âmbito nacional, principalmente relacionados aos impactos de aquecimento global, tornando necessário aumentar as pesquisas nessa área do conhecimento e, também na área do agronegócio em geral que carece de estudos em nosso país que é um grande exportador de produtos.

A Avaliação de Ciclo de Vida de produtos é um tema relevante atualmente por ser um método que avalia os possíveis impactos e recursos ambientais que são utilizados ao longo da vida de um produto, mostrando ser um instrumento de gestão muito eficaz. No processo de produção são gerados gases do efeito estufa, tendo em vista as diferentes etapas presentes no

ciclo de vida do azeite de oliva, desde o cultivo da oliveira-até a extração do azeite. Desta maneira, teve-se o interesse de agregar o estudo de ACV a esta atividade para assim analisar os insumos e aspectos ambientais (emissões dos GEE) envolvidos, tanto para as práticas de manejo convencionais quanto orgânicas, a fim de correlacioná-los aos impactos ambientais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aquecimento global e mudanças climáticas

À medida que a população foi crescendo e se desenvolvendo, as concentrações de gases na atmosfera tiveram um aumento significativo, mais propriamente, no início da revolução industrial (ALVES, 2018; GUILYARDI et al, 2018). O emprego dos recursos naturais tais como carvão, petróleo e áreas florestadas, resultou no aumento exponencial da quantidade de gases de efeito estufa, principalmente o CO₂, o que ainda ocorre atualmente. Em consequência desse aumento contínuo, ocorreu uma maior interação com a radiação infravermelha emitida pela Terra, o que causou o aumento da temperatura do ar atmosférico, sendo este aumento chamado de Aquecimento Global, fator que atenua as mudanças climáticas (ANDERSON, HAWKINS & JONES, 2016).

O conjunto de alterações nas condições do clima da Terra, ocasionado pelo acúmulo de gases na atmosfera, denomina-se mudança climática. Sendo assim, este parâmetro pode estar sofrendo influência expressiva de processos oriundos da natureza e, também a ação antrópica (CONTI, 2005). E com o intuito de manter o mundo devidamente atualizado, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) foi criado para sintetizar e divulgar informações científicas sobre as mudanças climáticas.

2.2 Efeito Estufa

A definição de aquecimento global diferencia-se do que se diz por efeito estufa. Sendo o efeito estufa o fenômeno natural em que o sol emite comprimento de onda curto para o planeta Terra, estes ultrapassam a atmosfera terrestre sem interação com os gases presentes nesta camada e, ao atingir a superfície terrestre, parte da energia é absorvida pelos oceanos e pela superfície, aquecendo-a (RAMANATHAN & FENG, 2009). E a outra parte desta energia é refletida e volta para atmosfera com comprimento de onda longo que interage parcialmente com os GEE (CERRI, Carlos. & CERRI, Carlos Eduardo., 2007). Parte dessa irradiação é absorvida na atmosfera levando a aumentar a temperatura do ar. Essa interação permite que temperatura média da atmosfera terrestre seja de 15° C. Caso não houvesse esses gases na atmosfera, a

temperatura média da Terra seria 33° C menor, ou seja -18° C, o que inviabilizaria a vida humana (NOBRE, REID & VEIGA, 2012).

2.3 Sustentabilidade ambiental na agricultura

A sustentabilidade ambiental apresenta várias definições. No entanto, as principais foram apresentadas na CMMAD (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento) e na Agenda 21, realizada em 1992 na Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e o Desenvolvimento. O relatório de Brundtland, mais propriamente dito “Nosso futuro comum” (CMMAD, 1988), afirma que a sustentabilidade ambiental depende de não colocar em risco elementos naturais do ecossistema global, e procurar novas tecnologias para diminuir a pressão sobre o meio ambiente, que minimizem o esgotamento e favoreçam a substituição desses recursos. A Agenda 21 (CNUMAD, 1996) deliberou que as ações de sustentabilidade ambiental compreendem a relação sustentável entre padrões de consumo e produção em termos energéticos, abrangendo a eficiência no uso de energia, buscando assim, mitigar as pressões ambientais, o esgotamento dos recursos naturais e a poluição. Aliado a isso, os governos em conjunto com o setor privado e a sociedade, necessitam agir na redução da geração de resíduos e de produtos descartáveis, por meio da reciclagem, processos industriais e da introdução de novos produtos.

A agricultura tem grande influência nos impactos ambientais de larga e curta escala, devido as práticas agrícolas e seus custos que normalmente não são mensurados e, muitas vezes, não influenciam nas escolhas dos agricultores ou da sociedade sobre os métodos de manejo ou produção, que podem prejudicando o desenvolvimento da sustentabilidade ambiental.

A primeira grande reforma da PAC (Política Agricultura Comum) foi a reforma McSharry de 1992, em que surgiram os primeiros elementos da sustentabilidade ambiental (REGs (CEE) 1765/92 e 1766/92). Assim, foi introduzido um regime de retirada de terras da produção no setor das culturas arvenses, e abrangeram-se três medidas de acompanhamento: incluindo um regime de reforma antecipada, um regime agroambiental e um regime de florestação, destinados a reduzir a capacidade de produção e a melhorar a estrutura das explorações agrícolas.

O aumento da procura global de alimentos, impulsionado pelo crescimento da população e pelo aumento do poder de consumo, terá implicações importantes para a segurança alimentar e a sustentabilidade nas próximas décadas, devido aos desafios enfrentados pelos sistemas globais de produção de alimentos (GROTE, 2014). Em contrapartida, tem-se dado ênfase na intensificação sustentável em esfera mundial, sendo este processo em que os rendimentos agrícolas são aumentados com o mínimo de impacto ambiental adverso e sem a conversão de terras não-agrícolas adicionais (GODFRAY et al., 2010).

No entanto, essa expansão e intensificação criaram inúmeros problemas ambientais, e lacunas de produtividade entre os rendimentos viáveis e os rendimentos reais estão persistindo ou piorando (TILMAN et al., 2011).

2.4 Agricultura convencional e orgânica

O uso ou não de fertilizantes, agrotóxicos e pesticidas na produção agrícola é a principal diferença do plantio orgânico e o convencional (SANTOS, Graciela., & MONTEIRO, 2008).

A agricultura orgânica é um sistema de produção que visa a qualidade de vida para quem produz e para quem consome alimentos orgânicos, buscando atuar em equilíbrio com a natureza na produção de alimentos ecologicamente sustentáveis (RIVERA, 2014; SOUZA, 2015). Segundo a Lei nº 10.831 (2004), mais especificamente o Art 1º:

Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003a).

A agricultura convencional é aquela que utiliza meios de manejo que proporcionam uma maior produtividade em relação a orgânica (ROSSET et al, 2014). Seu conceito surgiu no período da Revolução Verde, sendo caracterizado como um modo agrícola em que prevalece a busca da maior produtividade por meio da utilização de insumos e máquinas altamente tecnológicas, onde o poder econômico prevalecia. No entanto, a longo prazo pode causar impactos ao solo e ao meio ambiente (SANTOS, Lucio., 2016).

2.5 Azeite de oliva

O azeite de oliva é o produto obtido somente dos frutos da oliveira, excluídos os óleos adquiridos por meio de solventes ou processos de reesterificação e ou qualquer mistura de outros óleos (BRASIL,1999b).

De acordo com a instrução normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento (p. 04, 2012c), azeite de oliva e o óleo de bagaço de oliva - conforme a matéria-prima, o processo de obtenção e os procedimentos tecnológicos aplicados - são classificados nos grupos a seguir, sendo que, esta informação (relativa ao grupo) cabe ao responsável pelo produto:

I - azeite de oliva virgem: o produto extraído do fruto da oliveira unicamente por processos mecânicos ou outros meios físicos, sob controle de temperatura adequada, mantendo-se a natureza original do produto; o azeite assim obtido pode, ainda, ser submetido aos tratamentos de lavagem, decantação, centrifugação e filtração, observados os valores dos parâmetros de qualidade [...]

II - azeite de oliva: o produto constituído pela mistura de azeite de oliva refinado com azeite de oliva virgem ou com azeite de oliva extra virgem;

III - azeite de oliva refinado: o produto proveniente de azeite de oliva do grupo azeite de oliva virgem mediante técnicas de refino que não provoquem alteração na estrutura glicéridica inicial;

IV - óleo de bagaço de oliva: o produto constituído pela mistura de óleo de bagaço de oliva refinado com azeite de oliva virgem ou com azeite de oliva extra virgem; ou

V - óleo de bagaço de oliva refinado: o produto proveniente do bagaço do fruto da oliveira mediante técnica de refino que não provoque alteração na estrutura glicéridica inicial

A norma do Codex (2015), traz uma classificação quanto a composição essencial e qualidade, nos parâmetros da acidez livre, conforme apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Composição essencial e derivações do azeite de oliva.

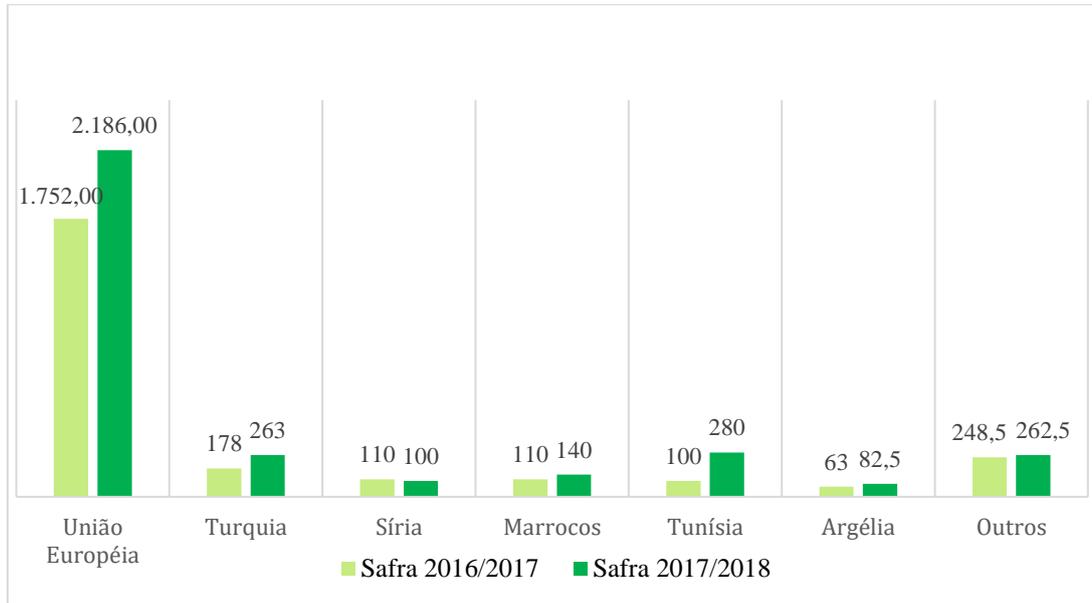
Classificação	Acidez livre expressa em ácidos oleicos (g/100)
Azeite extravirgem	0,8
Azeite virgem	2,0
Azeite corrente virgem	3,3
Azeite refinado	0,3
Azeite de oliva	1,0
Óleo de bagaço de azeitona refinado	0,3
Óleo de bagaço de azeitona	1,0

Fonte: Adaptado Standard for Olive Oils and Olive Pomace Oils, 2015.

2.6 Produção no mundo

O azeite de oliva é admirado mundialmente por seu sabor leve e suas propriedades positivas indicadas para a dieta humana (GAVAHIAN, 2019). Na Figura 1, é possível visualizar a grande produção mundial e, também, o crescimento de uma safra para outra.

