

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

PATRICIA YUMI SHINKAWA

**Contribuições para a avaliação do ciclo de vida *gate-to-gate* da orquídea *phalaenopsis* na
produção de flores – estudo de caso em Atibaia-SP.**

**SÃO CARLOS
2020**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

PATRICIA YUMI SHINKAWA

**CONTRIBUIÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA GATE-TO- GATE
DA ORQUÍDEA *PHALAENOPSIS* NA PRODUÇÃO DE FLORES – ESTUDO DE
CASO EM ATIBAIA-SP.**

Trabalho de Graduação apresentado
a Escola de Engenharia de São
Carlos para obtenção do título de
Engenheira Ambiental.

Orientador:

Profº Dr. Aldo Roberto Ometto

SÃO CARLOS (2020)

FICHA CATALOGRAFICA

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

S555c Shinkawa, Patricia Yumi
Contribuições para a avaliação do ciclo de vida gate-to-gate da orquídea phalaenopsis na produção de flores - estudo de caso em Atibaia-SP. / Patricia Yumi Shinkawa; orientador Aldo Roberto Ometto. São Carlos, 2020.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2020.

1. Diretrizes para avaliação do ciclo de vida. 2. Impactos Ambientais. 3. Plantas ornamentais. 4. Estudo de caso. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Patricia Yumi Shinkawa**

Data da Defesa: 09/11/2020

Comissão Julgadora:

Resultado:

Aldo Roberto Ometto (Orientador(a))

Aprovada

Efigênia Rossi

Aprovada

Giovana Monteiro Gomes

Aprovada



Prof. Dr. Marcelo Zaiat
Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

*Aos meus pais,
meus maiores exemplos de vida*

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais e à minha irmã, por me apoiarem e me acompanharem desde meus primeiros passos até aqui, a todos os meus dias de luta, fracassos e vitórias.

Agradeço também a todos os meus amigos que me acompanharam durante a graduação e fora dela, por me ajudarem acadêmica e pessoalmente.

Também agradeço à EESC – USP pela oportunidade de estudo, estrutura e recursos para me desenvolver profissionalmente e pessoalmente.

Agradeço ao Prof. Dr. Aldo Roberto Ometto por permitir a realização da monografia em sua área de pesquisa, possibilitando apoio para a realização desse trabalho. Agradeço também à Efigênia Rossi pelo apoio e paciência no início da monografia.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos funcionários da empresa, que me auxiliaram na resposta de entrevistas, permissão de fotografias e possível conclusão e recomendações futuras para o trabalho.

RESUMO

A produção de plantas ornamentais é um setor do agronegócio brasileiro que emprega milhares de pessoas, e que, portanto, possui grande importância econômica e social. O Brasil possui ainda um grande potencial no aumento de consumo de plantas ornamentais como objeto de decoração, assim, sua produção também pode ser expandida. Os processos de produção durante o ciclo de vida do produto podem desencadear diversos impactos ambientais. Dessa forma, o trabalho busca realizar a avaliação do ciclo de vida (ACV) de uma orquídea *Phalaenopsis* para identificar os possíveis aspectos que causam impacto ao meio ambiente em suas fases de produção: Plantio, Irrigação, Adubação e Pulverização, Aquecimento, Resfriamento e Sustentação. No desenvolvimento do trabalho foi utilizada a metodologia das normas NBR 14040 e 14044, com auxílio na definição de escopo e objetivo, análise do inventário do ciclo de vida, avaliação dos impactos e interpretação. Ainda para a escolha das categorias de impacto de análise, utilizou-se a metodologia do EDIP, 1997, uma vez que é uma metodologia que se aplica globalmente. Os maiores impactos ambientais identificados na produção da orquídea *Phalaenopsis* correspondem às seguintes categorias: Eutrofização, Consumo de Recursos Materiais e Consumo de Recurso Energético, onde destacam-se os processos de Adubação e Pulverização, Aquecimento e Resfriamento na produção. Em uma análise a parte, o Transporte de Insumos por parte de fornecedores também apresenta impacto relevante. Alternativas para a mitigação de alguns desses impactos e processos se dá pela substituição de materiais que tragam uma eficiência energética maior, e um melhor planejamento na distribuição de insumos, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Avaliação do ciclo de vida; Orquídea *Phalaenopsis*; Produção de plantas ornamentais; Impactos ambientais.

ABSTRACT

The production of ornamental plants is a sector of the Brazilian agribusiness that employs millions of people, therefore, it shows a big importance in the economy and society. Brazil has the potential to increase the consumption of ornamental plants as objects of decoration and then, a potential to increase their production. The processes of production during the life cycle of the product can cause a lot of environmental impacts. Thus, this document aims to study the life cycle assessment (LCA) of one *Phalaenopsis* orchid to identify the possible aspects that cause impact in the phases of production: Planting, Irrigation, Fertilizing, Heating, Cooling and Sustentation. The methodology of NBR 14040 and 14044 was used in the development of this work, definition of goal and scope, life cycle inventory analysis, life cycle impact assessment and interpretation. The methodology used to analyse the categories of impacts was EDIP, 1997, once is the best tool that fits in the Brazilian reality. The largest impacts of the study were related to the following categories: Nutrient Enrichment, Consumption of Material Resources and Consumption of Energy Resources, where the critical process are, Fertilizing, Heating and Cooling on the production. In another analysis the Transportation of Inputs by suppliers is also relevant. Alternatives to mitigate some of these impacts and processes are given by the substitution of materials that bring a higher efficiency of energy and a planning to the distribution of inputs, reducing the emission of greenhouse gases.

Key words: Life Cycle Assessment; *Phalaenopsis* orchid; Production of ornamental plants; Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentagem de produtores nas macrorregiões.....	1
Figura 2. Porcentagem de área cultivada.....	2
Figura 3. Porcentagem de tipologia de flores/plantas na região Sudeste	3
Figura 4. Vasos de orquídea Phalaenopsis dispostas dentro da estufa.	4
Figura 5. Visão panorâmica da estrutura de estufas que aportam as orquídeas.	5
Figura 6. Estrutura da avaliação do ciclo de vida.....	12
Figura 7. Sistema de produto de uma ACV.....	13
Figura 8. Procedimentos para análise de inventário	14
Figura 9. Estrutura da avaliação do ciclo de vida.....	18
Figura 10. Quantidade de gases de efeito estufa emitida por unidade de produto em plantas de vaso e de corte	30
Figura 11. Quantidade de gases de efeito estufa por dias de flor em plantas de vaso e de corte	31
Figura 12. Porcentagem de insumos de entrada e saída por unidade de vaso	32
Figura 13. Esboço da fronteira do produto de estudo.....	33
Figura 14. Fluxograma do sistema do produto	39
Figura 15. Plantio de mudas (em bandeja), ao lado esquerdo, com a utilização de vaso plástico individual e casca de pinus, ao lado direito.	40
Figura 16. Piscinão com captação de água da chuva.....	41
Figura 17. Caldeira com uso de lenha como insumo.....	42
Figura 18. Compressores da câmara fria	43
Figura 19. Ventiladores da câmara fria	44
Figura 20. Início do brotamento por indução	44
Figura 21. Fechos de arame para sustentação da orquídea.....	45
Figura 22. Hastes de arame galvanizado plastificado para sustentação da orquídea	45
Figura 23. Produto sustentado com auxílio de feches de arame e haste de arame.	46
Figura 24. Fronteira do Sistema da produção de orquídeas Phalaenopsis.....	47
Figura 25. Valores equivalentes para o Aquecimento Global	57
Figura 26. Valores equivalentes para a Eutrofização	57
Figura 27. Valores equivalentes para a Acidificação	58

Figura 28. Valores equivalentes para a Toxicidade Humana	59
Figura 29. Valores equivalentes para a Formação Fotoquímica do Ozônio.....	61
Figura 30. Resultado dos fatores de caracterização para o Consumo de Recursos Materiais ..	62
Figura 31. Resultado dos fatores de caracterização para o Consumo de Recursos Materiais (Com exclusão da água)	63
Figura 32. Resultado dos fatores de caracterização para o Consumo de Recursos Energéticos	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Emissão total de gases de efeito estufa nas diferentes categorias (kg CO ₂ -eq/m ² /ano).....	34
Tabela 2. Total de emissões separados por insumo do processo de cultivo da produção (IC), em plantas envasadas.....	34
Tabela 3. Fonte de dados e cálculos para análise do inventário	49
Tabela 4. Lista e valor de gases emitidos na queima de diesel por caminhões semipesados...	49
Tabela 5. Valores médios da água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água residual (AR) do substrato casca de pinus grossa.....	51
Tabela 6. Lista e valor de gases emitidos na queima de lenha na caldeira.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de termos da AICV

13

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ACV Avaliação do Ciclo de Vida

AFD Água Facilmente Disponível

AICV Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

AR Água Residual

AT Água Tamponante

CML Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden

DTU Universidade Técnica da Dinamarca

EDIP Environmental Development of Industrial Products

EPS Environmental Priority Strategies

GHG Greenhouse Gases

ICV Análise de Inventário do Ciclo de Vida

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

LCA Life Cycle Assessment

LIME Life - cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling

LUCAS – LCIA method Used for a CANadian-Specifc contex

MP – Material Particulado

NBR Norma Brasileira

PNRS Política Nacional dos Resíduos Sólidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	7
3. OBJETIVOS	9
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
4.1 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	11
4.1.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO	12
4.1.2 ANÁLISE DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV)	14
4.1.2.1 Coleta de dados	15
4.1.2.2 Procedimento de cálculo	15
4.1.2.3 Validação dos dados.....	16
4.1.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)	16
4.1.4 INTERPRETAÇÃO	17
4.2 CATEGORIAS DE IMPACTOS AMBIENTAIS	18
5. METODOLOGIA.....	23
5.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO	23
5.2 ANÁLISE DE INVENTÁRIO	23
5.3 ANÁLISE DE IMPACTO	24
5.4 INTERPRETAÇÃO	27
6. RESULTADOS	29
6.1 RESULTADOS DE OUTROS ESTUDOS DE CASO DE ACV.	29
6.1.1 Emissão de gases de efeito estufa, em pequena escala, de plantas ornamentais na Áustria (Estudo de caso)	29
6.1.2 Emissão de gases de efeito estufa de plantas ornamentais: ACV de um distrito central da Itália (Estudo de caso)	32
6.1.3 Impacto ambiental da produção de flores comestíveis: Estudo de caso (Tuscany – Itália).....	35
6.2 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO DO TRABALHO	36
6.2.1 Definição de objetivo e escopo.....	36
6.2.2 Análise de inventário	48
6.2.3 Avaliação de impactos.....	56
6.2.4 Interpretação	64
7. RECOMENDAÇÕES.....	67
7.1 RECOMENDAÇÕES PARA A EMPRESA	67
7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	69
8. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO: INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA.....	77
APÊNDICE B – CÁLCULOS PARA AICV	79

1. INTRODUÇÃO

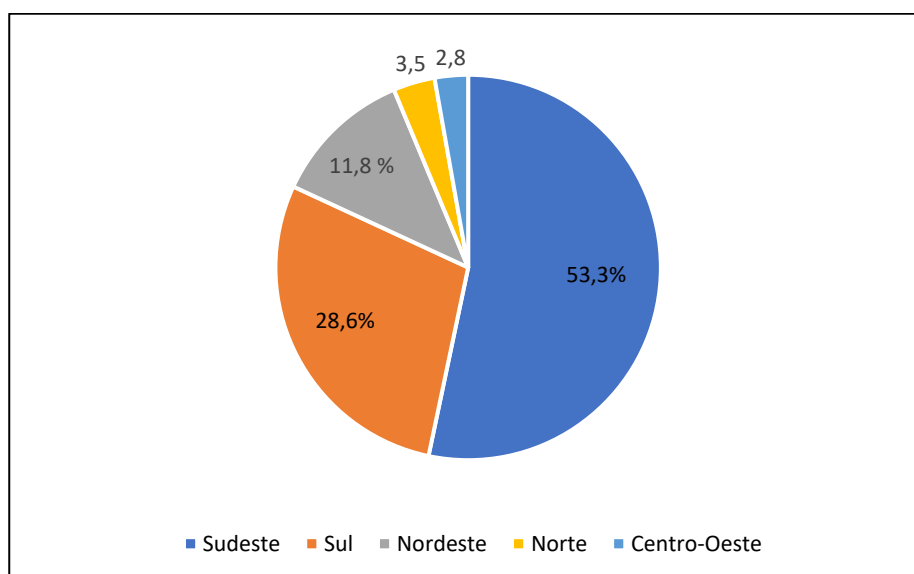
A produção de flores no Brasil com fins comerciais teve início na década de 1950, com a dedicação de imigrantes portugueses, italianos e japoneses. Seu comércio ainda dependia muito da sazonalidade das produções e as vendas, limitadas a datas comemorativas como dia das mães, dia dos namorados, finados e natal. Atualmente, devido a tecnologias existentes no mercado, os pontos de vendas aumentaram e as flores são comercializadas em diversas épocas do ano (MOTOS, 2000).

Responsável por mais de 120.000 empregos, dos quais 94,4% são com mão de obra permanente e essencialmente contratada, com rendimentos de R\$50.000,00 a R\$100.000,00/ha, a produção de flores possui uma grande importância social e econômica no país (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014; BUAINAIN; BATALHA, 2007).

Segundo JUNQUEIRA; PEETZ, (2014) no Brasil existem 7.800 produtores de flores e plantas ornamentais, que em 2013 cultivavam uma área total de 13.468 hectares. Para Valores Brutos da Produção (VBP) de ganhos de produtores, a floricultura brasileira movimentou, em 2013, R\$ 1,49 bilhão, com crescimento de 57,56% sobre os resultados apurados em 2008 (R\$ 945.649 milhões).

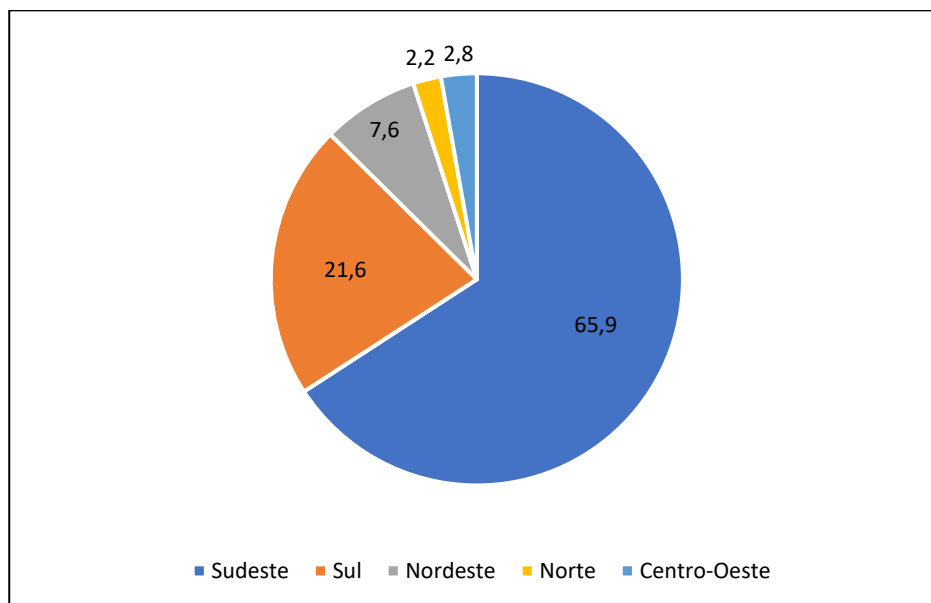
As Figuras 1 e Figura 2 apresentam a distribuição, em macrorregiões do Brasil, da porcentagem de produtores e área cultivada, respectivamente. Observa-se que a região Sudeste agregava mais de 53% dos produtores de flores e mais de 65% em área cultivada, em 2013.

Figura 1. Porcentagem de produtores nas macrorregiões



Fonte. Adaptado de JUNQUEIRA; PEETZ, (2014)

Figura 2. Porcentagem de área cultivada

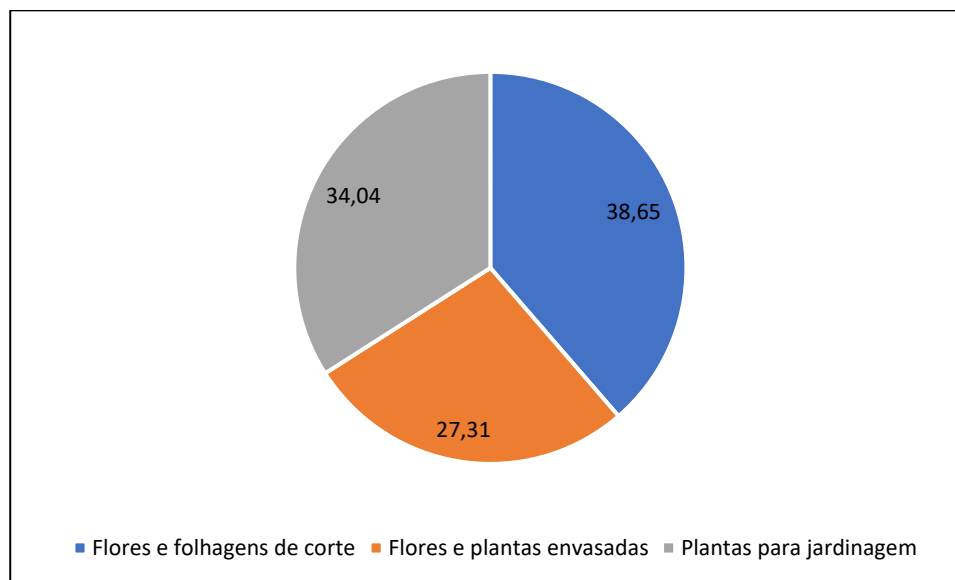


Fonte. Adaptado de JUNQUEIRA; PEETZ, (2014)

O estado da região Sudeste que contém a maior produção, consumo e exportação de flores e plantas ornamentais do Brasil é o Estado de São Paulo, detendo 74,5% da produção nacional, onde as principais cidades dessa produção são as cidades de Atibaia, São Paulo, Dutra, Vale do Ribeira, Paranapanema e Campinas. Dentre essas cidades, Atibaia contém 25% da produção nacional desse agronegócio, distribuídos em flores de corte e em vasos, destacando a produção de rosas, crisântemos e orquídeas (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

A partir da Figura 3, observa-se que na região Sudeste, o VBP (Valor Bruto de Produção) é dividido em flores e folhagens de corte, flores e plantas envasadas e flores para paisagismo e jardinagem, onde as cultivadas em vasos possuem uma menor porcentagem.

Figura 3. Porcentagem de tipologia de flores/plantas na região Sudeste



Fonte. Adaptado de JUNQUEIRA; PEETZ, (2014)

No Brasil, as flores e plantas envasadas tem destaque nos mercados de orquídeas, bromélias, kalanchoes, lírios, begônias, violetas e samambaias, entre outras espécies. Ainda que as plantas e flores envasadas apresentem a menor porcentagem de VBP, estudos de JUNQUEIRA; PEETS, 2014 apontam que uma mudança de consumo gradual, alinhada com tendências mundiais, tendem a ganhar importância, assim como as flores de corte (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014).

Isso ocorre pela mudança de consumo da população, que está optando por uma relação de custo benefício de acordo com a durabilidade do produto em vaso, praticidade de transporte e manuseio doméstico, além de facilidade de acessórios em comparação com os utensílios necessários para a preparação e trato de arranjos (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014).

Uma das tecnologias que possibilitou a expansão cada vez mais presente no mercado brasileiro é dada principalmente pela forma de cultivo protegida, em que as plantas ornamentais podem ser cultivadas em telados ou estufas. A utilização de estufas permite o melhor controle de temperatura e umidade, controle de iluminação e insolação, proteção de pragas e doenças e até mesmo a economia de insumos por fertirrigação na raiz (MITSUEDA *et al.*, 2011).

Com relação aos insumos principais utilizados para a produção, como água e adubos/defensivos químicos, as plantas ornamentais detêm áreas menores do que monoculturas de milho e soja, com ciclos de vida mais curtos, onde exigem quantidades menores de insumos que tais monoculturas (MITSUEDA *et al.*, 2011).

Produção da orquídea *Phalaenopsis* e a empresa de estudo

Como abordado nos estudos de BUAINAIN; BATALHA, (2007), a região de Atibaia possui grande participação nacional na produção de flores, sendo uma delas, as orquídeas. O estudo de caso do presente trabalho tem como base uma empresa da cidade de Atibaia – SP, com grande parte da produção nas orquídeas da espécie *Phalaenopsis* (Figura 4).

Figura 4. Vasos de orquídea *Phalaenopsis* dispostas dentro da estufa.



Fonte. Autoria Própria

De acordo com os funcionários da empresa, a orquídea *Phalaenopsis* mostra-se uma planta com cultivo cuidadoso, demandando de seu sistema controles de temperatura, seja na presença de caldeiras, com lenhas de insumo, em seu aquecimento ou com câmaras frias para um resfriamento. Dessa forma, seja pela sazonalidade ou aceleração no processo de produção, esse consumo energético é requerido na produção.

Além disso, no ciclo de vida da planta, não é necessário somente o cuidado com o principal insumo, que se dá pela água. Segundo os funcionários da empresa, adubos e defensivos também são necessários para diversas funções como suprimento de nutrientes dos solos/substratos e/ou no controle de pragas na produção ou mesmo numa deficiência na muda de fornecedores.

A empresa conta com aproximadamente 30 funcionários no ramo, com uma área de aproximadamente 20.000 m² de estufas. Estas são construídas a ferro para melhor estrutura e durabilidade, proteção para as plantas contra pragas e otimização de água. A Figura 5 ilustra uma visão panorâmica das estufas que aportam cerca de 720.000 mil vasos.

Figura 5. Visão panorâmica da estrutura de estufas que aportam as orquídeas.



Fonte. Autoria Própria

As orquídeas *Phalaenopsis* da empresa iniciam seu processo de produção a partir de mudas cultivadas e importadas. Após a importação das mudas, realizada em containers e com temperatura controlada, as mudas passam por processos de vegetação, de indução e de florescimento dentro das estufas, contando com aproximadamente 60 semanas para chegar em seu estado final.

Assim, é de escopo da empresa a produção das orquídeas *Phalaenopsis* a partir da chegada de mudas até o produto, com botões de flores abertas. Os processos detalhados como manejo de insumos e recursos energéticos serão abordados no decorrer do trabalho.

2. JUSTIFICATIVA

A perspectiva para o agronegócio das plantas ornamentais é muito positiva, onde o mercado brasileiro tem um grande potencial de crescimento, considerando que o consumo per capita em torno de US\$ 4,7 por habitante ao ano ainda é baixo. Analistas de mercado entendem que o potencial de consumo brasileiro é equivalente a, no mínimo, o dobro do atual (VENCATO *et al.*, 2006).

Pode-se comparar também que o crescimento do Brasil ainda tem muito potencial, visto que está muito distante de nações como Suíça e Noruega, que possuem um consumo de US\$ 170 e US\$ 143 per capita ano, ou os Estados Unidos e Argentina, com US\$ 36 e US\$ 25, respectivamente (VENCATO *et al.*, 2006).

Além dos aspectos econômicos, o agronegócio de plantas ornamentais inclui impactos ambientais, sendo alguns positivos e outros negativos. O ramo proporciona a decoração, saúde e bem estar da população ao redor, além de realizar o sequestro de carbono e aumento dos níveis de oxigênio na atmosfera (BEAUDOIN *et al.*, 2005, STANGHELLINI *et al.*, 2003).

Por outro lado, além do cultivo acarretar o uso intensivo dos processos agrícolas, com uma alta demanda de recursos e insumos, pode impactar com problemas de uso do solo, produção de resíduos sólidos e poluição da água (BEAUDOIN *et al.*, 2005, STANGHELLINI *et al.*, 2003).

Uma vez que o Brasil possui grande potencial para o aumento de produção e consumo de plantas, a elaboração do estudo visa adicionar ao agronegócio das plantas informações relevantes para os próximos estudos referentes às análises de impacto ambiental.

Assim, a importância do estudo se dá pela necessidade de estabelecer critérios na priorização de informações, para assim analisar os principais impactos ambientais gerados nesse modelo de agronegócio, uma vez que durante o estudo não foi possível identificar a presença de ACV de plantas ornamentais no Brasil.

Atualmente, não existem muitos estudos sobre o impacto ambiental da produção de plantas ornamentais, em comparação com outros produtos agrícolas. A grande maioria dos estudos de ACV voltados para flores são países como Kenia, Etiópia, Holanda, Itália, Equador, Colômbia e Grécia (WANDL; HABERL, 2017).