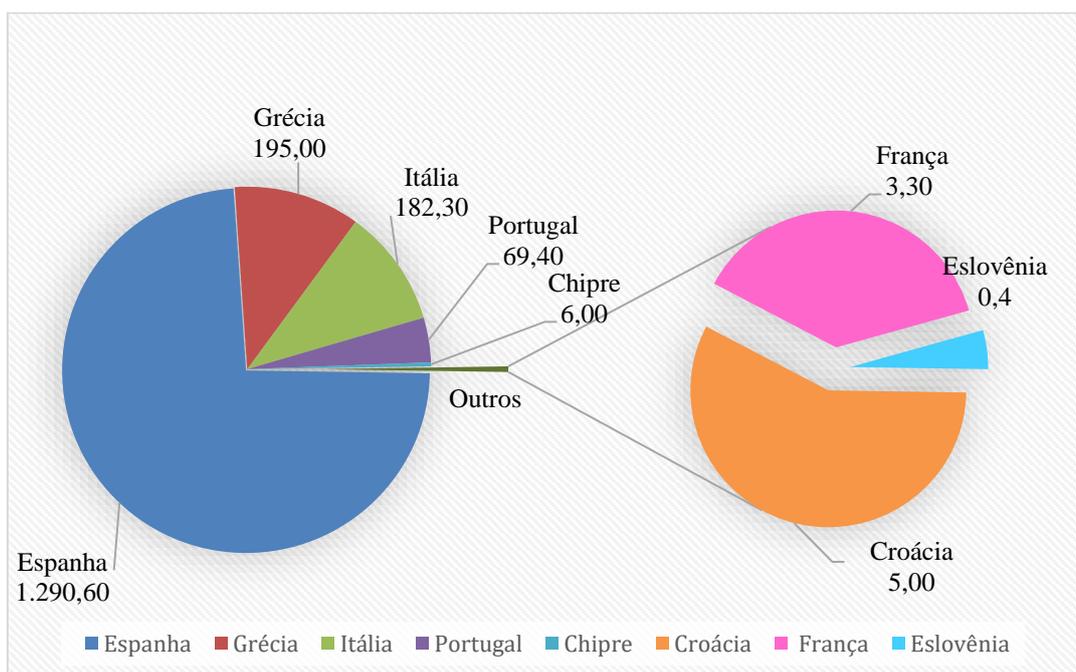
Figura 1 – Maiores produtores mundiais de azeite de oliva (1000 toneladas).



Fonte: Adaptado de COI, 2018.

O azeite é quase totalmente produzido na região mediterrânea, cerca de mais de 95% da produção mundial, sendo que três trimestres da produção anual no mundo provêm da União Europeia e países em torno do Mar Mediterrâneo, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 – Produtores de azeite de oliva da União Européia (1000 toneladas).



Fonte: Adaptado de COI, 2018.

Do ponto de vista econômico, o azeite é um empreendimento altamente lucrativo, em contrapartida, é caro gerenciar os resíduos gerados durante a produção, como bagaço de azeitona e águas residuais de moinho de azeitona. Tendo em vista a alta procura do azeite de oliva, foi evidente o crescimento da poluição ambiental mundial causada por estes resíduos (BORJA PADILLA et al., 1998; RUGGERI et al, 2015).

2.7 Produção no Brasil

A produção de azeite de oliva no país está em pleno desenvolvimento a mais de 10 anos, mostrando que o interesse pelo cultivo da oliveira está aumentando e caminhando para um cenário promissor para a cultura (CAYE, 2018). Levando em consideração que, os olivais brasileiros são ainda muito jovens, conta-se com a expectativa de crescimento da cultura, para posterior produção. Na safra de azeite de 2019 foi produzido em torno de 230 mil litros no País, sendo aproximadamente 180 mil litros no RS, dados do Instituto Brasileiro de Olivicultura (2019).

Entretanto, a produção interna é insuficiente para atender a demanda do país, sendo necessária a importação do produto de outros países. Segundo COI (2018), aproximadamente 76500 toneladas foram importadas na safra de 2017/2018, equivalendo a aproximadamente 99% do azeite consumido pelos brasileiros. Para a implantação de lavouras de oliveiras, com o intuito de produzir azeite de oliva, foram realizados estudos econômicos no Brasil sobre a viabilidade do empreendimento, considerando principalmente as características de solo e condições climáticas, cuja preferência é dada as regiões onde predomina as baixas temperaturas. Segundo WREGE et al. (2015), poucas regiões brasileiras possuem boas características para o cultivo.

A oliveira, mostrou-se adaptada em algumas regiões dos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Serra da Mantiqueira). Os plantios realizados em São Paulo e Minas Gerais, tiveram apoio da EPAMIG, diante da demanda crescente por azeites de oliva e da expansão da olivicultura no país. A primeira extração de azeite realizada no país foi na Fazenda Experimental em Maria da Fé (FEMF). O Brasil cultiva atualmente oliveiras das espécies de Arbequina, Arbosana, Manzanilla, Koroneiki, Coratina, Picual, Ascolana e Grappolo, sendo a Arbequina a principal, por ter se adaptado muito bem ao clima e ao solo das

regiões produtoras (BERTONCINI, TERAMOTO & PRELA-PANTANO, 2010, RUFAT et al., 2014).

No Rio Grande do Sul, a iniciativa ao fomento a olivicultura partiu do governo do Estado, que criou o Grupo Técnico da Olivicultura no ano de 2008. E, no ano de 2015, foi lançado o Programa Estadual de Desenvolvimento da Olivicultura (Pró-Oliva), que almeja intensificar a cooperação e as ações envolvendo instituições estaduais, federais, municipais e iniciativa privada (WASCHBURGER, 2017).

2.8 Cultivo da oliveira

A espécie de oliveira mais disseminada no mundo é a *Olea europaea L.* e o seu gênero inclui 35 espécies de arbustos e árvores perenes, seu porte é pequeno, com copa ampla, arredondada e o tronco grosso irregular. São resistentes às condições climáticas severas e são capazes de crescer em solos inférteis. A maturação do fruto da oliveira dura vários meses e o seu sabor e composição química dependem das condições de crescimento, incluindo a latitude, a água e o clima (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

O início da irrigação do olival em cada ano depende da precipitação. Os olivais que apresentem estresse hídrico na primavera apresentarão maior proporção de flores imperfeitas, menor quantidade de frutos vingados e maior competição entre os frutos. Quanto ao manejo do solo e a adubação, estes parâmetros são de suma importância para estabelecer melhorias no desenvolvimento do olival, se bem realizados podem evitar a degradação do solo (PAULUS, 2011).

2.8.1 Resíduo gerado no cultivo da oliveira

O cultivo de oliveiras gera uma grande quantidade de biomassa residual procedentes da poda, atividade necessária para manter a alta produtividade na colheita. Essa biomassa residual é composta por folhas, galhos finos e madeira de diferentes espessuras (ROMERO-GARCIA et al, 2014).

Os usos destes resíduos ainda não são específicos, exceto pela madeira de tamanho maior que é frequentemente utilizada para queima em caldeiras industriais, cocção de alimentos ou aquecimento de ambientes. Apenas uma pequena quantidade deste resíduo é usada como matéria-prima em usinas de geração de energia, devido à baixa densidade desta biomassa que eleva o custo de transporte. No entanto, cerca de metade dos agricultores elimina a biomassa residual, composta por galhos de maior espessura, por meio da queima controlada no campo, que produz emissões de partículas e CO₂, além de apresentar um risco potencial de incêndio (RODRÍGUEZ-LIZANA et al, 2017).

2.9 Produção do azeite de oliva

As azeitonas colhidas na fase inicial de amadurecimento são primeiro retiradas das folhas, lavadas e, finalmente, processadas usando moinhos de óleo tradicionais utilizando a prensa hidráulica ou moinhos contínuos caracterizados pelo método de centrifugação de duas ou três fases (BOLAÑOS et al., 2004; RAHMANIAN; JAFARI; GALANAKIS, 2013).

Quando as azeitonas são processadas por meio de um moinho tradicional, elas são esmagadas para produzir uma pasta usando pedras de granito cônicas que se movimentam sobre as azeitonas, esmagando-a e liberando azeite do interior dos vacúolos. Em seguida, ocorre o processo de malaxagem, onde a pasta é amassada para permitir que as gotas de óleo se fundam em gotas maiores, chamado de coalescência, que aumenta o rendimento e permite a separação do óleo da água (CLODOVEO, 2012).

Os sistemas de centrifugação contínuos substituíram quase completamente o sistema tradicional em muitas áreas geográficas, pois possuem maior capacidade de trabalho. As azeitonas processadas em moinhos contínuos são primeiro esmagadas com moinhos de martelo, reduzindo o tamanho das gotas de azeite e dispersando as gotas em uma pasta emulsionada. Posteriormente, a pasta é submetida a malaxação, onde a emulsão é quebrada, fazendo com que as microgotas de azeite se agreguem. Logo, a pasta é batida em uma centrífuga horizontal de alta velocidade separadora ou decantadora para separar o óleo das fases sólida e aquosa (AMIRANTE et al, 2010). Alternativamente, a pasta é adicionada com uma pequena quantidade de água, centrifugada usando um decantador de baixa velocidade para separar o sólido da fase líquida e, o óleo é separado pela fração aquosa em um separador de centrífuga vertical (GARCIA, 2018).

2.9.1 Resíduos gerados na extração do azeite

No que compreende o processo de extração do óleo do fruto da oliveira, são gerados resíduos líquidos e sólidos, e há preocupação quanto sua destinação devido aos problemas ambientais provenientes do alto valor da demanda química de oxigênio (DQO) (CUOMO et al, 2016). Por sua vez, os resíduos líquidos são produzidos através do processo de preparação da azeitona destinada ao lagar, chamados de águas ruças, provenientes da lavagem da azeitona, dos locais de armazenamento, da limpeza do azeite e da água de vegetação das azeitonas. Contudo, os resíduos sólidos quando oriundos dos sistemas de prensas ou dos sistemas contínuos de três fases são denominados bagaços convencionais e, quando vindos do sistema de duas fases, dos restos vegetais, terras e pedras, chamam-se de bagaço úmido (MEDEIROS et al, 2016).

2.10 Avaliação de ciclo de vida

A Avaliação do Ciclo de Vida é um instrumento de avaliação ambiental padronizado internacionalmente, que avalia os possíveis impactos e recursos ambientais usados ao longo do ciclo de vida de um produto, ou seja, desde a aquisição de matéria-prima, passando pelas fases de produção e uso, até o gerenciamento de resíduos. As duas características mais importantes da ACV são a análise do "berço ao túmulo" e o uso de uma unidade funcional para estudos comparativos (ISO, 2006a).

2.10.1 Normalização

As análises utilizadas na Avaliação de Ciclo de Vida já foram muito inconsistentes, e difusos entre si. Possivelmente, devido a forma como as fronteiras eram adotadas, como a seleção da idade dos dados era estipulada, e/ou na interpretação do que poderia ser um sistema mais adequado para o meio ambiente, entre outros parâmetros (COLTRO, 2007). Contudo, obtiveram-se grandes avanços com o passar dos anos nesses estudos. A *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* – SETAC, foi pioneira neste ramo de estudo, lançando o primeiro documento voltado a padronização da metodologia de ACV, o qual mais

tarde auxiliou a normalização internacional da *International Organization for Standardization* - ISO.

Em relação a normalização internacional, a metodologia utilizada segue as recomendações das normas abaixo:

- ISO 14040:2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework (ISO, 2006a)
- ISO 14044:2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines (ISO, 2006b).