Segundo o estudo de caso de cyclamens envasados de RUSSO; BUTTOL; TARANTINI, (2007), em uma ACV de plantas ornamentais é possível analisar equipamentos

utilizados e recursos energéticos assim como o consumo de água, fertilizantes e pesticidas no cultivo da produção.

Soode *et al*, (2015) afirma que estufas que apresentam sistema de aquecimento, em sua produção, causam alto impacto na emissão de gases de efeito estufa, visto que demandam combustíveis fósseis na utilização de energia para o aquecimento. Assim, os estudos de impacto ambiental buscam trazer informações importantes a longo prazo, uma vez que a emissão de gases de efeito estufa podem ocasionar no aquecimento global a longo prazo.

A ACV é uma técnica importante para a determinação dos encargos ambientais gerados na produção de plantas ornamentais em geral. (RUSSO; BUTTOL; TARANTINI, 2007) e dentro desse estudo, a unidade funcional é fundamental para definir o escopo e as consequentes fases de inventário e interpretação.

Assim, os estudos de caso presentes nos resultados, discorrem sobre as possíveis unidades funcionais para as plantas, podendo ser uma unidade funcional de m² de área ao comparar-se diferentes produtos, ou somente um vaso de planta, para estudos de produtos individuais. Os itens 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3 abordam as peculiaridades de uma ACV de plantas ornamentais, com estudos de caso na Áustria e na Itália.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral do estudo é avaliar o ciclo de vida da orquídea *Phalaenopsis* na sua fase de produção (gate-to-gate), com destino à comercialização de um produto de decoração. Utilizando-se indicadores quantitativos de impacto ambiental, nas etapas de produção, pode-se apresentar os objetivos em tópicos:

- Identificar as principais entradas e saídas do sistema de produto;
- Apontar as etapas críticas do ciclo de vida da orquídea *Phalaenopsis*;
- Analisar os principais impactos ambientais do ciclo de vida;
- Propor melhorias ambientais para mitigar os impactos;
- Gerar informações científicas e práticas para orientar estudos de produções de orquídea e plantas ornamentais envasadas em geral, na minimização dos impactos ambientais.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica atuou como uma base científica para o estudo, e utilizando-se as normas NBR14.040 e 14.044, European Comission (2010) e alguns estudos de caso foi possível extrair conhecimento para as diretrizes do estudo.

O item 4.2 apresenta a definição das categorias de impacto ambientais abordadas no estudo de ACV.

4.1 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

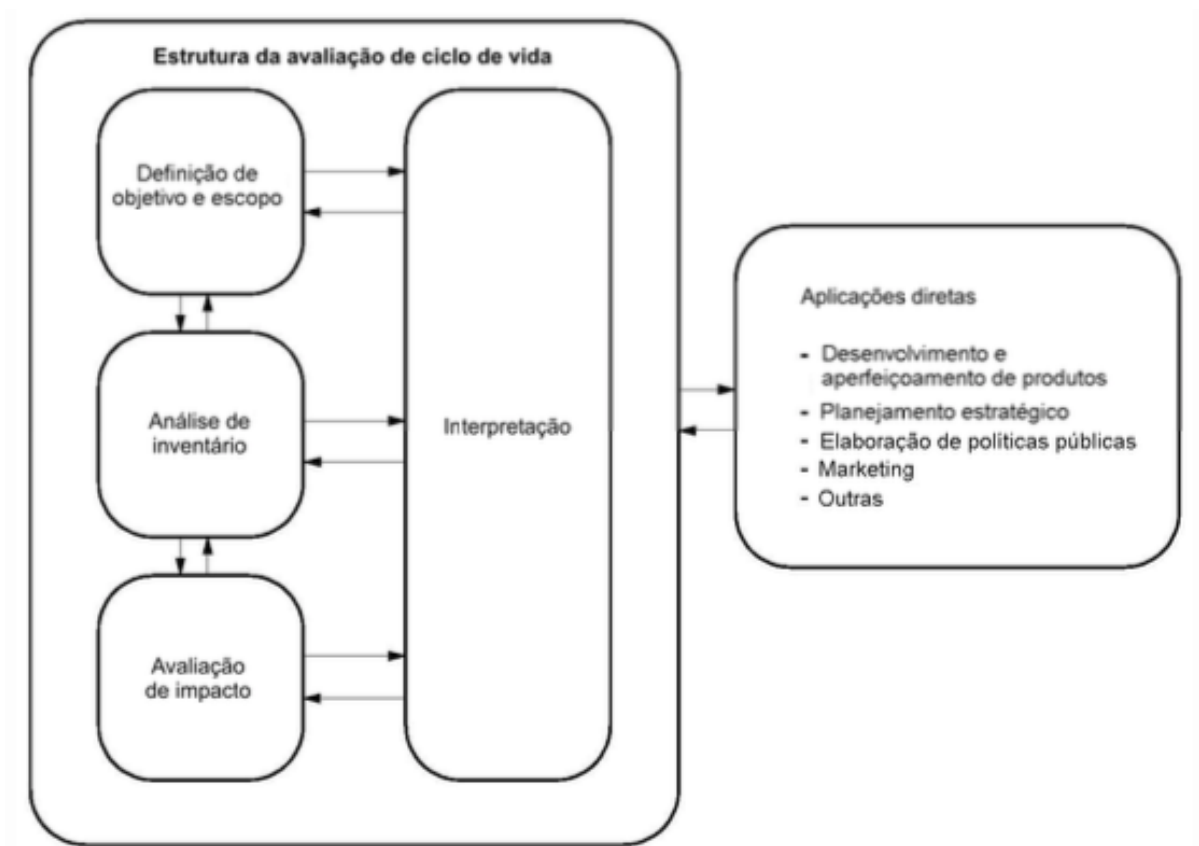
O desenvolvimento cada vez mais acentuado das indústrias e empresas é recorrente mundialmente e, em paralelo com seu crescimento, a preocupação ambiental é pauta tanto para os clientes quanto para os sócios dos empreendimentos. Assim, surgem diversas técnicas para auxiliar no mapeamento de impactos ambientais, sendo uma delas a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). (ABNT, 2009a).

Como o próprio nome diz, é uma técnica que tem como objetivo analisar os aspectos e impactos ambientais potenciais de um produto durante seu ciclo de vida, desde a extração de suas matérias primas, processos envolvidos, uso, pós-uso e disposição final. Dessa forma, a ACV é utilizada para melhor compreender e lidar com os principais aspectos ambientais de um produto, sendo possível ser dividida em 4 fases, segundo a ABNT, 2009a:

- a) a definição de objetivo e escopo,
- b) a análise de inventário,
- c) a avaliação de impactos e
- d) a da interpretação.

Segundo a ABNT, 2009a, as fases da ACV podem ser relacionadas como na parte esquerda da Figura 4.1, podendo apresentar modificações ao longo do tempo de acordo com a aplicação desejada no estudo. Na parte direita ainda da Figura 6, também apresenta as principais aplicações diretas de uma ACV, sendo que estas podem variar com o auxílio de outras normas ou com uma variedade de aplicações em empresas públicas e privadas. Exemplos disso são aplicações como o levantamento do custo de vida do produto ou avaliação de políticas de reciclagem, sustentabilidade, aspectos sociais e econômicos não incluídos pela ACV.

Figura 6. Estrutura da avaliação do ciclo de vida



Fonte: ABNT (2009a)

4.1.1 Definição de objetivo e escopo

O objetivo de uma ACV consiste a primeira tarefa do estudo, definindo-se a aplicação pretendida, as razões para o estudo e qual o público-alvo ao qual se deseja comunicar os resultados obtidos. Segundo a EUROPEAN COMMISSION (2010), a definição dos objetivos é fundamental para que os produtos das próximas etapas do estudo não sejam interpretadas de maneira errônea, visto que pode apresentar diversas interpretações.

Da mesma forma, o escopo deve seguir uma série de definições, dadas pela ABNT 2099b, sendo abordados os seguintes aspectos:

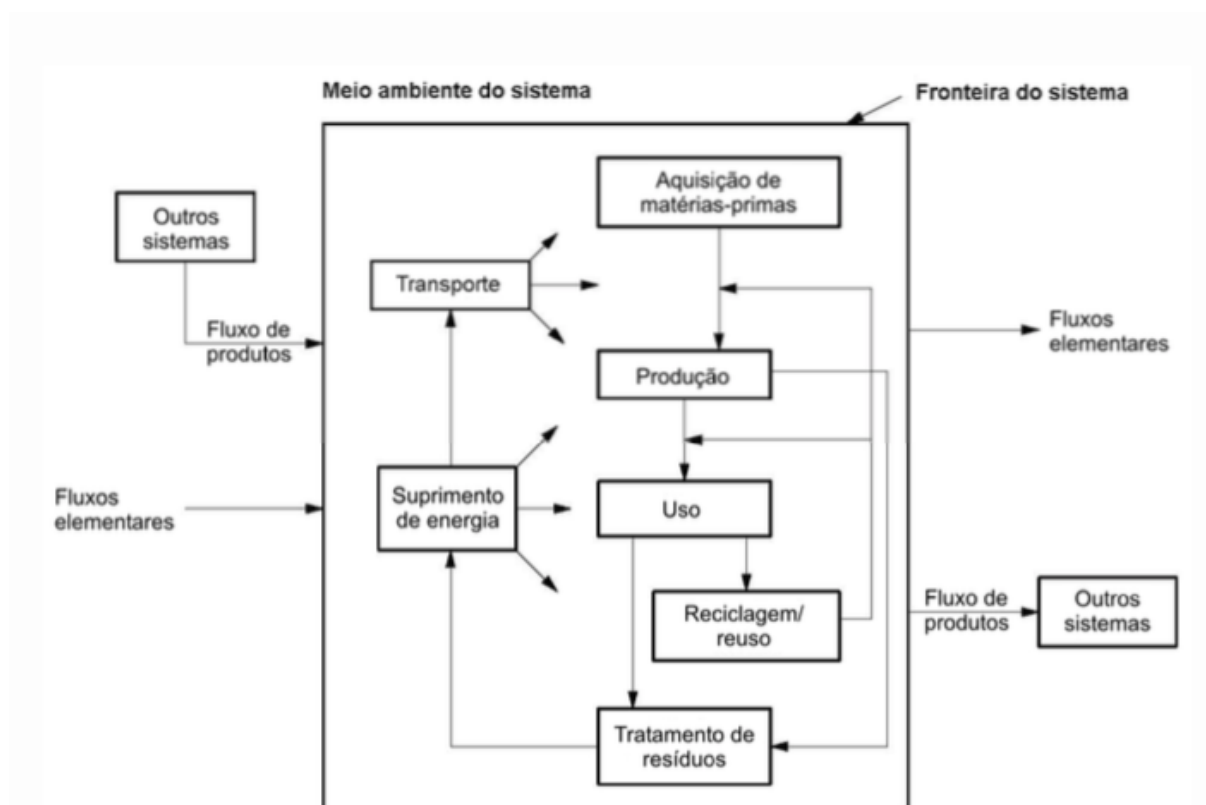
- o sistema de produto a ser estudado;
- as funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- a unidade funcional e a fronteira do sistema;
- os procedimentos de alocação;

- a metodologia de Avaliação de Impacto no Ciclo de Vida e tipos de impactos;
- os requisitos de dados;
- os pressupostos e limitações;
- a qualidade dos dados;
- o tipo de análise crítica e relatório requerido para o estudo.

Em conjunto com as NBR 14.040 e 14.044, a EUROPEAN COMISSION (2010) auxilia na definição de cada aspecto, podendo esclarecer cada ponto fundamental do escopo:

Sistema de produto: é por meio deste que podemos modelar o ciclo de vida de um produto ou função, abrangendo todos os principais processos, entradas e saídas de fluxos elementares, como apresentado na Figura 7.

Figura 7. Sistema de produto de uma ACV



Fonte: ABNT (2009a)

Unidade funcional: define a quantificação da função identificada do produto. Dessa forma, busca-se fornecer uma referência para normalizar os fluxos de entrada e saída do sistema. Essa especificação pode ser auxiliada com as perguntas de “o que”, “quanto”, “por quanto tempo” e “quão bem”, com quantificações mensuráveis.

Fluxo de referência: é dado pela média de saída de um processo, sendo assim responsável pela concretização da unidade funcional.