Visando melhorar a compreensão e aplicação da ACV, atualmente no Brasil, são consideradas as seguintes normas:

- ISO 14040: 2009 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura;
- ISO 14044: 2009 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientação;

2.10.2 Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), abrange um estudo que é realizado através de quatro fases muito importantes, que são elas: objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação dos impactos e interpretação dos resultados, como pode-se observar na Figura 3.

Figura 3. Fases de uma ACV.



Fonte: ISO, 2009.

2.10.2.1 Definição do Objetivo e Escopo

Primeiramente, o estudo deve determinar explicitamente seu objetivo e escopo, sendo este um parâmetro que argumenta sobre o estudo, procurando explicar o seu propósito e definir sua amplitude, mostrando como e qual será a aplicação, qual será o público pretendido e se existe a intenção de utilizar os resultados em afirmações comparativas a serem divulgadas publicamente (REBTIZER et al, 2004). O escopo tem a necessidade de ser bem definido para afirmar que a abrangência, profundidade e detalhamento do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objetivo declarado.

2.10.2.2 Análise de Inventário (ICV)

Esta fase do estudo envolve o levantamento de dados e procedimentos de cálculo que pretendem quantificar as entradas e saídas relevantes de um sistema de produto. No desenvolvimento de uma análise de inventário, observa-se que à medida que se alimentam os dados, consecutivamente aumentam as problemáticas, que podem vir a envolver uma mudança de procedimentos, buscando que os objetivos do estudo possam ainda ser satisfeitos.

2.10.2.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Neste momento do estudo, os dados e as informações gerados na fase de ICV são relacionados a impactos ambientais específicos, de modo que o possa-se entender o significado destes impactos potenciais, e avaliá-los no sistema do produto.

2.10.2.4 Interpretação do ciclo de vida

Por fim, os resultados obtidos nas fases de IVC e AIVC, são correlacionados e interpretados, de forma a responder aos objetivos do estudo, identificando os impactos ambientais que são significativos, avaliando o estudo em sua totalidade e fornecendo uma apresentação compreensível, completa e consistente dos dados. As decorrências desta fase deverão ser conclusões e recomendações, concomitantemente buscando a mitigação dos impactos ambientais.

2.11 Estudos de ACV sobre produção do azeite de oliva

Accorsi et al (2013) exploraram principalmente as atividades de fornecimento, processamento, embalagem e distribuição de uma cadeia de abastecimento de azeite extravirgem de um distribuidor italiano. Neste artigo, buscaram os efeitos da adoção de soluções alternativas de embalagem no ambiente de acordo com uma metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Obtendo como resultados que um dos principais fatores que afetam o desempenho ambiental de um sistema genérico é o peso do produto manipulado, apesar da garrafa PET (0,0331 kWh) necessitar de um consumo de energia muito maior em comparação a de vidro (0,0146 kWh). Embora o vidro reciclável seja mais sustentável do que o PET para o ambiente, o maior peso do material de embalagem por garrafa (ou seja, 36 g de PET e 440 g de vidro) afeta significativamente os impactos das etapas da cadeia de fornecimento da embalagem, o manuseamento do produto, a distribuição do produto, e os tratamentos de fim de vida.

Rajaeifar et al (2014) estudaram os fluxos energéticos e econômicos e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da produção de azeite no Irã, em termos de ACV, considerando

quatro estágios principais: a produção agrícola de azeitona, transporte de azeitona, extração de azeite e seu transporte de óleo para os centros de clientes, onde total das emissões de GEE foi de 1.332,60 kg/ha (CO₂eq). Levando-os o estágio de produção agrícola é o que mais emite GEE, entre os quatro estágios avaliados e, o uso de mais adubo e o cultivo de plantas de cobertura pode ser considerado como o caminho benéfico para suprir o consumo necessário de nitrogênio e reduzir as emissões de GEE durante o ciclo de vida do azeite

Tsarouhas et al (2015) apresentou um estudo da produção de azeite na Grécia, um importante produtor agrícola, especialmente para países da região do Mediterrâneo. A Metodologia de ACV foi utilizada para quantificar o desempenho ambiental da produção de azeite, em quatorze subsistemas da produção total de azeite. Como o estudo envolve principalmente o fabricante de azeite, os autores enfatizam a melhoria da produção do subsistema de azeite. Como resultados, obteve-se que a cultura da azeitona é responsável pela grande maioria dos impactos da acidificação e oxidação fotoquímica, sendo responsável por 43,76% e 67,93%, respectivamente. A produção de azeite é o subsistema com o segundo maior impacto no que se refere à acidificação, pois representa 22,48% do impacto total relevante. No entanto, a produção de azeite é o subsistema principal responsável pela eutrofização, visto que representa 82,03% do impacto relevante, secundado pela produção, transporte e utilização de fertilizantes, que responde por apenas uma fração desse valor (10,47%). Este último também contribui significativamente para a acidificação, pois representa 18,77% do impacto total relevante. Concluindo que é altamente recomendável o uso de equipamentos especiais para malaxação operando em duas fases que não usam água. Além disso, a adoção de uma estratégia completa no momento certo para receber azeitonas de fazendas também pode melhorar significativamente a eficiência do fabricante.

Pattara, Salomone & Cichelli (2016), abordaram cinco estudos de caso localizados em Abruzzo, na Itália. Estes, foram analisados usando o método da Pegada Carbono, com o objetivo principal de quantificar as emissões de gases de efeito estufa relacionadas ao cultivo de azeitonas e à produção de azeite e para identificar os fatores responsáveis por essas emissões. Os resultados mostraram que a agricultura é responsável por emissões de CO₂eq variando de 3,34 a 7,74 kg, seguido pelo processo de embalagem na fase industrial para o qual CO₂eq variam de 1,13 kg a 3,20 kg (para o qual as garrafas de vidro representam a maior carga). O estudo revelou que uma redução realista das emissões de gases de efeito estufa deve ser baseada no uso eficiente de pesticidas e fertilizantes. Os condutores estão localizados principalmente na

fase da fábrica agrícola, que é a de maior impacto, mas também a fase que se mostra mais difícil no que diz respeito à recuperação de dados detalhados.

Proietti et al (2017) realizaram um estudo sobre a pegada de carbono do azeite de oliva extravirgem na Itália. Com o objetivo de promover a inovação de processos, implementando técnicas e tecnologias ecológicas ao longo de uma cadeia produtiva mais sustentável, utilizando a ACV para quantificar os impactos ambientais durante todo o ciclo de vida, desde o cultivo da oliveira até os processos de transformação e embalagem. Os resultados mostram diferenças de Potencial de aquecimento global (*Global warming potential - GWP*) e sequestro de carbono nas empresas investigadas. Isso ocorre devido às diferentes atividades de gestão produtiva (ou seja, algumas possuem sistemas de gestão orgânica, outras possuem sistemas de gestão tradicionais), tanto no campo quanto na fábrica de olivicultura, com diferentes distâncias a serem cobertas durante as atividades produtivas.

Navarro et al (2018) estudaram a contribuição das embalagens usuais de azeite virgem para todo o ciclo de vida do produto e um estudo das consequências ambientais da regulamentação do governo espanhol sobre as embalagens. Uma avaliação do ciclo de vida foi realizada e os resultados mostram que a influência da embalagem varia de 2 a 300%, dependendo da categoria de impacto e do tipo de embalagem (vidro, estanho ou tereftalato de polietileno). O vidro, relacionado à percepção de maior qualidade dos consumidores, foi considerado o material mais influente (devido ao seu peso); contudo, esse impacto pode ser bastante reduzido com a aplicação de estratégias de design ecológico (como redução de peso e aumento da porcentagem de vidro reciclado).

Guarino et al (2019) avaliaram os impactos energéticos e ambientais de diferentes cenários envolvendo cultivos convencionais e orgânicos, cultivos de planícies e colinas e envolvendo diferentes técnicas operacionais, no sul da Itália. Este estudo examinou o ciclo de vida da produção de uma garrafa de vidro de azeite extra-virgem de 0,75 L, com base nos resultados da análise de campo em 50 empresas diferentes. O estágio de alta produção é responsável por cerca de 35–41% dos impactos totais, enquanto a produção constante baixa tem uma faixa de variação que é em média 1–2% menor. As diferenças entre o cenário de agricultura convencional e orgânica têm uma taxa de variação de no máximo 4%. Juntos, todo o estágio de produção constante é responsável por 70-85% dos impactos totais, de acordo com o indicador selecionado. A maior parte dos impactos do ciclo de vida está espalhada por todos os anos de cultivo, principalmente devido ao uso de fertilizantes nesses estágios que precisam ser escolhidos com cuidado para limitar a energia impactos no uso e no meio ambiente: esse com

certeza precisa ser o foco principal de pesquisas adicionais no design ecológico da cadeia de suprimentos de azeite.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo utilizará dados primários obtidos de fazendas de oliveiras que utilizam práticas de cultivo orgânico e convencional, localizado no estado do Rio Grande do Sul. Esses dados foram obtidos por meio de visitas técnicas aos olivais e, também, por questionários descritivos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) realizou uma compilação de estudos envolvendo a quantificação de GEE mundialmente, resultando em documentos completos sobre este assunto que darão embasamento a este estudo. Através do que dispõe a ISO 14040 e a ISO 14044, a ACV aborda os aspectos ambientais e os potenciais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto, desde a aquisição das matérias-primas, passando pela produção, utilização, tratamento no fim-de-vida, reciclagem e disposição final (ISO, 2006a; ISO, 2006b).

A aplicação desta metodologia torna viável a quantificação e identificação dos impactos ambientais, reunindo e avaliando *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) do sistema, a qual divide-se nas seguintes etapas:

- (i) Definição do objetivo e do escopo do estudo;
- (ii) Inventário dos ciclos de vida (LCI);
- (iii) Avaliação de impacto no ciclo de vida (LCIA)
- (iv) Interpretação dos resultados.

Para o cálculo da estimativa de emissões diretas e indiretas no sistema, serão utilizados os modelos matemáticos e os fatores de emissões definidos pelo IPCC e, da bibliografia nacional. Por intermédio da Equação (1), será estimada a pegada carbono (IPCC, 2014). Os GEE que serão analisados no presente estudo são o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O) para um horizonte de 100 anos (GWP-100), provenientes tanto de fontes biogênicas quanto do consumo de insumos agrícolas e energéticos.

$$E_{GEE} = \sum_j GWP_j \cdot m_j \quad (1)$$

Onde:

E_{GEE} = Emissão dos GEE em kg·CO₂ eq;

GWP_j = Fator de caracterização dos GEE em kg·CO₂ / kg GEE;

m_j = Quantidade do GEE em kg.

O inventário e a avaliação dos impactos ambientais terão todos seus cálculos executados no software Microsoft Excel 2016.

3.1 O objetivo e o escopo do estudo

Neste trabalho, a unidade funcional será referente a 1L de azeite e o objetivo é estimar as emissões de GEE oriundos do manejo do solo orgânico e convencional para o cultivo das oliveiras, baseando-se em dados primários coletados em fazendas de oliveiras da região do Campanha do estado do Rio Grande do Sul. O escopo deste estudo é do berço ao portão de fábrica, ou seja, abrange todas as etapas presentes no cultivo das oliveiras e produção do azeite de oliva, além da etapa de produção e o transporte dos insumos (agroquímicos, óleo diesel, compostos) da unidade industrial até a fazendas também será considerada no escopo do estudo.

3.2 Dados de entrada e condições de contorno

O inventário do ciclo de vida do azeite de oliva foi baseado em dados coletados *in situ* e em pesquisas na literatura. As fronteiras que o estudo alcançará compreendem o escopo do berço-ao-portão de fábrica, não estando inclusas as etapas de distribuição e consumo do azeite. As emissões da construção de infraestrutura e manufatura de equipamentos não foram consideradas neste estudo, pois representavam menos de 1% das emissões em estudos anteriores (SILVA et al, 2018).

3.3 Levantamento do inventário

Para a elaboração do inventário de ciclo de vida, o levantamento de dados foi realizado através de uma pesquisa documental e de campo.

3.4.1 Pesquisa documental

A pesquisa documental baseou-se na utilização de fontes primárias de dados que ainda não tiveram um tratamento científico, podendo trazer grande complemento à pesquisa. Nesta fase ocorre a procura por documentos, normas técnicas, licenças ambientais, artigos e dados de ACV que disponham de informações para elaboração do inventário dos *inputs* e *outputs* durante o ciclo de vida da produção do azeite.

3.4.2 Pesquisa de campo

As pesquisas de campo foram feitas em fazendas de cultivo de oliveiras, onde são realizados manejos do solo distintos, sendo estes orgânicos e convencionais na região do Pampa. Esta fase da pesquisa é muito importante, pois através dela é possível realizar a análise dos detalhes e da prática que ocorre no sistema em estudo, podendo fornecer dados primários que serão de grande contribuição para o inventário de ciclo de vida.

3.5 Estimativa das emissões dos gases de efeito estufa

3.5.1 Emissões de metano entérico

A produção de metano entérico faz parte do processo digestivo dos ruminantes e ocorre no rúmen. A intensidade de emissão de metano depende principalmente do tipo de animal, do consumo de alimentos e do grau de digestibilidade da massa ingerida (BERCHIELLI; MESSANA; CANESIN, 2012).

Segundo o IPCC (2006b), as estimativas de metano da fermentação entérica foram calculadas utilizando a Equação (2), onde o fator de emissão de metano por fermentação entérica para ovinos no Brasil, pelo *Tier 1*, é de 5 kg CH₄/cabeça/ ano, na classificação para países em desenvolvimento.

$$TotaldeCH_{4Entérico} = \sum \frac{EF_T \cdot N_T}{10^6} \quad (2)$$

Onde:

$Total CH_{4Entérico}$ = quantidade total de emissões de metano por fermentação entérica por ano (Gg CH₄/ano);

EF_T = fator de emissão do metano para pecuária (kg CH₄/cabeça /ano);

N_T = número total de cabeças de animais da espécie/categoria T no país.

3.5.2 Emissões para o manejo do esterco dos ovinos

O manejo é referente ao esterco excretado no campo, considerando o número de 10 ovelhas no olival, cada uma pesa 70kg, produz 3kg de esterco/dia e no período desta análise produzem 10.950kg esterco/ano. Contudo, nem todo esterco produzido é depositado no campo, metade dele é recolhido quando as ovelhas estão em confinamento para a produção do composto orgânico.

O cálculo foi realizado utilizando a Equação (3): O fator de emissão de metano para manejo do esterco de ovinos no Brasil, para países em desenvolvimento com temperatura média de 15 a 25 °C é de 0,28 CH₄/cabeça/ ano IPCC (2006b),

$$CH_{4Esterco} = \sum_T \frac{EF_T \cdot N_T}{10^6} \quad (3)$$

Onde:

$CH_{4Esterco}$ = emissões do manejo do esterco, para a população (Gg CH₄/ano);

EF_T = fator de emissão do metano definida para a população da atividade pecuária (kg CH₄/cabeça /ano);

N_T = número total de cabeças de animais da espécie/categoria T no país.

3.5.1 Emissões da compostagem do esterco dos ovinos

Este esterco é coletado quando as ovelhas estão em confinamento e, é utilizado na compostagem. As emissões da compostagem do esterco dos ovinos foram usando o método padrão do IPCC (2006a), onde o fator de emissão para a compostagem é de 4g CH₄/kg. A Equação (4) estima as emissões de CH₄ e N₂O do tratamento biológico:

$$CH_4Emiss\tilde{a}o = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R \quad (4)$$

Onde:

Emissões de CH₄ = emissões totais de CH₄ no ano do inventário (Gg CH₄);

M_i = massa de resíduo orgânico tratado por tratamento biológico (Gg);

EF_i = fator de emissão para a compostagem (g CH₄ / kg de resíduos tratados);

R = quantidade total de CH₄ recuperado no ano do inventário (Gg CH₄).

3.5.2 Emissões do consumo de combustível

A emissão quanto o consumo de combustível foi calculado em relação ao óleo diesel consumido pelos caminhões, aplicando os fatores de emissão para os GEE atribuídos pelo IPCC (2006a), dispostos na Tabela 2. A Equação (5) estima o CH₄ e N₂O dos veículos rodoviários para o método de Tier 1.

$$CO_2Diesel = (Q_{Diesel} \cdot FE_{Diesel}) \quad (5)$$

Onde:

$CO_{2D\text{iesel}}$ = emissão de CO_2 associada ao consumo de óleo diesel ($KgCO_{2eq}$);

Q_{Diesel} = quantidade de óleo diesel consumida (L);

FE_{Diesel} = fator de emissão do óleo diesel ($kg CO_{2eq}/L$).

Tabela 2 - Fatores de emissão para transporte rodoviário

GEE	Padrão (kg GEE/ kg diesel)	Superior (kg GEE/ kg diesel)	Inferior (kg GEE/ kg diesel)
CO ₂	3,10	3.13	3.03
CH ₄	$1,73 \times 10^{-04}$	3.97×10^{-04}	6.69×10^{-05}
N ₂ O	$1,20 \times 10^{-03}$	5.02×10^{-04}	5.43×10^{-05}

Fonte: Adaptado IPCC, 2006.

3.5.3 Emissão da aplicação do fertilizante nitrogenado

A principal forma de reposição do nitrogênio no solo se dá através do uso de fertilizantes nitrogenados. No entanto, sua utilização implica no aumento das emissões de gases de efeito estufa devido a liberação do óxido nitroso (N₂O) para atmosfera. A Equação 6 e os fatores de emissão apresentados na Tabela 3 serão utilizadas para calcular as emissões de óxido nitroso proveniente do uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

Foi considerado o cálculo das emissões do composto orgânico proveniente da compostagem através desta equação, em termos da quantidade de nitrogênio presente na composição do fertilizante orgânico. Segundo Vaz (2007) relata que o esterco ovino possui os teores de nitrogênio, fósforo e potássio correspondentes a 1%, 0,25% e 0,6%, respectivamente e, foi através da porcentagem de nitrogênio presente na quantidade de composto colocada no solo que se tornou possível estimar as emissões do composto orgânico aplicado no solo.

$$N_2O_{Fert} = N_{Fert} \cdot (1 - Frac_{Gasf}) \cdot FE \quad (6)$$

Onde:

N_2O_{Fert} = emissão de óxido nitroso associado à aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos (kg N₂O-N/kg de adubo aplicado);

N_{Fert} = quantidade de N aplicado como fertilizantes nitrogenados (kg).

$Frac_{Gasf}$ = fração do N aplicado que volatiliza na forma de NH₃ e NO_x (%).

FE = fator de emissão (%)

Tabela 3 - Fatores de emissão da aplicação do fertilizante nitrogenado

Parâmetro	Valor (%)
FE	0,3
$Frac_{Gasf}$	10

Fonte: IPCC (2007)

3.5.4 Emissões da aplicação de calcário

A emissão de CO₂ após a aplicação de calcário será calculada utilizando a Equação 8 e o fator de emissão igual a 0,13 kg CO_{2eq} por kg de Calcário (IPCC, 2006b).

$$CO_{2cal} = \left(\frac{44}{12} \cdot Q_{cal} \cdot FE_{cal} \right) \quad (7)$$

Onde:

CO_{2cal} é a emissão de CO₂ associada à aplicação de calcário no solo (kg CO₂);

Q_{cal} é a quantidade de calcário dolomítico (CaMg (CO₃)₂) aplicado em kg/ha;

FE_{cal} é o fator de emissão (kg CO_{2eq}/kg calcário);

(44/12) é o fator de conversão do carbono em gás carbônico.

3.5.5 Emissões do consumo de energia elétrica

Na determinação da quantidade de gases oriundos do consumo de eletricidade, utilizou-se o fator de emissão da matriz de energia elétrica inserida no sistema interligado brasileiro igual a 125 kg CO₂eq/MWh, o qual corresponde ao ano de 2012 (MIRANDA, 2012).

4. ANÁLISE GERAL DO PROCESSOS

4.1 Processo de produção do azeite de oliva

Para realização do estudo, o processo de produção do azeite de oliva contemplará mais especificamente o que ocorre no cultivo da oliveira até a extração do azeite. Sendo que, na fazenda, ocorrem as práticas de manejo do solo, cultivo da oliveira e colheita da azeitona, onde as práticas se diferenciam em torno dos cultivos orgânicos e convencionais. No sistema orgânico não se utiliza agrotóxicos e fertilizantes solúveis.

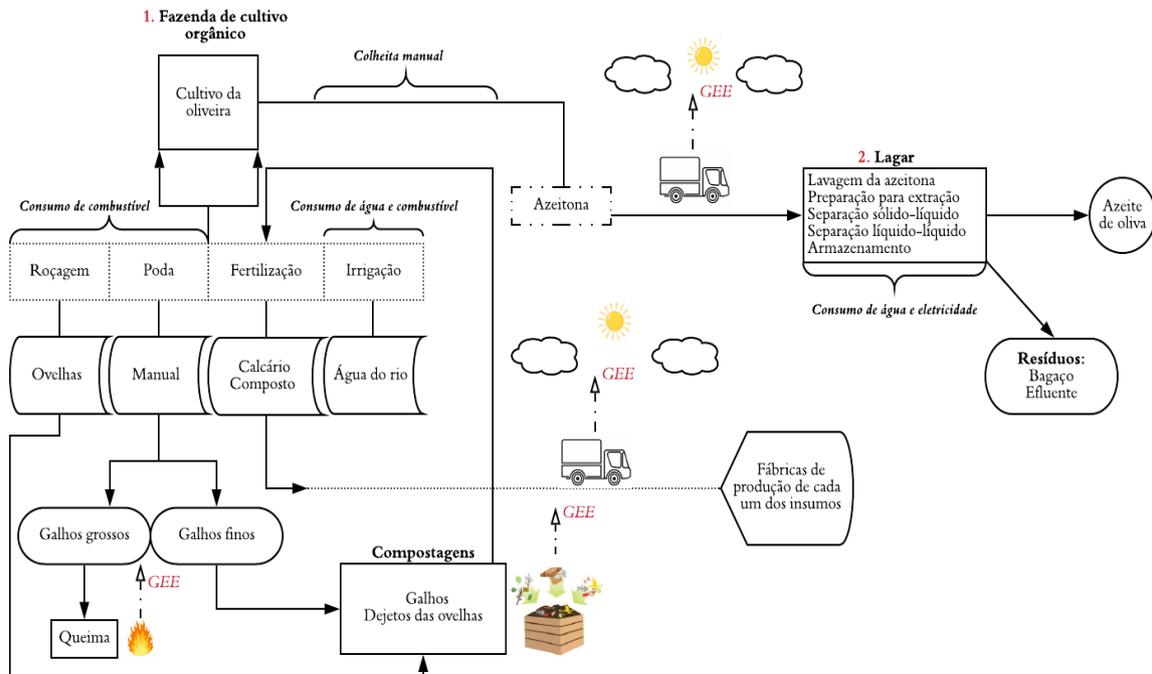
Na Figura 4 é mostrado um esquema com as principais etapas presentes no cultivo orgânico. Onde, na fase de cultivo do olival a roçagem é realizada através da pastagem das ovelhas, a poda é feita de maneira manual, os galhos finos são utilizados na compostagem e os galhos grossos são queimados na lareira ou fogão a lenha. A fertilização é a base de composto orgânico cinco vezes ao ano e calcário a cada três anos.