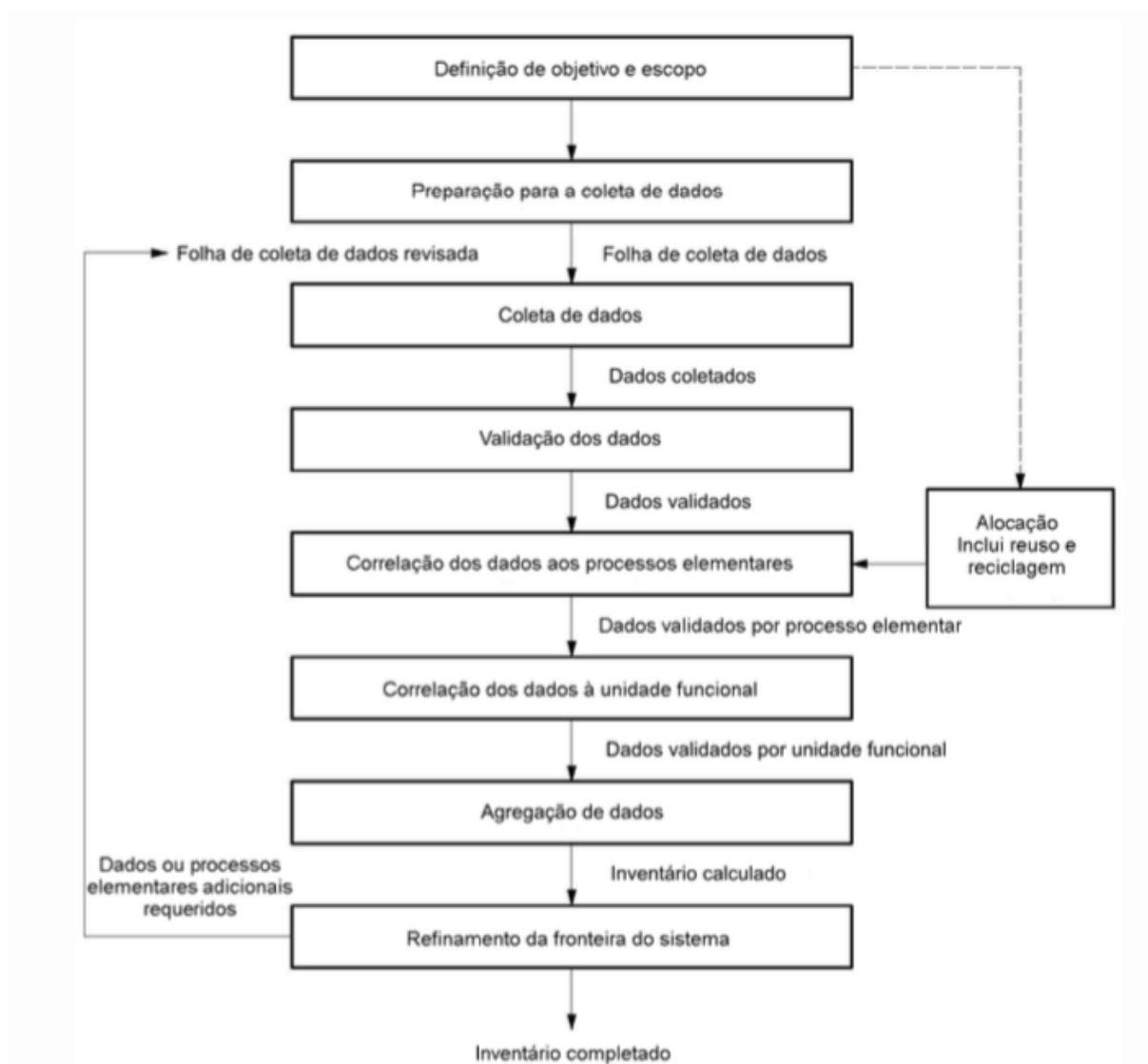
Fronteira do sistema: delimita os processos elementares que farão parte do estudo da ACV, de acordo com os objetivos do estudo. Processos que são subdivisões do sistema de produto, interligados por fluxos de produtos intermediários aos processos de fluxos elementares (matéria ou energia que não sofreram alterações humanas). Dessa forma, a escolha dos processos deve ser registrada e avaliada de acordo com critérios de corte como a relevância da massa, energia e significância ambiental no estudo.

Metodologia AICV e tipos de impacto: determina-se quais categorias de impacto, indicadores e modelos de caracterização serão abordados no estudo ACV de acordo com os objetivos determinados. Existem diversas metodologias de caracterização existentes no mundo e cabe ao estudo verificar qual abrange as categorias de impacto relevantes para a realidade brasileira, visto que algumas abrangem tipos de impacto ambiental somente de regiões específicas da Europa, Ásia ou América do Norte (MENDES; BUENO; OMETTO, 2016).

4.1.2 Análise de Inventário de ciclo de vida (ICV)

Nesta fase do estudo, o inventário aborda todo o procedimento de coleta de dados, procedimento de cálculo e a validação dos dados, podendo ser esboçado pela Figura 8, em que o produto consiste num conjunto de aspectos ambientais para o estudo.

Figura 8. Procedimentos para análise de inventário



Fonte ABNT (2009b)

4.1.2.1 Coleta de dados

Segundo a ABNT, 2009a, para a preparação da coleta de dados, medidas geralmente adotadas são: desenho de fluxogramas, descrição detalhada das entradas e saídas do sistema, lista de fluxos e dados relevantes para a condição de operação. Dessa forma, a caracterização de entradas e saídas de material e energia pode ser mais bem definidas.

A coleta de dados pode ser realizada com dados primários (direto do fabricante) ou secundários (da literatura), tendo como entradas (matéria-prima e energia) e saída (produtos, coprodutos, liberações atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos) (VIANA, 2008).

4.1.2.2 Procedimento de cálculo

Além do procedimento de coleta de dados, segundo a ABNT, 2009^a, a fase aborda todos os procedimentos de cálculo de acordo com o fluxo de referência e unidade funcional definidos anteriormente, sendo importante que os pressupostos sejam claramente justificados.

É importante considerar que entradas e saídas de um material combustível podem ser transformadas em uma diversidade de energia elétrica, cabendo aos procedimentos de cálculo analisar a eficiência da queima de combustíveis, assim como suas perdas (ABNT, 2009b).

4.1.2.3 Validação dos dados

Segundo a ABNT, 2009b, a validação dos dados ocorre para cumprir os requisitos de qualidade, para fornecer evidências de que os dados utilizados atenderam às ações pretendidas. Os processos elementares obedecem à lei de conservação da massa e energia, portanto, balanços dos mesmos são recursos úteis para essa verificação.

4.1.3 Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)

É na fase de avaliação de impactos que se associa os aspectos gerados no inventário do estudo com a categoria e indicadores de impactos, determinada no escopo. Como o estudo da ACV é um processo iterativo, após a avaliação desses impactos, é possível passar para a fase de interpretação e até mesmo alterar os objetivos e escopos, em caso de não serem alcançados (ABNT, 2009b).

De acordo com a ABNT, 2009b, essa fase consiste em elementos obrigatórios (seleção de categoria de impactos, classificação e caracterização) e não obrigatórios (normalização, agrupamento e ponderação). Pode-se esclarecer cada elemento da AICV:

Seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização: como mencionado no escopo do estudo, a seleção de categorias de impacto deve ser baseada na abrangência de questões ambientais do sistema de produto estudado.

Os indicadores de categoria são determinados como a representação “quantificável” de uma categoria de impacto e por fim os modelos de caracterização que tem conexão direta dos resultados do inventário com os indicadores de categoria, como exemplificado no Quadro 1.

Os termos da AICV podem ser mais bem exemplificados no Quadro 1, em que sua avaliação permeia os resultados do inventário e objetivos do estudo.

Quadro 1. Exemplo de termos da AICV

Termo	Exemplo
Categoria de impacto	Mudança climática
Resultados do ICV	Quantidade de gás de efeito estufa por unidade funcional
Modelo de caracterização	Modelo de linha de base para 100 anos do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC)
Indicador de categoria	Forçamento radiativo infravermelho (W/m^2)
Fator de caracterização	Potencial de aquecimento global para cada gás de efeito estufa (Kg de CO_2 -equivalente/ kg gás)
Resultado do indicador de categoria	Kg de CO_2 – equivalentes por unidade funcional
Pontos finais de categoria	Recifes de coral, florestas, plantações
Relevância ambiental	O forçamento radiativo infravermelho representa os efeitos potenciais sobre o clima, dependendo da adsorção cumulativa de calor pela atmosfera causada por emissões e da distribuição da absorção de calor ao longo do tempo

Fonte. Adaptado de ABNT 2009b.

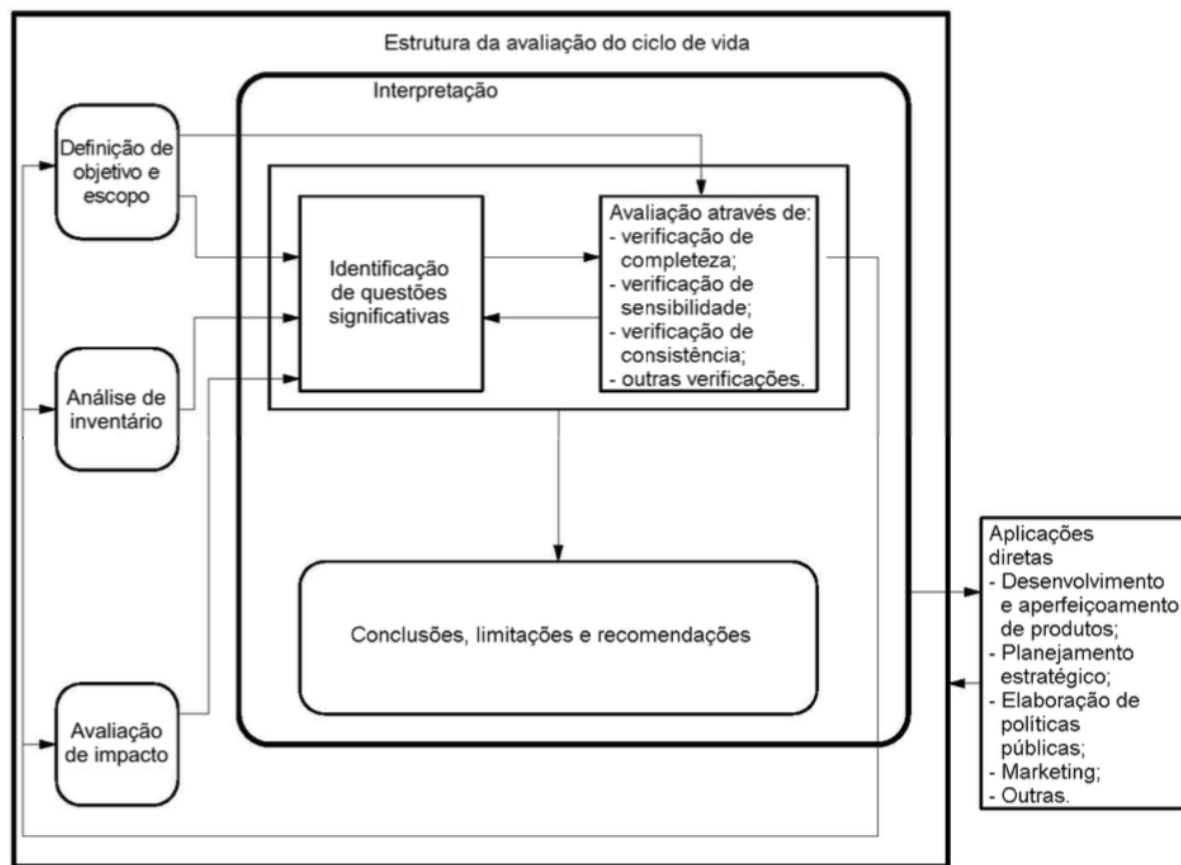
4.1.4 Interpretação

Durante a fase de interpretação, pode-se retornar a estrutura da Figura 6, na definição da ACV, e se expandir para analisar questões como: a identificação de questões significativas, avaliação do estudo considerando verificação de completeza, sensibilidade e consistência e por fim as conclusões, recomendações e limitações, como apresentado na Figura 9.

Durante essa fase, a interpretação da ICV e AICV são analisadas de acordo com o objetivo e escopo, a fim de gerar as conclusões, recomendações e limitações sobre o estudo. Dessa forma questões significativas como a consideração de métodos adotados, pressupostos adotados, seleção de categoria de impactos são levadas em conta (ABNT, 2009b).