A colheita é realizada de forma manual por trabalhadores da fazenda e, após isso as azeitonas são levadas até o lagar o processo de extração do azeite de oliva ocorre, iniciando pela lavagem da azeitona, preparação para extração, separação sólido-líquido, separação líquido-líquido e armazenamento.

É importante salientar que existe um corte no sistema, onde a produção de calcário, fertilizantes, ureia não foram consideradas neste estudo, tanto no cultivo orgânico como no convencional. Porém, a produção do composto orgânico oriundo da compostagem foi

considerada como também, a criação dos ovinos produtores do esterco que abastece a composteira.

Figura 4. Fluxograma do sistema de produção do azeite de oliva com o cultivo orgânico.

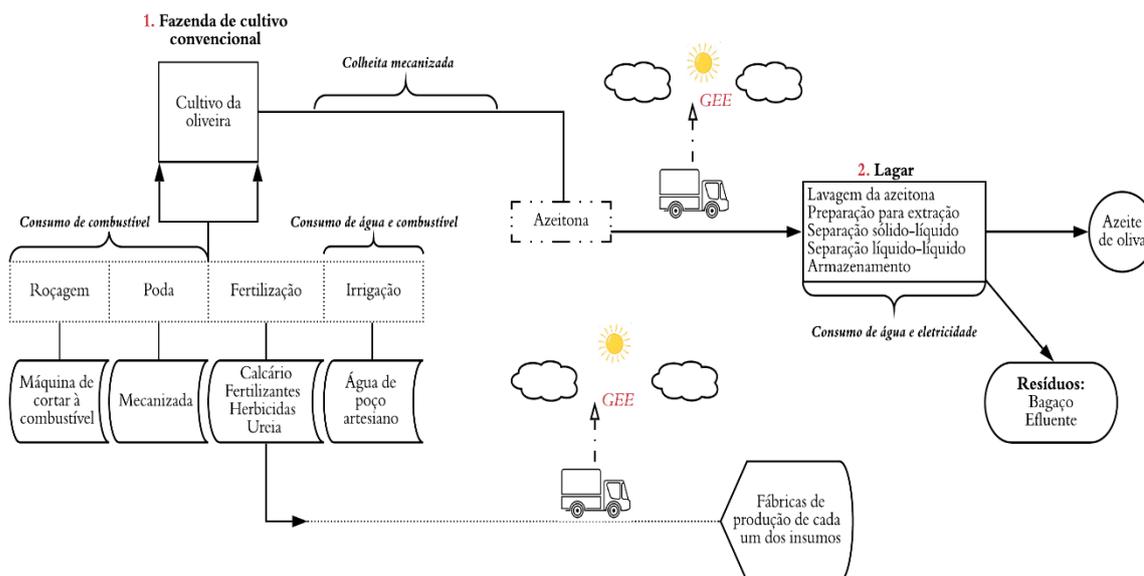


Fonte: Autora, 2019.

Por outro lado, no sistema convencional ocorre o uso de insumo agroquímicos, como fertilizantes químicos e agrotóxicos. Na Figura 5 é ilustrado um esquema que resume as principais etapas no sistema convencional que, se inicia pelo cultivo da oliveira. A roçagem e a poda ocorrem de forma mecanizada, com tratores. Quanto a fertilização, utiliza-se calcário, fertilizantes foliares e para o solo, herbicidas e uréia.

A colheita da azeitona ocorre também de forma mecanizada, com o auxílio de trator vibratório e, em seguida as azeitonas são carregadas e transportadas para o lagar, onde passam pelo mesmo processo descrito no cultivo orgânico em relação a extração do azeite de oliva.

Figura 5. Fluxograma do sistema de produção do azeite de oliva com o cultivo convencional



Fonte: Autora, 2019.

4.1.1 Fazendas de cultivo orgânico e convencional

Este sistema compreenderá os processos que culminam no cultivo da oliveira até a colheita do fruto, a azeitona. Considerando a idade mínima de 6 anos do olival, onde demonstra-se uma fase de produção expressiva do ponto de vista comercial. No presente estudo não foi considerado os processos de implementação do olival e desenvolvimento inicial do olival.

A principal diferença entre o plantio orgânico e o convencional, está na utilização de insumo químicos, como fertilizantes, herbicidas e pesticidas, com a intenção de otimizar a produtividade agrícola. Em contrapartida, a agricultura orgânica busca alternativas aos métodos empregados no plantio convencional, realizando a reciclagem de resíduos sólidos, uso de adubos verdes e restos de culturas, uso de rochas minerais, uso de manejo e controle biológico de insetos, mantendo o bem-estar e fertilidade do solo para abastecer as plantas de nutrientes e controlar os insetos, pragas e ervas invasoras (ORMOND, et al 2002).

4.1.1.1 Fertilização

Um solo é considerado fértil quando possui grande capacidade de fornecer nutrientes para o desenvolvimento da planta. Logo, sabe-se que nem sempre o solo terá todos os nutrientes necessários para o crescimento de uma determinada cultura, no entanto, neste caso, utiliza-se a agricultura orgânica e suas práticas sustentáveis para o fortalecimento nutricional do solo (LOPES, 1998). De maneira análoga, no plantio convencional do olival, utiliza-se de insumo agrícolas que deem resultados em menor tempo, para não prejudicar a produtividade. Logo, também se têm alternativas de fertilização orgânica para o solo, sendo uma destas através da compostagem de resíduos orgânicos, que tornam os resíduos em compostos com alto teor de nutrientes e que também pode solucionar o problema de descarte destes e, ainda melhorar as características do solo (RODRIGUES, Ângelo & ARROBAS, Margarida, 2013).

4.1.1.2 Irrigação

O monitoramento do estado hídrico da oliveira é de extrema importância para o controle da melhoria da produtividade em regiões áridas. Para um adequado manejo do solo, a irrigação é um parâmetro fundamental a ser considerado, sendo que esta consiste em completar a disponibilidade da água oriunda naturalmente pela chuva, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas (RODRIGUES, Manuel & CORREIA, Carlos, 2009).

4.1.1.3 Poda

Na cultura das oliveiras, a poda tem sido defendida para vários propósitos, dentre eles estão a facilitação no controle de pragas e doenças, e o ajuste da copa. Em árvores jovens, sua aplicabilidade decorre da necessidade de a árvore possuir uma estrutura suficiente para suportar a carga dos frutos, por sua vez, em árvores maduras a poda é realizada para maximizar a exposição à luz solar e para manter o equilíbrio entre as funções vegetativas e reprodutivas, e por fim, as árvores mais velhas podem ser submetidas a podas rejuvenescedoras e regenerativas como forma de controlar o crescimento e a produtividade das árvores. Os resíduos da poda, que

podem ser oriundos da poda manual ou poda mecânica, devem ser eliminados ou destinados corretamente quando existe a necessidade de circulação de maquinaria no interior do olival de forma a permitir a realização das operações culturais (PERESTRELO, 2008).

4.1.1.4 Roçagem

O procedimento da roçagem compreende a eliminação da vegetação em excesso, que pode ser executada de forma manual ou mecânica. Em relação ao olival, têm-se a necessidade de realizar as roçadas com uma certa frequência, com o intuito de diminuir a competição existente entre a vegetação e a cultura, onde ambas buscam água e nutrientes.

4.2 Lagar

Logo após a colheita das azeitonas, elas são transportadas até o local onde ocorrerá o processamento, o lagar. Salientando que estas não devem permanecer por intervalos superiores a 24 horas, com o intuito de impedir a danificação dos frutos (RODEGHIERO, 2016). Logo em seguida, são selecionadas para não comprometerem a qualidade do azeite e, passam pela limpeza.

4.2.1 Limpeza, Lavagem e pesagem

É realizada a limpeza, onde tudo aquilo que não interessa, desde folhas da oliveira, ramos, materiais sólidos e impurezas em geral oriundas da colheita, são retirados. Posteriormente, as azeitonas são lavadas com água potável para remoção de sujeiras, onde este procedimento tem por finalidade a remoção de qualquer material estranho afim de evitar influências negativas na qualidade do azeite virgem e na segurança mecânica do equipamento utilizado na extração do azeite (DI GIOVACCHINO, SESTILI & DI VINCENZO, 2002).

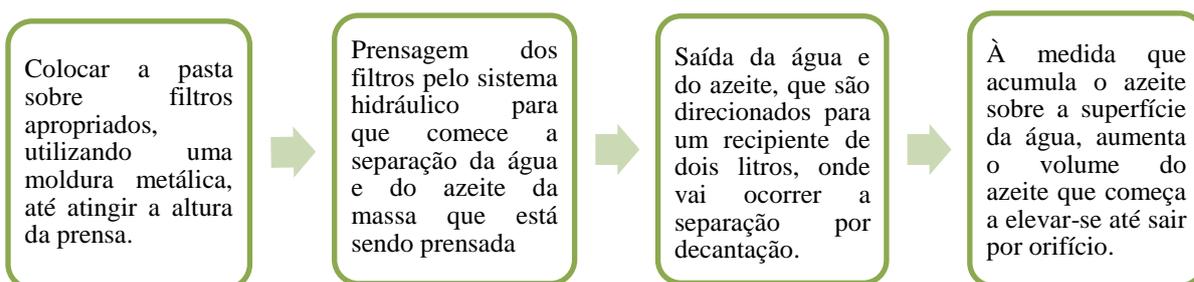
4.2.2 Moagem

As azeitonas são trituradas com a utilização de martelos mecânicos, para que assim, seja rompida a estrutura vegetal da azeitona, a fim de liberar as gotículas de azeite contidas nos vacúolos do mesocarpo, tanto da polpa como do caroço, sendo transformadas em uma pasta.

4.2.3 Separação sólido-líquido

Para esta operação, o procedimento mais disseminado é o sistema contínuo de elaboração, onde a injeção da massa e a separação das fases são efetivadas de forma contínua, sem necessidade de passar pela máquina separadora, consiste basicamente na ação da força centrífuga exercida à massa de azeitona (NETO et al, 2008). O residual presente na pasta, é composto por azeite, água e matéria seca, logo, é necessário separar os demais do azeite, através do processo de separação sólido-líquido que está descrito na Figura 6, é possível separar a água e o óleo, da matéria seca presente.

Figura 6. Etapas da separação sólido-líquido.



Fonte: Adaptado, NETO et al, 2008.

4.2.4 Separação líquido-líquido

Após o processo de separação sólido-líquido, ainda resta água e azeite, para obter-se apenas o produto desejado é necessário realizar a separação líquido-líquido. Segundo Oliveira

(2006) a decantação é um método onde se pode ser realizada a separação do azeite da água, por diferença de densidade, ou mediante centrifugadores verticais que possuem um rotor formado por duplo tronco de cones e pratos em seu interior, que giram com o eixo central, tal processo funciona da seguinte maneira:

- a) Todos os elementos trabalham a grande velocidade (6 mil-7 mil rpm).
- b) Os líquidos entram pela parte superior, através do eixo, até chegar a um defletor, onde se separam.
- c) Em seguida, entram por entre os pratos, que atuam como centrifugadores elementares, onde os sólidos são lançados a um raio maior; o efluente líquido, fica em um raio intermediário; o azeite fica em um raio menor.

4.2.5 Armazenamento

A duração de produção do azeite de oliva compreende um período de dois a três meses, logo, o mesmo deve ser armazenado até o momento da sua embalagem, sendo a última etapa da cadeia de qualidade que tem por intuito separar os azeites por qualidade, visando conservar as características boas do azeite, protegendo-o de fermentações, oxidações e perdas de aromas, evitando ao mesmo tempo o aparecimento de defeitos. É importante que os recipientes não deixem a luz infiltrar e que a temperatura se mantenha entre os 15 e 18°C, de forma a permitir a maturação do azeite, sem favorecer a sua oxidação (OLIVEIRA, 2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia proposta anteriormente, neste item serão apresentados os resultados desta pesquisa. Tendo em vista que a primeira etapa do estudo de ACV, é a definição de objetivo e escopo, já foi realizada no item anterior, agora serão apresentados e analisados os resultados referentes às demais etapas propostas pela norma ISO 14040: análise de inventário, avaliação do impacto do ciclo de vida e interpretação do ciclo de vida.

5.1 Sistema geral do cultivo de oliveira

Este inventário compreende os valores de entradas e saídas das etapas de manejo do solo para ambos os cultivos, onde os dados foram retirados das propriedades visitadas e de pesquisa na literatura. A unidade funcional utilizada foi a de 1 litro de azeite de oliva e, a média de 10 quilogramas de azeitona para produção de 1 litro de azeite.

No cultivo orgânico, cada ovelha pesa cerca de 70kg e produz aproximadamente 3kg de esterco por dia e, em nosso estudo conta-se com a presença de 10 cabeças de ovelha, que em um ano produzem 10.950 kg de esterco. Contudo, nem todo esterco produzido é depositado no campo, metade dele é recolhido quando as ovelhas estão em confinamento para a produção do composto orgânico.

Levando em consideração os dados apresentados na Tabela 4, nesta safra analisada foram produzidos 514,8L de azeite de oliva em 1 hectare de lavoura.

Tabela 4. Dados para a realização do inventário.

	Cultivo	
	<i>Convencional</i>	<i>Orgânico</i>
Espaçamento entre árvores	7m x 5m	7m x 5m
Nº de árvores por hectare	286	286
Produtividade (18kg/planta)	18	18
Roçadas por ano	5	1,5
Aplicações de fertilizantes foliares químicos por ano	5	-
Aplicações de fertilizantes	3 de NPK por ano 1/3 de calcário ao ano	3 de composto orgânico 1/3 de calcário ao ano
Aplicação de fungicida, inseticida e herbicida	1	-
Distância do olival até o lagar (km)	40	40
Potência do caminhão (CV)	180	180
Capacidade do caminhão	5 a 7 toneladas	5 a 7 toneladas
Consumo médio do caminhão	3km/L	3km/L
Trator	115CV	115CV
Tempo médio de realização de atividades com o trator	0,5h/ha	0,5h/ha

Fonte: Autora, 2020.

5.2 Sistema do cultivo orgânico da oliveira

Neste item serão abordados os inventários de insumos utilizados no cultivo das oliveiras orgânicas e, da criação de ovinos. Levando em consideração que as ovelhas têm uma influência muito grande no cultivo orgânico, onde realizam a roçagem (controle da pastagem) e parte do seu esterco é submetido ao processo de compostagem formando o composto orgânico utilizado como fertilizante no solo do olival, tornou-se necessário construir um inventário dos insumos da criação destes pequenos ruminantes.

5.2.2 Inventário dos insumos do cultivo orgânico

Tabela 5. Inventário dos insumos do cultivo orgânico da oliveira referente a 1L de azeite.

			Quantidade	Unidade	
Entradas	<i>Fertilizantes – aplicação no solo</i>	Calcário	1,166	kg	
		Composto orgânico	N	$1,064 \times 10^{-01}$	kg
			P	$2,659 \times 10^{-02}$	kg
			K	$6,381 \times 10^{-02}$	kg
	<i>Poda</i>	Manual	-	-	
	<i>Roçagem</i>	Ovelhas	-	-	
	<i>Irrigação</i>	Água do rio	-	-	
	<i>Combustível</i>	Óleo diesel	$1,311 \times 10^{-01}$	L	
Saídas	<i>Produtos</i>	Azeitona	$1,000 \times 10^{01}$	kg	

Fonte: Autora, 2020.

O consumo do óleo diesel foi calculado a partir das operações realizadas no olival, sendo 1 aplicação de composto orgânico e 1/3 de aplicações de calcário (aplicação a cada 3 anos) no solo, além das ovelhas são realizadas 1,5 roçadas por ano, plantio do pasto, colheita e o transporte até o lagar para extração (ida e volta). Obtendo-se um total de consumo de diesel de 0,131 L por 1L de azeite. Uso de um trator de 115 CV para desenvolvimento das atividades agrícolas com consumo médio de 15,5 L/h e com tempo médio para realização de atividades com trator de 0,5 h/ha.

A aplicação de calcário foi feita com base nas informações coletadas a campo e, conforme dito acima realizada a cada três anos. Totalizando 1,166kg de calcário por 1L de azeite..

5.2.1 Inventário dos insumos da criação de ovinos

As informações foram baseadas nas visitas realizadas a campo. As ovelhas são da raça Corriedale (dupla aptidão), foram considerados 10 animais por hectare com peso médio de 70 kg/animal e produção de 3 kg de esterco por animal por dia, sendo que metade do esterco fica contido no solo e o restante é recolhido no local onde as ovelhas ficam em confinamento no período da noite e transformado em adubo por compostagem. O casqueamento e a tosa são realizados 1 vez por ano

Uso de um trator especificado no item acima, onde através destes dados o consumo do óleo diesel foi calculado a partir das operações realizadas na área de pastagem que compreendem: aplicações do composto dos dejetos dos ovinos NPK (1% N; 0,25% P; 0,6% K) e 1/3 de aplicações de calcário (36% cálcio) (pois a aplicação é a cada 3 anos) no solo, plantio do pasto; totalizando 0,036 L de diesel para produção de 1 L de azeite.

Para atendimento das necessidades nutricionais dos animais, além da pastagem, a suplementação se faz necessária. São ofertados dois produtos diários, ração com teor proteico de 15% numa quantidade de 0,7 kg/animal e sal mineral a vontade, mas com consumo médio de 0,04 kg/animal. Os valores são referentes a um ano de criação em fase adulta.

As entradas e saídas referente a criação de ovinos estão contidas na Tabela 6, inicialmente calculadas para 1 hectare e, posteriormente, convertidas para a Unidade Funcional de 1 L de azeite.

Tabela 6. Inventário dos insumos das entradas e saídas da criação de ovinos no manejo orgânico referente a 1L de azeite de oliva em um ano.

			Quantidade	Unidade
Entradas	<i>Sementes</i>	Azevém	$7,770 \times 10^{-02}$	kg
		Trevo Branco	$9,713 \times 10^{-03}$	kg
		Cornichão	$9,713 \times 10^{-03}$	kg
	<i>Suplementação</i>	Ração	$4,963 \times 10^{00}$	kg
		Sal mineral	$2,836 \times 10^{-01}$	kg
Saídas	<i>Produtos, coprodutos e resíduos</i>	Cascos	$3,885 \times 10^{-03}$	kg
		Esterco	$2,127 \times 10^{+01}$	kg
		Lã	$5,828 \times 10^{-02}$	kg

Fonte: Autora, 2020.

5.4 Sistema do cultivo convencional

Em relação aos químicos aplicados no cultivo convencional, foram quantificados a massa dos elementos necessários e os princípios ativos dos produtos, sendo eles: boro 5%; calcário 36% cálcio; complexo biobérica 1,33g/ml; Delegate 250 p/; glifosato (sal de isopropilamina) 480 g/L; NPK (7% N; 6,5% P; 9% K); oxidocloreto de cobre 840 g/kg. Estes valores foram levantados e calculados referentes a 1 hectare e, posteriormente, convertidos para a unidade funcional de 1 litro de azeite, correspondendo a uma safra. O inventário está disposto na Tabela 7.

Tabela 7. Inventário do cultivo da oliveira pelo manejo convencional referente a 1L de azeite

	Subsistemas	Especificações		Quantidade	Unidade
ENTRADAS	<i>Fertilizantes</i>	Na folha	Boro	$5,556 \times 10^{-02}$	kg
			Cálcio	$5,556 \times 10^{-02}$	kg
			Complexo Biobérica	$2,525 \times 10^{-03}$	kg
			Potássio	$1,111 \times 10^{-01}$	kg
		No solo	Nitrogênio	$4,662 \times 10^{-02}$	kg
			Fosforo	$4,390 \times 10^{-02}$	kg
			Potássio	$6,216 \times 10^{-02}$	kg
			Calcário	1,166	kg
	<i>Consumo de combustível</i>	Poda Roçagem Aplicações de insumos Colheita Deslocamento até o lagar	Óleo diesel	$3,568 \times 10^{-01}$	L
	<i>Irrigação</i>	Água do poço artesiano	-	-	-
	<i>Fungicida</i>	Oxicloreto de cobre	$1,943 \times 10^{-03}$	kg	
	<i>Herbicida</i>	Glifosato	$3,691 \times 10^{-03}$	kg	
	<i>Inseticida</i>	Delegate	$1,457 \times 10^{-04}$	kg	
SAÍDAS	<i>Produtos</i>	Azeitona	$1,000 \times 10^{01}$	kg	

Fonte: Autora, 2020

O consumo do óleo diesel calculou-se tendo em vista as operações realizadas no olival de cultivo convencional, compreendendo 5 roçadas por ano, 5 aplicações foliares de fertilizantes químicos, 1 aplicações de NPK (composto de ovinos) e 1/3 de aplicações de

calcário (aplicação a cada 3 anos) no solo, 1 aplicação de fungicida, 1 aplicação de inseticida, plantio do pasto, colheita e o transporte até o lagar para extração (ida e volta). Gerando um total de consumo de diesel de 0,357 L para a unidade funcional de 1 L de azeite.

Como no cultivo orgânico, a aplicação de calcário foi de 1,166kg para a produção de 1L de azeite.

5.5 Sistema da extração do azeite de oliva

Na fase de entradas do processo, a água tem grande importância sendo utilizada na lavagem das azeitonas e, posteriormente, elas seguem para as seguintes fases de processamento. O consumo de eletricidade para o processamento da unidade funcional foi de 0,2 kWh, levando em consideração um funcionamento de 8 horas diárias do lagar na safra. As saídas, além do azeite, estão as folhas, bagaço, caroço e águas ruças. Importante ressaltar que o bagaço e o caroço saem com altos teores de umidade pela água contida naturalmente na fruta.

Os valores ilustrados na Tabela 8 correspondem aos valores de entradas e saídas para extração de 1 L de azeite de oliva em um lagar de duas fases. Esse sistema é o mesmo para ambos os cultivos.

Tabela 8. Inventário das entradas e saídas do subsistema da extração do azeite.

	Quantidade	Unidade
<i>Azeitonas + folhas</i>	1,000 x10 ⁰¹	kg
Entradas	<i>Eletricidade</i>	2,000 x10 ⁻⁰¹
	<i>Água</i>	1,300 x10 ⁰⁰
	<i>Águas ruças</i>	5,000 x10 ⁻⁰¹
Saídas	<i>Azeites</i>	1,000 x10 ⁰¹
	<i>Bagaço</i>	8,000 x10 ⁰⁰
	<i>Caroço</i>	8,000 x10 ⁻⁰¹
	<i>Folhas</i>	3,000 x10 ⁻⁰¹

Fonte: Autora, 2020.

5.4 Inventário de emissões dos GEE

A Tabela 9 foi construída com base nos parâmetros que mais influenciaram nas emissões diretas em cada sistema, sendo dividida entre sistema orgânico e convencional e, tendo como fontes de emissões consideradas: as aplicações nitrogenadas e de calcário, consumo de combustível, o processo da compostagem, o consumo de energia e as emissões do metano entérico e, do manejo do esterco dos ovinos.