Ainda se tratando dos aspectos dessa fase, a completeza tem como objetivo assegurar que as informações e dados relevantes devem estar disponíveis e completos; a sensibilidade avalia a confiabilidade dos resultados e conclusões e a consistência determina se os pressupostos, métodos e dados são consistentes com o objetivo e escopo do estudo (ABNT, 2009b).

Figura 9. Estrutura da avaliação do ciclo de vida



Fonte. ABNT, 2009b

Por fim, após a análise dessas questões, caso não sejam alcançados os objetivos e escopo, novas medidas terão que ser tomadas, seja nas fronteiras do sistema, metodologia de AICV ou nova coleta de dados (ROSSI, 2013).

4.2 Categorias de impactos ambientais

Aquecimento Global

O aquecimento natural da Terra se dá pela absorção da radiação infravermelha, e com o passar dos anos, vem se intensificando com as atividades humanas (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997). Devido ao aumento dos setores industriais, agrícolas e de transporte, a demanda por consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis também

aumentou, assim como o desmatamento de novas áreas para ocupação e terras, colaborando para a emissão de mais gases de efeito estufa (UGAYA et al., 2016).

Eutrofização

A eutrofização se dá pelo acúmulo de nutrientes como nitrogênio (N) ou fósforo (P) no solo, no ar ou na água. Seu impacto pode ser observado em ecossistemas aquáticos, onde o aumento de nutrientes pode causar a falta de oxigênio nas camadas inferiores, uma vez que a produção de algas é estimulada (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997).

Formação Fotoquímica do Ozônio

Segundo WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, (1997), a formação fotoquímica do ozônio se dá pela presença de óxidos de nitrogênio (NO_x), quando solventes e compostos orgânicos voláteis são emitidos na atmosfera e degradados em alguns dias pela reação de oxidação, na presença de luz. Dessa forma, os óxidos de nitrogênio funcionam como catalisadores da reação.

O ozônio é um gás benéfico na estratosfera por proteger a terra da radiação ultravioleta (UV), entretanto, na troposfera pode causar muitos problemas aos seres vivos, como problemas respiratórios e redução na produtividade agrícola (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997 e OMETTO, 2005).

Toxicidade Humana

Segundo WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, (1997), a toxicidade humana é causada pelas próprias atividades antrópicas, na emissão de materiais venenosos, atingindo uma escala local e regional. Segundo OMETTO, (2005) os seres humanos se expõem às substâncias tóxicas no ar, na água e no solo, assim a unidade de referência para a toxicidade humana é o volume do compartimento (ar, água ou solo) necessário para diluir essas substâncias, de modo a baixar a concentração o bastante para não causar efeitos tóxicos.

Ecotoxicidade

A ecotoxicidade pode ser causada pela emissão de substâncias químicas de atividades antrópicas, onde podem alterar a estrutura dos ecossistemas e consequentes efeitos tóxicos nos organismos (ROSSI, 2013).

Segundo OMETTO, (2005) a ecotoxicidade é um impacto que afeta o ambiente em escala local e regional, onde alguns casos como em que a substância tóxica apresenta um grau de biodegradabilidade muito baixa e com tendência a se acumular em organismos vivos podem ser considerados de escala global. Os impactos podem ser medidos de acordo com os efeitos das emissões na água e no solo.

Assim, o fator de caracterização aborda o volume do compartimento (água ou solo) necessário para neutralizar ou diluir a substância tóxica, buscando diminuir a uma concentração baixa o bastante para não causar danos toxicológicos.

Acidificação

Segundo WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, (1997), a acidificação pode ocorrer quando ácidos e outros compostos que podem ser convertidos em ácido são dispostos em água e/ou solo e, adicionados ao cátion de hidrogênio, podem resultar na diminuição do pH. Assim, mortalidade de peixes, corrosão de materiais e desintegração de superfícies metálicas são consequências dessa categoria de impacto.

Resíduos Sólidos

Uma vez que o estudo apresenta saída de bandejas de plástico, caixas de papelão e cinzas da queima de lenha no inventário da ACV, abordou-se a análise da categoria de impactos de resíduos sólidos. Assim, de maneira geral, os resíduos sólidos são definidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Segundo ainda a classificação da PNRS (BRASIL,2010), as bandejas de plástico e as caixas de papelão são classificadas como Classe IIA – Não Perigosos, sendo passíveis de reuso e/ou reciclagem. Segundo FOELKEL, (2011), a maioria dos resíduos sólidos industriais

gerados no processo de fabricação de celulose e papel são Classe IIA – Não Perigosos - Não Inertes, logo não são considerados da classe dos perigosos.

Logo, a cinza, resultante de um dos processos do ramo, é classificada como um resíduo sólido mineral que sobra da queima de biomassa. Dessa forma, a cinza da caldeira dessa biomassa (eucalipto) pode ser definida por FOELKEL, (2011), como:

“material residual e muito variável em qualidade, recolhido tanto do fundo (cinzas de fundo) como do precipitador de coleta de particulados (cinzas leves ou volantes) dos gases de exaustão da caldeira de força alimentada em base de biomassa energética (madeira e/ou casca de árvores). Pode ter cor preta intensa (devido altos teores de carbono não queimado) ou ter coloração cinza clara (como sugere o nome).”

Consumo de Recursos Materiais

A caracterização para essa categoria se dá pelo valor direto dos resultados do inventário, em que as unidades dos recursos materiais são apresentadas em g de insumo/ unidade de produto.

Consumo de Recursos Energéticos

As unidades de recursos energéticos alocadas do inventário são apresentadas em kWh/ unidade de produto.

5. METODOLOGIA

Para a metodologia do trabalho, diversos estudos de caso de ACV de plantas ornamentais foram estudados para um melhor entendimento da temática. Após entendimento dos estudos de caso, as etapas de definição de objetivo e escopo, de análise de inventário, de análise de impactos ambientais e de interpretação foram seguidas como uma base para o trabalho seguindo as diretrizes das normas ABNT 2009a e ABNT 2009b.

Após essas etapas, pode-se elaborar recomendações para a empresa e para trabalhos futuros, assim como a conclusão do trabalho foi realizada.

5.1 Definição de objetivo e escopo

Nessa primeira etapa do estudo, foram realizados os tópicos como aplicação pretendida e sistema do produto, de acordo com a primeira visita à campo, para entendimento da realidade da produção de orquídeas.

Além da visita à campo, o banco de dados com artigos científicos de outros estudos de caso (itens 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3), e demais documentos como as normas NBR 14040 e 14044, EUROPEAN COMMISSION (2010) foram utilizados como base de referência para o estudo e elaboração de elementos fundamentais como função, unidade funcional, fluxo de referência e fronteira do sistema para continuação das fases da ACV.

A partir disso, aspectos do objetivo e escopo como função do objeto de estudo, aplicação pretendida e fronteira do sistema foram sendo moldados até chegarem no documento final, em que se definiu a metodologia específica para a AICV e as categorias de impacto analisadas.

5.2 Análise de inventário

Após a visita técnica e entendimento do processo de produção, foi realizado um questionário para a coleta de dados referente ao inventário da produção, apresentado no Apêndice A. A coleta contemplou um universo amplo de dados, desde os principais insumos utilizados na produção até a quantidade de combustível utilizada nos caminhões de fornecedores à empresa.

Após a elaboração do questionário realizou-se a coleta de dados propriamente dita, por meio de outra visita técnica no município de Atibaia – SP, na qual foi aplicado o questionário elaborado, apresentado no Apêndice A. Com os dados obtidos, realizou-se a validação dos

dados, em que consistiu na separação dos dados realmente relevantes para o estudo de acordo com aspectos de relevância, massa e significância ambiental.

Alguns dados de insumos como água para irrigação, adubos e fertilizantes foram fornecidos em m² de estufa, visto que era o padrão de análise dos operadores, enquanto outros já foram oferecidos em gramas e outros em litros, sendo o fator de conversão dado pela densidade do insumo. Por meio de conversas rotineiras e cálculos de conversão de unidades, foi possível chegar aos valores equivalentes para unidade funcional de um vaso de orquídea.

Dessa forma notou-se a necessidade de incrementação e aquisição de novos dados, buscando suprir necessidades não identificadas inicialmente. Para isso, outras três visitas técnicas foram essenciais para completar o estudo.

5.3 Análise de impacto

Para a análise de impacto, foi utilizado a metodologia do EDIP (Environmental Development of Industrial Products) de acordo com WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, (1997), com suas principais categorias de impacto, uma vez que abrangem uma gama de informações que podem ser abordadas no Brasil.

Apesar da diversidade de metodologias existentes como CML, EPS, LIME, LUCAS, a maioria delas está inserida no contexto europeu, não existindo uma específica para o Brasil. (SOUSA, 2008). De acordo com BUENO *et al.*, (2012) a metodologia EDIP 1997 apresenta validade global para todos os impactos. Na versão de 2003, a maioria das categorias se apresenta com aplicabilidade direcionada à Europa, mostrando regionalização da AICV.

Além das categorias de impacto elencada: Eutrofização; Formação de ozônio fotoquímico; Aquecimento global; Toxicidade Humana e Acidificação, foram adicionadas categorias que abrangiam insumos e demais resíduos sólidos que não foram identificadas no banco de dados do EDIP (1997).

Sendo assim, as categorias de impacto selecionadas foram: Eutrofização; Formação de ozônio fotoquímico; Consumo de recursos energéticos; Consumo de recursos materiais; Aquecimento global; Toxicidade Humana; Acidificação e Resíduos Sólidos. Cada substância contabilizada na ICV foi classificada em uma dessas categorias, como consta no Apêndice B.

A partir dos dados obtidos no Apêndice B foi realizada a conversão dos dados das substâncias com seus respectivos fatores de caracterização. Assim, todas as substâncias emitidas em um processo foram convertidas em um componente equivalente de acordo com os fatores de conversão de STRANDDORF; HOFFMAN; SCHMIDT, (2003).

Aquecimento Global

Dentre os dados do EDIP (1997) selecionou-se o fator de conversão dos principais gases de efeito estufa, para uma escala de 100 anos. Assim, as unidades de gases causadores de aquecimento global foram todas convertidas em g CO_{2-eq}/ g de substância emitida.

Eutrofização

No estudo, as unidades de eutrofização foram todas convertidas em g NO_{3-eq}/ g de substância emitida.

Formação Fotoquímica do Ozônio

Os fatores de caracterização dessa categoria são calculados a partir da relação entre a contribuição dos gases para formação de ozônio e do eteno (C₂H₄), onde o impacto afeta o ambiente em escala local e regional (OMETTO, 2015). O método EDIP (1997) apresenta essa categoria em nível alto NO_x e baixo NO_x. Como a região estudada apresenta baixa ocupação populacional, utilizou-se os valores de baixo NO_x.

Toxicidade Humana

No estudo, as unidades de toxicidade foram todas convertidas em m³ de volume por grama de substância emitida.

Acidificação

A categoria enquadra-se na escala regional/local, podendo ser causado por emissões no ar, na água e no solo. O fator de caracterização no estudo se dá para g SO_{2-eq}/ g de substância emitida.

Resíduos Sólidos

Uma vez que o estudo apresenta saída de bandejas de plástico, caixas de papelão e cinzas da queima de lenha no inventário da ACV, abordou-se a análise da categoria de impactos de resíduos sólidos. Assim, de maneira geral, os resíduos sólidos são definidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Segundo ainda a classificação da PNRS (BRASIL,2010), as bandejas de plástico e as caixas de papelão são classificadas como Classe IIA – Não Perigosos, sendo passíveis de reuso e/ou reciclagem. Segundo FOELKEL, (2011), a maioria dos resíduos sólidos industriais gerados no processo de fabricação de celulose e papel são Classe IIA – Não Perigosos - Não Inertes, logo não são considerados da classe dos perigosos.

Logo, a cinza, resultante de um dos processos do ramo, é classificada como um resíduo sólido mineral que sobra da queima de biomassa. Dessa forma, a cinza da caldeira dessa biomassa (eucalipto) pode ser definida por FOELKEL, (2011), como:

“material residual e muito variável em qualidade, recolhido tanto do fundo (cinzas de fundo) como do precipitador de coleta de particulados (cinzas leves ou volantes) dos gases de exaustão da caldeira de força alimentada em base de biomassa energética (madeira e/ou casca de árvores). Pode ter cor preta intensa (devido altos teores de carbono não queimado) ou ter coloração cinza clara (como sugere o nome).”

Consumo de recursos materiais

No inventário os materiais ainda foram divididos conforme origem e destinação renovável ou não renovável.

Consumo de recursos energéticos

No estudo, as unidades de recursos energéticos alocadas do inventário foram apresentadas em kWh/ unidade de produto.

Dessa forma, foi possível a padronização das saídas da ACV para cada categoria de impacto. Por fim, elaborou-se gráficos relativos a cada categoria de impacto, com a somatória de todos as substâncias em seus respectivos processos.

5.4 Interpretação

A última fase de interpretação teve relação com as fases de objetivo e escopo, análise de inventário e análise de impacto a todo momento. Dessa forma, a fase de interpretação acompanhou todo o estudo, sendo essencial na identificação de questões significativas, considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

Do mesmo modo, de acordo com a ABNT (2009b), a fase se caracterizou pelas verificações de: completeza, buscando assegurar que nenhuma informação importante tenha sido esquecida nas análises finais; sensibilidade, pela influência de variações nos pressupostos e consistência, onde os modelos e métodos são consistentes com ao longo do ciclo de vida do produto.

6. RESULTADOS

Os resultados apresentados pelo estudo seguiram os passos da metodologia, dada pelo modelo da ACV da ANBT, 2009a e ABNT, 2009b. O item 6.1 apresenta os resultados obtidos dos estudos de caso já existentes, como dito na metodologia, com os subitens 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3. Já o item 6.2 já apresenta os resultados obtidos pelo estudo de caso do presente trabalho.

6.1 Resultados de outros estudos de caso de ACV.

Como abordado na justificativa e metodologia do trabalho, foram analisados três estudos de caso de ACV de plantas ornamentais como base teórica para o estudo de caso da monografia elaborada.

6.1.1 Emissão de gases de efeito estufa, em pequena escala, de plantas ornamentais na Áustria (Estudo de caso)

O estudo de caso feito por Wandl; Haberl, 2017 teve como propósito a quantificação da emissão de gases de efeito estufa, auxiliando a análise do aquecimento global como categoria de impacto na produção de flores de corte e de vaso. Para essa análise, foram convertidos os gases de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e o óxido de nitrogênio (N_2O) em CO_2 equivalente, de acordo com dados do IPCC, (2013).

O estudo discute o efeito de diferentes unidades funcionais, tais como unidade do produto estudado, superfície de área (m^2) e/ou massa final (kg) do produto (Roy *et al*, 2009). As unidades funcionais podem ser determinadas somente como uma planta, onde a unidade do produto é dada somente por um vaso.

Outra forma de análise se dá de acordo com diferentes tipos de flor, onde se compara o tempo de duração de vida de cada uma, com a unidade de “dias de flor” ou compara-se uma área por m^2 de uma estufa, contabilizando os insumos utilizados em cada tipologia de planta.

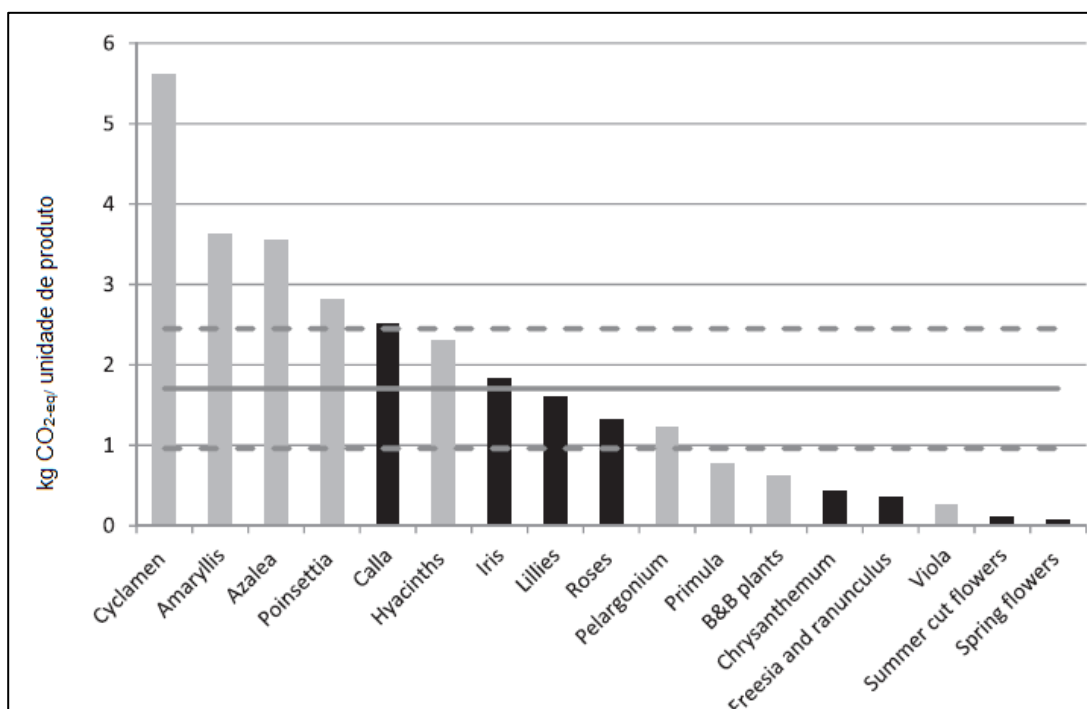
Por fim, a unidade funcional utilizada se deu por “dias de flor”, visto que o estudo realiza uma comparação de diversas tipologias de flores de corte e de vaso, abordando um parâmetro mais abrangente, se comparado com a durabilidade do produto finalizado.

Dessa forma, foi atribuído o inventário de entradas e saídas para a função de decoração no tempo de duração de cada planta, seja de 4 a 20 dias para plantas de corte e de 14 a 140 dias para plantas de vaso.

A Figura 10 retrata a quantidade de gases de efeito estufa emitida (kg CO₂ equivalente) por unidade de produto, onde a coluna cinza representa as plantas de vaso (*Cyclamen*, *Amaryllis*, *Azalea*, *Poinsettia*, *Hyacinths*, *Pelargonium*, *Primula*, *B&B Plants* e *Viola*), e a coluna preta, as plantas de corte (*Calla*, *Iris*, *Lillies*, *Roses*, *Chrysanthemum*, *Freesia and ranunculus*, *Summer cut flowers* e *Spring flowers*).

Observa-se que por unidade de produto, as plantas de vaso apresentam maiores índices de emissão de gases de efeito estufa.

Figura 10. Quantidade de gases de efeito estufa emitida por unidade de produto em plantas de vaso e de corte

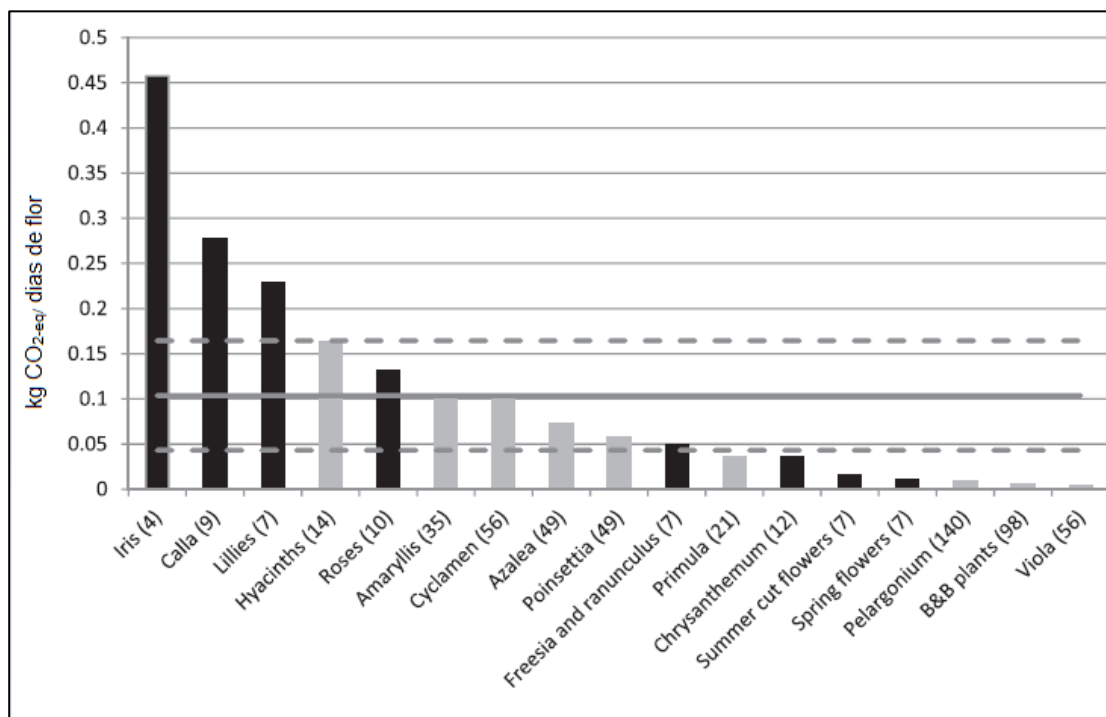


Fonte. Adaptado de (WANDL; HABERL, 2017)

Enquanto isso, a Figura 11 retrata a quantidade de gases de efeito estufa por “dias de flores”, onde a coluna preta representa as plantas de corte, e a coluna cinza, as plantas de vaso com seus respectivos dias de vida.

Pode-se afirmar que boa parte das plantas de corte apresentam maiores índices de emissão de gases de efeito estufa se comparado a unidade funcional de “dias de flores” do que as plantas de vaso, que em sua maioria, apresentam mais dias de vida.

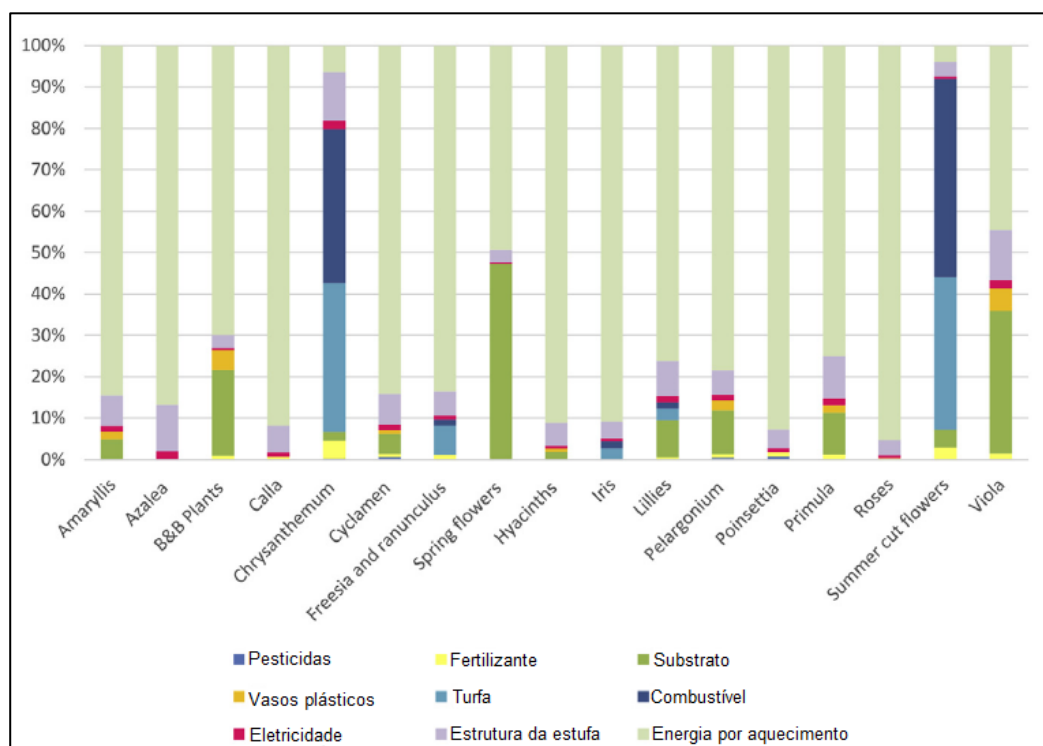
Figura 11. Quantidade de gases de efeito estufa por dias de flor em plantas de vaso e de corte



Fonte. Adaptado de (WANDL; HABERL, 2017)

Por fim, a Figura 12 apresenta a porcentagem de insumos de entrada e saída que cada tipologia de flor estudada apresentou no estudo, por unidade de vaso. Dentre os insumos como pesticidas, vasos de plantas, eletricidade, fertilizantes, estrutura da estufa, substrato, turfa e combustível, a energia que oferece aquecimento às estufas é o aspecto de maior impacto na produção das plantas.