Tabela 9. Inventário das emissões de ambos os sistemas.

Subsistemas	Emissões	Sistema de cultivo orgânico (kg CO₂eq/1L azeite)	Sistema de cultivo convencional (kg CO₂eq/1L azeite)
Cultivo da oliveira	Metano entérico (ovinos)	1,700x10 ⁰³	-
	Manejo do esterco ovino	9,520x10 ⁰¹	-
	Aplicação nitrogenada	6,846x10 ⁻⁰²	3,751 x10 ⁻⁰²
	Calcário	1,543	1,543
	Combustível	7,187 x10 ⁻⁰¹	9,563 x10 ⁻¹
	Compostagem	4,254x10 ⁻⁰²	-
Lagar – extração do azeite de oliva	Consumo energético	2,500x10 ⁻⁰²	2,500x10 ⁻²
TOTAL		1,798x10⁰³	2,562

Fonte: Autora, 2020.

O sistema orgânico considerando os subsistemas analisados, tem uma emissão total de $1,798 \times 10^{03} \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L azeite}$, sendo aproximadamente 700 vezes mais emissor de GEE que o sistema convencional. Os maiores contribuintes para as emissões deste sistema foram oriundos criação de ovinos, com o considerável valor de metano entérico de $1,700 \times 10^{03} \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L azeite}$, seguido pelo manejo do esterco de $9,520 \times 10^{01} \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L azeite}$.

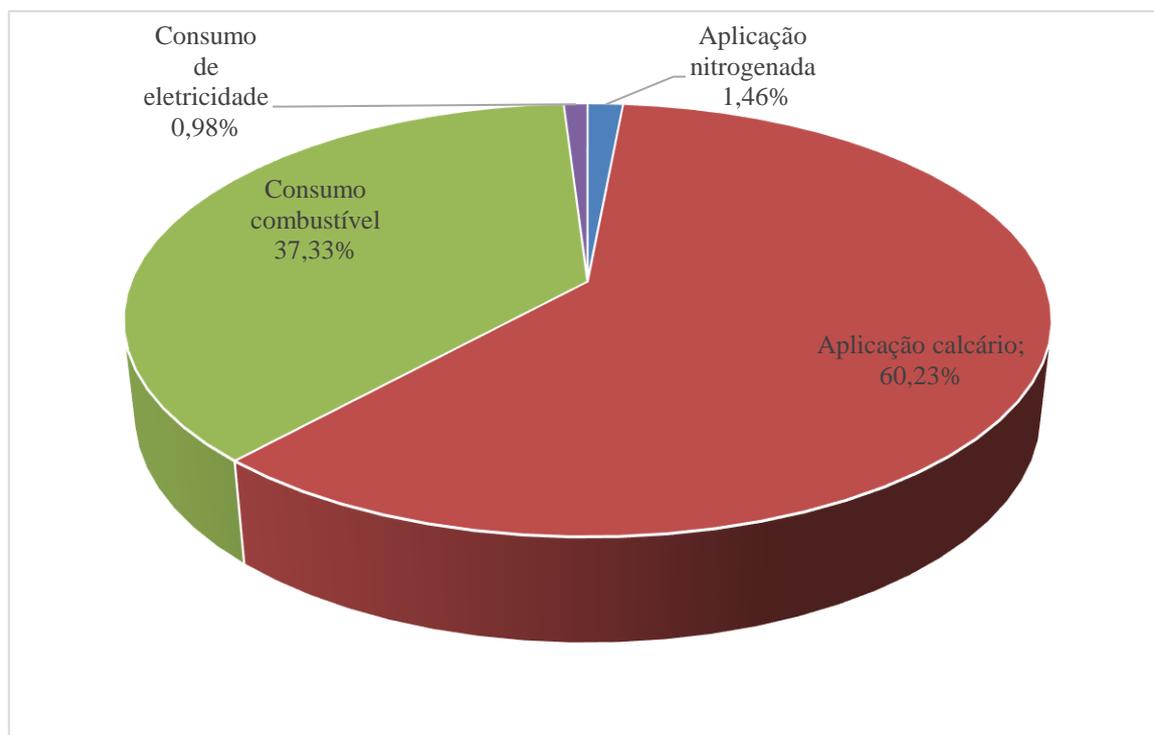
A aplicação de calcário mesmo sendo realizada a cada 3 anos teve uma porcentagem significativa de $1,543 \times 10^{+00} \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L azeite}$, sendo 0,086% das emissões totais do sistema orgânico.

As emissões da criação de ovinos apresentaram um índice muito significativo, onde as emissões de metano entérico são 94,70% do total de emissões orgânicas e, 5,30% do manejo do esterco, sendo estes valores esperados tendo em vista que as emissões entéricas são fonte dos maiores problemas ambientais quando considerados os impactos de aquecimento global, podendo ser observado nos resultados deste trabalho.

O consumo de combustível apresentou 0,04% das emissões, sendo um valor esperado em função da utilização de veículos nas práticas de cultivo do olival. E, o consumo de eletricidade foi o item de menos expressivo no sistema.

No sistema orgânico os ovinos realizam a roçagem e contribuem produzindo esterco para a compostagem, já no sistema convencional estas ações são feitas utilizando a máquina de roçagem e os insumos agrícolas, onde o total de emissões foi de $2,562 \times 10^{00} \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L azeite}$. As contribuições percentuais das emissões oriundas das atividades e processos analisados para o sistema orgânico estão ilustradas na Figura 7.

Figura 7. Porcentagem das emissões no sistema convencional produção do azeite de oliva.



Fonte: Autora, 2020.

No sistema convencional a aplicação de calcário mostrou-se bastante, visto que as emissões alcançaram 60,23% das emissões totais do sistema. O segundo maior contribuidor foi o consumo de combustível, igual a 37,33% das emissões, provavelmente devido à grande utilização de combustíveis para atividades como a poda, roçagem e demais atividades agrícolas. Posteriormente, atividades menos expressivas como aplicação nitrogenada e consumo de eletricidade, apresentam os menores valores percentuais de emissões deste sistema, de 1,46% e 0,98% respectivamente.

Rajaeifar et al (2014), Pattara, Salomone & Cichelli (2016), Guarino et al (2019) em seus estudos, obtiveram como resultados que as emissões oriundas das atividades agrícolas são as maiores fontes de emissões, mesmo quando comparadas com emissões provenientes do envasamento do azeite, transporte e produção de insumos.

Neste contexto, o sistema orgânico apesar de ser ambientalmente sustentável na agricultura, em nosso estudo demonstrou ser o cenário que tem a maior pegada carbono em comparação com o convencional, tendo em vista também, que no seu inventário a criação de ovinos teve grande influência nos resultados obtidos, item este que não estava presente no

inventário do sistema convencional, aumentando as emissões significativamente devido aos ruminantes.

Madari et al (2018), as emissões de metano entérico podem ser significativamente mitigadas com a melhoria dos índices zootécnicos e a eficiência de produção (diminuição da idade de abate, do intervalo entre partos, do desempenho dos animais). Segundo Rogério et al. (2019) relata em seu estudo realizado na Embrapa, que através da estratégia nutricional 20:80 - relação volumoso (pasto, capim elefante, leguminosas, silagens, fenos etc.) por concentrado (ingredientes de elevado teor energético ou proteico utilizados como complemento das dietas volumosas, como o milho, aveia, trigo, entre outros) é a mais indicada para ovinos em crescimento, independente do grupo genético, para a mitigação dos GEE.

Quanto ao consumo de combustível, sugere-se a substituição de diesel por biodiesel B20 (20% de biodiesel misturado no diesel fóssil). Segundo o estudo de Souza Júnior (2015) este biocombustível se mostrou eficiente da mitigação dos GEE, podendo diminuí-las em até 70%.

Quanto as emissões oriundas da compostagem, uma alternativa economicamente e ambientalmente viável é o que Moreno (2017) traz em seu estudo que trata sobre a implantação de biodigestor anaeróbio abastecido com esterco ovino e gerando biogás e biofertilizante. Este, demonstrou uma boa opção para pequenas propriedades, tornando possível investir na obtenção de um sistema de geração de energia a partir do biogás e trabalhar no Sistema de Compensação de Energia elétrica junto com a concessionária de energia elétrica.

A partir dos resultados obtidos, pode-se avaliar que a compostagem emite menos em relação ao manejo do esterco. Então, a compostagem pode se tornar uma alternativa na mitigação das emissões da criação de ovinos se, todo o esterco (ou mais do que foi utilizado neste estudo) for coletado e direcionado para a produção de composto orgânico pela compostagem. Essa medida além de mitigar parte das emissões, ainda pode gerar composto orgânico rico em nutrientes para outra atividade, além do cultivo do olival.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho pode-se avaliar a pegada carbono da produção do azeite de oliva em sistemas de agricultura orgânica e convencional por meio da metodologia de avaliação do ciclo de vida, que através da construção de inventários dos principais insumos em ambos os sistemas avaliados tornou-se possível estimar as emissões de GEE.

Então, foi verificado que a nível de poluição atmosférica, o sistema orgânico emite $1,798 \times 10^3 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L}$ azeite, valor muito maior em relação ao convencional de $2,562 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{1L}$ azeite. Mostrando que, a criação de ovinos teve grande influência nos resultados do sistema orgânico através da fermentação entérica e a decomposição dos dejetos, que tiveram o maior índice de emissões do presente estudo.

A compostagem mostrou-se uma possível alternativa na mitigação dos GEE da criação de ovinos, além de ser uma prática simples e barata que pode gerar economia para o produtor que, não terá necessidade de comprar fertilizantes pois produzirá o seu próprio com matéria-prima de fácil acesso, o esterco ovino.

Como neste estudo não foi considerado a produção dos fertilizantes nitrogenados, calcário, herbicidas, entre outros. Sugere-se para trabalhos futuros, considerar esta etapa para analisar o quanto a produção desses insumos influenciaria nas emissões de GEE no sistema convencional principalmente, o qual mais utiliza estes insumos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCORSI, Riccardo et al. Life cycle assessment of an extra-virgin olive oil supply chain. **Proceedings of the 18th Summer School “Francesco Turco”—Industrial Mechanical Plants, Senigallia, Italy**, p. 11-13, 2013.

SOUZA JÚNIOR, Manoel Teixeira. AGROENERGIA, Embrapa. **Agroenergia em revista: Seminário B20 Metropolitano. Mobilidade Sustentável para as Cidades Brasileiras**. Embrapa Agroenergia, Brasília – DF, 2015.

ALVES, José Eustáquio Diniz. Sustentabilidade, Aquecimento Global e o Decrescimento Demo-econômico. **Revista Espinhaço - UFVJM**, Vol.3, p. 4-16, 2017.

AMIRANTE, Paolo et al. Influence of Different Centrifugal Extraction Systems on Antioxidant Content and Stability of Virgin Olive Oil. In: **Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention**. Academic Press, Vol. único, p. 85–93, 2010.

ANDERSON, Thomas R.; HAWKINS, Ed. & JONES, Philip D. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. **Endeavour**, Vol. 40, Ed.3, p.178-187, 2016.

BERTONCINI, E. I.; TERAMOTO, J. R. S.; PRELA-PANTANO, A. Desafios para produção de azeite no Brasil. **Campinas: Infobibos**, 2010.

BERCHIELLI, Telma Teresinha; MESSANA, Juliana Duarte; CANESIN, Roberta Carrilho. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 954-968, 2012.