Figura 12. Porcentagem de insumos de entrada e saída por unidade de vaso



Fonte. Adaptado de (WANDL; HABERL, 2017)

O *Chrysanthemum* e as *Summer cut flowers* não apresentam a energia como principal contribuinte de impacto, uma vez que o cultivo do primeiro se dá em grande parte no período de Outubro à Abril (altas temperaturas na Áustria) enquanto que o cultivo da segunda, a energia se dá somente na fase de propagação das flores, sendo um curto período.

O estudo relata as limitações do trabalho, onde os processos de uso e pós-uso não foram abordados pela falta de informações sobre o destino das plantas. Da mesma forma, os processos elementares da produção das mudas, sementes, substratos, vasos de plástico e pesticidas não foram abordados devido a extensão de informações que demandaria.

Outra observação realizada no estudo, como sugestão para outros trabalhos, se trata da importância do sequestro de carbono que as plantas podem absorver a longo prazo, em que alguns insumos ou o próprio produto podem contribuir durante toda a fase do ciclo de vida.

6.1.2 Emissão de gases de efeito estufa de plantas ornamentais: ACV de um distrito central da Itália (Estudo de caso)

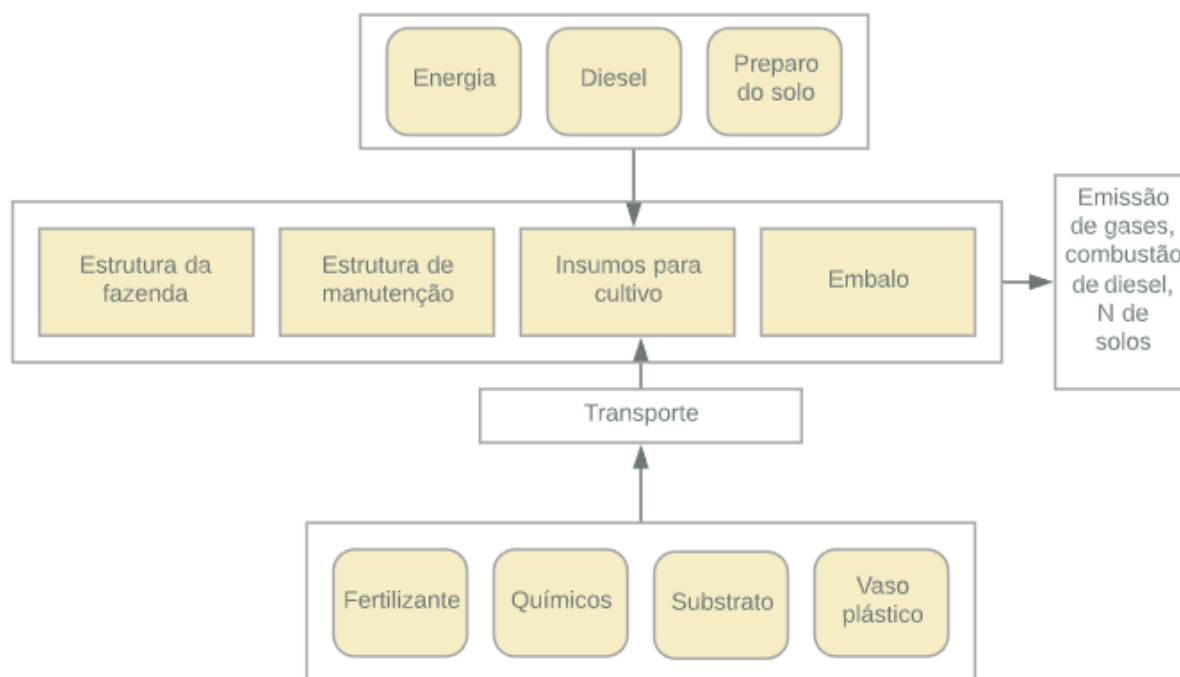
O estudo de caso realizado por LAZZERINI; LUCCHETTI; NICESE, (2016) teve como propósito a quantificação de gases de efeito estufa de diferentes tipologias (plantas em vaso, ou dispostas no solo) e produção (pequena, média e grande escala de plantas).

Utilizou-se a técnica de ACV para analisar o Aquecimento Global como categoria de impacto, onde o m² foi utilizado como unidade funcional para representar as diferenças de tipologias de plantas.

Atualmente, a maioria das ACVs de uma unidade agrícola utiliza a unidade funcional de uma planta. (KENDALL; MCPHERSON, 2012; INGRAM, 2012, 2013). Porém, quando se deseja comparar sistemas agrícolas diferentes, utiliza-se a unidade funcional de uma superfície em área e os dados somente para um vaso/ planta é realizado pela densidade de plantas (número de plantas por m²) (CERUTTI *et al.*, 2013; NEMECEK *et al.*, 2011a, 2011b).

A fronteira do sistema dada pelo estudo é esboçada na Figura 413, onde os principais processos são dados pela estrutura da fazenda (EF); como sistema de água, tubulações e válvulas, das estruturas de manutenção em geral (EM); como tubos, ganchos, arames e fios, das entradas de insumos para o cultivo da produção (IC), do embalo dos produtos (EP) e pela emissão de NO₂ do solo (ENS).

Figura 13. Esboço da fronteira do produto de estudo



Fonte. Adaptado de LAZZERINI; LUCCHETTI; NICESE, (2016)

Com o auxílio de softwares como Gabi, U.S Life Cycle Inventory Database, e IPCC foi realizado o cálculo de CO₂ equivalente de cada processo, destacando-se os insumos para o cultivo da produção (IC). A Tabela 1 apresenta os dados de emissão de CO₂ equivalente por m² para cada produto e processo, em que C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 são plantas envasadas e F1, F2, F3 e F4 são plantas dispostas em solo.

Tabela 1. Emissão total de gases de efeito estufa nas diferentes categorias (kg CO₂-eq/m²/ano).

Categorias	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	F1	F2	F3	F4
EF	0.006	0.006	0.099	0.003	0.003	0.006	0.003	0.006	0.006	0.016	0.016
EM	1.558	0.476	0.066	0.040	0.159	0.206	0.226	0.014	0.014	0.061	–
IC	24.323	9.765	18.273	9.265	6.949	7.12	8.141	0.276	0.276	0.232	0.339
EP	0.431	0.014	0.372	0.260	0.260	0.105	0.013	0.644	0.396	0.159	0.194
ENS	0.171	0.140	0.449	0.694	0.073	0.079	0.092	0.073	0.073	0.139	0.230
Total	26.489	10.401	19.259	10.262	7.444	7.516	8.475	1.013	0.765	0.607	0.779

EF=Estrutura da Fazenda; EM=Estrutura dos Materiais; IC= Insumos de Cultivo; EP=Embalos dos produtos; ENS=Emissão de NO₂ no solo.

Fonte. Adaptado de LAZZERINI; LUCCHETTI; NICESE, (2016)

Pode-se observar que o processo da estrutura da fazenda (EF) possui impacto relativamente baixo, se comparado com os outros processos. Já os dados para os insumos para o cultivo da produção (IC) possuem alto impacto se comparado com os demais processos.

Além disso, observa-se que o valor total de emissão, por parte das plantas envasadas, apresenta número relativamente maior que as plantas dispostas em campo. Dessa forma, a Tabela 2 apresenta a emissão de CO₂ equivalente para as plantas envasadas, com cada insumo do processo de (IC).

Tabela 2. Total de emissões separados por insumo do processo de cultivo da produção (IC), em plantas envasadas.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Fertilizantes	1.428	0.881	0.537	0.505	0.126	0.183	0.752
Químicos	0.018	0.018	0.010	0.012	0.013	0.035	0.011
Substrato	13.389	4.895	13.908	5.222	3.233	3.249	4.446
Vaso plástico	7.856	2.339	3.323	2.502	2.552	2.742	1.638
Diesel	0.667	0.667	0.362	0.423	0.424	0.560	0.471
Energia	0.965	0.965	0.133	0.601	0.601	0.351	0.823
Total	24.323	9.765	18.273	9.265	6.949	7.120	8.141

Fonte. Adaptado de LAZZERINI; LUCCHETTI; NICESE, (2016)

Os insumos de maior impacto dentro do processo (IC) são dados pelo substrato e pelos vasos, visto que possuem peso relevante. A razão dos dois insumos terem alto impacto na emissão de gases de efeito estufa deve-se ao peso relativo das unidades para o processo, em relação aos demais insumos (DE LUCIA et al., 2013; LAZZERINI; LUCCHETTI; NICESE, 2014).

Apesar da pequena contribuição na emissão de gases de efeito estufa por parte das plantas dispostas em campo aberto, os químicos podem apresentar um alto impacto para outras categorias como eutrofização, acidificação do solo e intoxicação humana (SAHLE; POTTING, 2013).

O estudo faz a ressalva de que nas unidades agrícolas estudadas, a energia não foi um conceito relevante para a emissão de gases, uma vez que as unidades dispunham de produção de plantas ao ar livre, sem o aquecimento de estufas por exemplo.

Outra consideração feita pelos autores se deu em relação ao baixo impacto do processo da estrutura da fazenda (EF). A entrada de materiais abordados no estudo como plásticos de multfilme, tubos hidráulicos, encanamentos, barras de irrigação e demais válvulas possuem um tempo de vida útil de 20 anos ou mais.

Dessa forma, a análise de emissão de gases de efeito estufa se torna baixa em relação a estrutura da fazenda, em geral, e apresenta como sugestão a exclusão dessa etapa nos próximos estudos de ACV de uma unidade agrícola.

6.1.3 Impacto ambiental da produção de flores comestíveis: Estudo de caso (Tuscany – Itália)

Diferente dos estudos de caso anteriores, o estudo elaborado por FALLA, N. M. et al (2020) utiliza a técnica de ACV para analisar quatro categorias de impacto na produção de flores comestíveis: Aquecimento Global, Potencial de Acidificação, Potencial de Eutrofização e Potencial Fotoquímico da Camada de ozônio.

O objetivo do estudo foi abordar os impactos da produção de duas espécies de flores comestíveis (begônia e viola) em vaso, numa análise comparativa com as mesmas flores, porém embaladas, (diversos tamanhos de embalagem) prontas para consumo. De grande importância para o estudo, a unidade funcional delimitada se deu por unidade de peso, para fins de comparação.

Realizou-se a comparação de 1g de flores comestíveis prontas para o consumo (embaladas) com 12-25g de flores de vaso. Visto que o vaso pode proporcionar novas colheitas,

e que as prontas para o consumo proporcionam somente um único consumo, o objetivo foi definir qual forma de produto apresentava menor impacto ao se proporcionar vasos e volumes de substrato ou embalagens descartáveis.

Para análise do inventário, os insumos estudados para a produção das flores se deram pelos vasos plásticos, substrato, biomassa, água, fertilizante, embalagens de embrulho e energia provinda de máquinas de sementeação, luz artificial e caldeira. O estudo destaca também a exclusão de processos elementares dos insumos que são fornecidos, da mesma maneira que exclui a etapa de mão de obra dos trabalhadores.

Os indicadores mostraram que a produção de plantas em vaso possuía um menor impacto do que as plantas embaladas prontas para consumo (para ambas as espécies), onde a categoria de impacto mais relevante foi a do aquecimento global, indicada em kg de CO₂-eq. Logo após o aquecimento global, a categoria mais impactante foi a de acidificação, expressa em kg por SO₂-eq, depois a eutrofização em kg por PO₄-eq e por fim, a formação de ozônio fotoquímico, em kg por C₂H₄-eq.

De maneira geral, dentro de todas as quatro categorias, o processo de maior impacto se deu pela fase de propagação das flores, onde o subprocesso de energia pode ser destacado, visto que o aquecimento da biomassa (caldeiras) emite grande quantidade de partículas que contribuem para os impactos. Os subprocessos de mistura de substrato com adubos também podem ser destacados nesse estudo.

A AVC pode mostrar ainda que as embalagens menores de flores prontas para o consumo apresentaram um maior impacto que as maiores, levando aos produtores a perceber que ambientalmente dizendo, quanto maior a embalagem das plantas comestíveis (e, portanto, mais produto), menor o impacto gerado com a diminuição de recurso utilizado.

6.2 Resultados do Estudo de caso do trabalho

A partir da análise dos estudos de caso de ACV de plantas ornamentais, foi possível criar um embasamento teórico a respeito das principais características desse nicho de trabalho. Dessa forma, o item 6.2 apresenta os resultados propriamente ditos do estudo de caso da monografia trabalhada.