BORJA PADILLA, Rafael et al. Influencia de la velocidad de carga orgánica sobre el proceso de digestión anaerobia de aguas de lavado de aceitunas de almazara en reactores de lecho fluidizado. 1998.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº482, de 23 de setembro de 1999. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais. Diário Oficial da União, Brasília, p. 04, 13 de outubro de 1999b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº1, de 30 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico do Azeite de Oliva e do Óleo de Bagaço de Oliva. Diário Oficial da União, Brasília, p. 04, Seção I, 02 de fevereiro de 2012c.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, p. 08, Seção I, 24 de dezembro de 2003a.

CAYE, Aline. **O desenvolvimento de um sistema setorial de inovação: A produção do azeite de oliva no Rio Grande do Sul**. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Economia, São Leopoldo, 2018.

CERRI, Carlos Clemente.; CERRI, Carlos Eduardo P. **Agricultura e aquecimento global**. Boletim Informativo - SBCPD, Vol. 32, p. 40-44, 2007.

CLODOVEO, Maria Lisa. **Malaxation: Influence on virgin olive oil quality. Past, present and future – An overview**. Trends in Food Science & Technology, Vol. 25, p.13–23, 2012.

COLTRO, Leda. **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. Centro de Tecnologia de Embalagem – CETEA/ITAL, Campinas, p.72, 2007.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. Revista do Departamento de Geografia, Vol. 16, p.70-75, 2005.

COUTINHO, Enilton Fick; RIBEIRO, Fabrício Carlotto; CAPPELLARO, Thaís Helena. **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125 p. — (Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 16)

CUOMO, Francesca et al. **Olive mill wastewater (OMW) phenol compounds degradation by means of a visible light activated titanium dioxide-based photocatalyst**. Zeitschrift für Physikalische Chemie, vol. 230, ed.9, p.1269–1280, 2016.

DI GIOVACCHINO, Luciano., SESTILI, Simona & DI VINCENZO, Daria. **Influence of olive processing on virgin olive oil quality**. European Journal of Lipid Science and Technology, 104, 587-601p., 2002.

DOS SANTOS, José Ozildo et al. **A evolução da agricultura orgânica**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental ISSN 2317-3122, v. 6, n. 1, p. 35-41, 2013.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. CODEX Standard for Olive Oils and Olive Pomace Oils-CODEX STAN p.33-1981.

FILIPPINI ALBA, José Maria et al. **Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio o Grande do Sul**. In: Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. SBF, 2014.

GAVAHIAN, Mohsen et al. **Health benefits of olive oil and its components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities, and prevention of noncommunicable diseases**. Trends in Food Science & Technology, Vol.88, p.220-227, 2019.

GARCIA, Juliana Saraiva. **Produção de oliveiras com foco na produção de azeite de oliva extravirgem–Olivas do Sul**. 2018.

GODFRAY, Hugh Charles J. et al. **Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People**. Science, Vol. 327, Ed. 5967, p. 812-818, 2010.

GOMES, Luciane da Silva. **Produção de Oliveiras e diversificação produtiva: uma abordagem sobre o potencial estratégico para o desenvolvimento territorial**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, 2018

GROTE, Ulrike. **Can we improve global food security? A socio-economic and political perspective**. Food Security, Vol. 6, Ed. 2, p. 187–200, 2014.

GUARINO, Francesco et al. **Life cycle assessment of olive oil: A case study in southern Italy**. Journal of Environmental Management, Vol. 238, p. 396-407, 2019.

GUILYARDI, Eric et al. Office for climate education. IPCC Special Report Global Warming of 1.5°C Summary for Teachers. 23p. 2018.

INTERNATIONAL OLIVE COUNCIL (COI). **Production Olive Oil (2018)**. World Olive Oil Figures. Disponível em: <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures>. Acesso em: 09 de setembro de 2019.

ISO 14040. International Organization for Standardization 14040:2006. **Gestão Ambiental. Avaliação do ciclo de vida** – Princípios e enquadramento. Norma Portuguesa, 2006a.

ISO 14044. International Organization for Standardization 14044:2006. **Gestão Ambiental. Avaliação do ciclo de vida** – Princípios e enquadramento. Norma Portuguesa, 2006b.

KOTTEGODA, N, et al. **Urea-hydroxyapatite nanohybrids for slow release of nitrogen**. ACS NANO, v. 11, n. 2, p. 1214-1221, 2017. DOI: 10.1021/acsnano.6b07781.

LOPES, Alfredo Scheid. Manual internacional de fertilidade do solo. **Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1998.

MACEDO, Isaias C.; SEABRA, Joaquim EA; SILVA, João EAR. **Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020**. Biomass and bioenergy, Vol. 32, n. 7, p. 582-595, 2008.

MADARI, Beata Eموke et al. O papel da agricultura na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2018.

MEDEIROS, Rosalina Marangon Lima et al. **Destinação e reaproveitamento dos subprodutos da extração olivícola**. Scientia Agraria Paranaensis., Marechal Cândido Rondon, Vol. 15, n. 2, p. 100-108, 2016.

MORENO, Rafaela Fernandes. **Estudo da viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás: estudo de caso em criação de ovinos**. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

NAVARRO, Alejandra et al. **Tackling the Relevance of Packaging in Life Cycle Assessment of Virgin Olive Oil and the Environmental Consequences of Regulation**. Environmental Management, Vol.62, Ed.2, p.277–29, 2018.

NETO, João Vieira et al. **Aspectos técnicos da cultura da oliveira**. Belo Horizonte: EPAMIG – Empresa de pesquisa agropecuária de Minas Gerais. Boletim Técnico, nº 88. 56p. 2008.

NOBRE, Carlos A., REID, Julia. & VEIGA, Ana Paula S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, p.44, 2012.

OLIVEIRA, Adelson Francisco de. **Azeitona e azeite de oliva: tecnologias de produção**. Informe agropecuário: EPAMIG - Empresa de pesquisa agropecuária de Minas Gerais. Vol. 27, nº231, 1-104p., 2006.

ORMOND, Sergio et al. **Agricultura Orgânica: Quando o passado é futuro**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, nº 15, p. 3-34, 2002

PATTARA, Claudio; SALOMONE, Roberta & CICHELLI, Angelo. **Carbon footprint of extra virgin olive oil: a comparative and driver analysis of different production processes in Centre Italy**. Journal of Cleaner Production, Vol.127, p.533-547, 2016.

PAULUS, Eloi. **Avaliação do crescimento inicial de oliveira “Arbequina” em diferentes manejos de solo e dosagem de fosforo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Santa Maria, 2011.

PERESTRELO, Rui Manuel Ramalhete Cardoso. **Caracterização do Olival em Modo de Produção Biológica Versus Convencional**. Dissertação de Mestrado em Agricultura Sustentável – Escola Superior Agrária de Elvas, 71p., 2008.

PROIETTI, Stefania et al. **Extra Virgin Olive oil as carbon negative product: Experimental analysis and validation of results**. Journal of Cleaner Production, Vol. 166, p.550-562, 2017.

RAHMANIAN, Neda., JAFARI Seid Mahdi., GALANAKIS Charis M. **Recovery and Removal of Phenolic Compounds from Olive Mill Wastewater**. Journal of the American Oil Chemists Society. Vol. 91, p.1–18. 2014. DOI: 10.1007/s11746-013-2350-9. Disponível em:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84892528097&origin=inward&txGid=e235fc859424e63cbb4ffdaf2fc1eddb>. Acesso em: 16 de setembro de 2019.

RAJAEIFAR, Mohammad Ali et al. **Energy-economic life cycle assessment (LCA) and greenhouse gas emissions analysis of olive oil production in Iran**. Energy, Vol. 66, p. 139-149, 2014.

RAMANATHAN, V. & FENG, Y. **Poluição do ar, gases de efeito estufa e mudanças climáticas: perspectivas globais e regionais**. Atmospheric Environment Vol. 43, Ed. 1, p.37-50, 2009.

REBTIZER, Gerald et al. **Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications**. Environment International, Vol. 30, Ed. 5, p. 701-720, 2004.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). **Produção de azeite extravirgem deste ano deve ser a maior do estado**. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/producao-de-azeite-extravirgem-deve-ser-a-maior-do-rs-em-2019>. Acesso em 15 de setembro de 2019.

RIVERA, Jairo Restrepo. **Manual de Agricultura Orgânica**. Curso teórico-prático do ABC da Agricultura Orgânica: Remineralização e Recuperação da Saúde dos Solos. Atalanta, Santa Catarina, p.82, 2014.

RODRIGUES, Manuel A., CORREIA, Carlos M. **Manual da safra e contra safra do olival**. Instituto Politécnico - Bragança, 95p., 2009.

RODRIGUES, Ângelo M., ARROBAS, Margarida., **Que fertilizantes usar em Olival e como aplicar**. Boletim técnico nº 3. Oliva TMAD, p. 1-4, 2013.

RODRÍGUEZ-LIZANA, Antonio. **Assessing soil protection uncertainty through stochastic simulations**. Land Degradation & Development, vol. 28, ed.7, p.2086-2097, 2017.

ROGÉRIO, Marcos Cláudio Pinheiro et al. **Estratégias nutricionais para grupos genéticos localmente adaptados ao Semiárido brasileiro visando a mitigação de gases de efeito estufa**. Sobral, CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 18 p, 2019.

ROMERO-GARCÍA, J. M. et al. **Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends**. Bioresource technology, Vol. 159, p. 421-432, 2014.

ROSSET, Jean Sérgio et al. **Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas**. Scientia Agraria Paranaensis, Vol. 13, nº 2, p. 80-94, 2014.

RUFAT, Josep et al. **Productive and vegetative response to different irrigation and fertilization strategies of an Arbequina olive orchard grown under super-intensive conditions.** *Agricultural Water Management*, Vol. 144, p.33–41, 2014.

RUGGERI, Bernardo. **The selection of pretreatment options for anaerobic digestion (AD): A case study in olive oil waste production.** *Chemical Engineering Journal*, Vol. 259, p.630–639, 2015.

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

SANTOS, Graciela Cristina dos; MONTEIRO, Magali. **Sistema Orgânico de Produção de Alimentos.** *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, Vol. 15, nº1, p.73-86, 2004.

SANTOS, L. P. Agricultura convencional x orgânica: há um sistema intermediário entre elas? **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2016.

SILVA, Mateus Guimarães da et al. **Avaliação do ciclo de vida do metanol produzido pela cogaseificação do carvão mineral e biomassa residual do arroz.** Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, 2018.

SNYDER, C. S. et al. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Vol. 133, n. 3-4, p. 247-266, 2009.

SOUZA, Jacimar Luis de. **Agroecologia e agricultura orgânica: princípios, métodos e práticas.** Vitória, Espírito Santo, 2ª Edição atualizada, 34p. Incaper. Documentos, 200. 2015.

TILMAN, David et al. **Global food demand and the sustainable intensification of agriculture.** *Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America*, Vol. 108, nº 150, p.20260-20264, 2011.

TSAROUHAS, Panagiotis et al. **Life Cycle Assessment of olive oil production in Greece.** *Journal of Cleaner Production*, Vol. 93, p.75-83, 2015.

VIANA, M.M. **Inventário do Ciclo de Vida do Biodiesel Etflico do Óleo de Girassol**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, USP, São Paulo, SP, Brasil, 2008b.

WASCHBURGER, Guilherme. **Olivicultura gaúcha: produção de azeitonas e processamento de azeite de oliva**. Orientador: Sergio Francisco Schwarz. 2017. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Agronomia, Porto Alegre, 2017.

WREGGE, MARCOS SILVEIRA et al. **Distribuição potencial de oliveiras no brasil e no mundo**. Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE), Vol. 37, n. 3, p. 656-666, 2015.