6.2.1 Definição de objetivo e escopo

A ACV estudada teve como objetivo a avaliação dos impactos ambientais abordados no ciclo de vida da produção de uma orquídea (*Phalaenopsis*). Teve como aplicação pretendida a disponibilização de um estudo de impacto ambiental para o público, assim como a proposição de alternativas para a minimização de alguns impactos para a empresa.

Os elementos de estudo da orquídea *Phalaenopsis* podem ser definidos pelos itens que compõem o escopo da ACV:

- **Função**

A orquídea pode desempenhar papéis principalmente biológicos na sua cadeia produtiva, sendo responsável pelo equilíbrio da flora e/ ou fauna. Segundo (WANDL; HABERL, 2017), as plantas ornamentais possuem como principal função, o propósito de decoração, tendo como padrão de qualidade, a expectativa do mercado e, portanto, a aplicação de tecnologias por parte do produtor para chegar a esse patamar.

Assim, cabe ao estudo presente, a limitação das funções desse produto para melhor enfoque de trabalho, tendo como principal função para o estudo um produto utilizado para decoração, comercializado na sociedade.

As funções atribuídas à orquídea cultivada em vaso podem ser exploradas em relação à decoração de um ambiente, uma festa, jardim e/ou decoração interna de uma casa por cerca de 2 meses, de acordo com a quantidade de botões. Dessa forma, quanto mais vasos e mais botões floridos, maior a dimensão de sua decoração.

- **Unidade funcional**

Como dito por Kendall, Mcpherson, (2012) e Ingram, (2012, 2013), a grande maioria das ACV de uma unidade agrícola utiliza a unidade funcional de uma planta. Como não foi de escopo do estudo a comparação de outras plantas ornamentais ou de outras unidades agrícolas, a unidade funcional se dá somente pelo cultivo de orquídeas.

Assim, a unidade funcional limitada ao produto estudado é uma unidade de vaso de orquídea *Phalaenopsis*, que decora um ambiente por aproximadamente dois meses, com variação pela capacidade de manutenção de cada usuário, visto que o uso da água e o ambiente arejado são fundamentais para manutenção.

A unidade funcional se molda em um vaso contendo uma haste com 8 a 10 botões de flores, no modelo em cascata.

É importante destacar que essas características adotadas para a função de decoração para o estudo se dão pelo padrão de vendas da produção. Dessa forma, para desempenhar a decoração de um ambiente de 6 m², o produto necessita de 8 a 10 botões de flores.

- **Fluxo de referência**

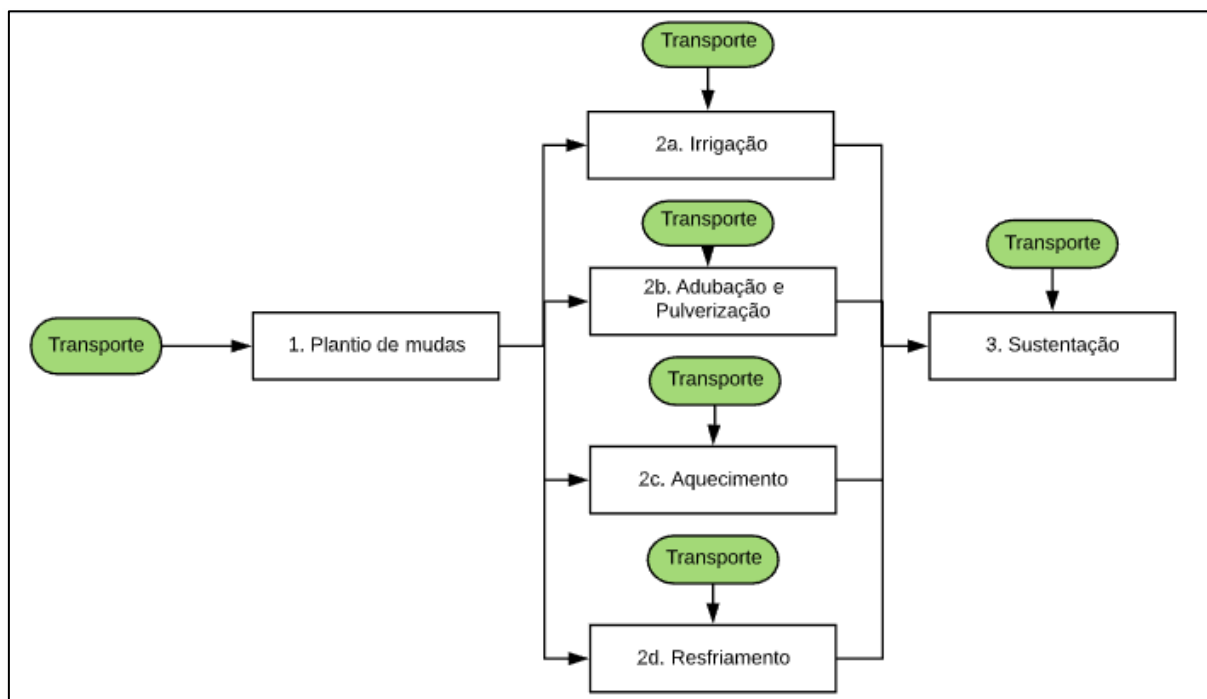
As plantas de vaso são organismos vivos, possuindo alguns botões com diferentes tempos de floração, então os produtores buscam as tecnologias agrícolas para padronizar o número de flores abertas e tamanhos para a comercialização (WANDL; HABERL, 2017). Assim, o fluxo de referência necessário para o desempenho de uma unidade funcional se molda em um vaso contendo uma haste com 8 a 10 botões de flores, no modelo em cascata.

É importante destacar ainda que as orquídeas possuem diversas espécies além da *Phalaenopsis*, dando então ênfase à essa espécie no estudo.

- **Sistema de produto**

O sistema de produto limitado ao trabalho é dado pela produção da flor (gate-to-gate), definida pela linha de produção da empresa, tendo como exclusão os processos elementares das matérias primas e dos processos de entrega e distribuição do produto, visto que esse controle pode variar de acordo com seus clientes. Dessa forma, o sistema de produto estudado pode ser esboçado pela Figura 14.

Figura 14. Fluxograma do sistema do produto



Fonte. Autoria própria

Os processos 2a, 2b, 2c e 2d são realizados simultaneamente após o processo 1 (Plantio das mudas), e por fim, o processo 3 é realizado para a preparação da orquídea ao estágio final.

Para iniciar o estudo e posteriormente realizar as etapas de análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação considerou-se a saída de 720.000 mil vasos de orquídea por ciclo, numa área de aproximadamente 20.000 m² de estufas.

Em conjunto ao sistema de produto, o transporte de insumos de cada item do inventário também foi estudado como emissão de gases causadores de aquecimento global e/ou outros impactos ambientais.

Processo 1: Plantio das mudas

A produção da empresa é iniciada com o plantio de mudas das orquídeas, enviadas em caixas e bandejas por fornecedores. Assim, o processo de plantio é feito com a utilização de vasos plásticos e casca de pinus como substrato, como ilustrado na Figura 15.

Figura 15. Plantio de mudas (em bandeja), ao lado esquerdo, com a utilização de vaso plástico individual e casca de pinus, ao lado direito.



Fonte. Autoria própria.

Processo 2a: Irrigação

O processo de irrigação consiste na utilização de água como insumo, provinda de piscinões que a empresa possui por captação de água da chuva (Figura 16). A estimativa da irrigação das plantas foi baseada no padrão de consumo, sendo de 10L/ m² (36 vasos), 1,3 vezes por semana, totalizando 18,77 L por vaso ao ano.

Figura 16. Piscinão com captação de água da chuva.



Fonte. Autoria própria.

O processo de irrigação ainda apresenta um gasto de energia elétrica referente ao bombeamento da água, onde a água é encaminhada para a estufa por meio de mangueiras ou sistema de irrigação encanado.

Processo 2b: Adubação e pulverização

O processo de adubação ocorre pela necessidade de nutrientes como potássio, fósforo, nitrogênio, cálcio, enxofre e magnésio para o bom crescimento da planta. Da mesma maneira, a pulverização se faz necessária pelo controle de pragas e doenças causadas principalmente por ácaros e bactérias.

O padrão de adubação ocorre uma vez por semana, com aproximadamente de 15L/m² dos componentes diluídos em água (potássio, fósforo, nitrogênio, cálcio, enxofre e magnésio). A respeito da diluição, a cada 1L de água, se acrescenta 1g de componentes totais.

A porcentagem de cada nutriente diluído não foi explicitada por questões de sigilo da empresa, mas ainda assim, foi possível estimar os valores em porcentagens de 40% potássio, 30% fósforo, 10% nitrogênio, 10% cálcio, 5% enxofre e 5% magnésio para os componentes, obtendo a quantidade em gramas de cada componente por vaso.

Para a pulverização, a empresa utiliza o Abamex para combate à ácaros, com composição de abamectina em 1,8% (18g/L) e outros produtos, enquanto que em relação ao combate a bactérias, utiliza o Kasumin, com composição de 2% de kasugamicina (20g/L), 5% em monoetilenoglicol (50g/L) e o restante em outros produtos.

A aplicação de ambos é relativa ao aparecimento de bactérias e ácaros, respectivamente, tendo utilização estimada de duas vezes por mês, totalizando 24 aplicações de agrotóxico antibactericida e agrotóxico antiácaros ao longo do ano. A diluição do produto líquido é realizada em 1mL para cada 1L de água. Além disso, tem-se que 0,1L de agrotóxicos dissolvidos (pulverização) atendem a uma área de 1m².

O processo de adubação ainda apresenta um gasto de energia elétrica referente ao bombeamento do adubo, presente em caixas d'água, onde distribui o líquido para a estufa por meio de mangueiras.

Processo 2c: Aquecimento

Em relação ao processo de aquecimento, logo no início do ciclo, as orquídeas *Phalaenopsis* necessitam de um período de vegetação, com uma temperatura controlada entre 28° a 30°. Devem permanecer nessa temperatura num período de aproximadamente 40 semanas, dentro de uma estufa aquecida com o auxílio de caldeiras a lenha.

Para melhor entendimento, as caldeiras utilizadas para controle de temperatura estão ilustradas pela Figura 17.

Figura 17. Caldeira com uso de lenha como insumo.



Fonte. Autoria própria

De acordo com os funcionários da empresa, as caldeiras utilizadas no processo de produção emitem uma energia equivalente de 9.000 kcal/m³, com a demanda de aproximadamente 0,0083m³ de lenha para cada vaso, considerando-se a área das estufas e a quantidade de 36 vasos por metro quadrado.

O resíduo sólido gerado pela queima da lenha se dá em forma de cinzas, compondo aproximadamente 100 kg de resíduo por semana, os quais são doados para uma empresa que as utiliza em compostagens para adubos.

As caldeiras ainda possuem manutenção sem a utilização de óleos e lubrificantes, sendo utilizada somente panos umedecidos ou jatos de água para a limpeza de cinzas encrustadas que possam entupir o equipamento.

Processo 2d: Resfriamento

Após o período vegetativo, as plantas passam por períodos de resfriamento, com o objetivo de induzir o brotamento das hastes por onde florescerão as flores. Para isso, as estufas são utilizadas como câmaras frias, à base de energia elétrica (temperaturas entre 18 a 25°). A área de trabalho conta com 16 compressores, apresentados na Figura 18 para formar a câmara fria no período de indução.

Figura 18. Compressores da câmara fria



Fonte. Autoria própria

Cada compressor dispõe 2 maquinários com 4 ventiladores cada para circular o ar resfriado para toda a área da estufa, como pode-se observar na Figura 19.

Figura 19. Ventiladores da câmara fria



Fonte. Autoria própria

Após um período de aproximadamente 8 semanas, o broto da orquídea *Phalaenopsis* é induzido (Figura 20) e pode-se dispor as plantas em outra estufa com temperatura ambiente, sendo controlada apenas por ventiladores, com uma demanda menor de energia, uma vez que funcionam somente no período diurno.

Figura 20. Início do brotamento por indução



Fonte. Autoria própria

Processo 3: Sustentação

Por fim, ao último processo da produção pode-se realizar a sustentação das hastes crescidas com o auxílio de fechos de arame e hastes de ferro, ilustrados pela Figura 21. e Figura 22

Figura 21. Fechos de arame para sustentação da orquídea



Fonte. Autoria própria.

Figura 22. Hastes de arame galvanizado plastificado para sustentação da orquídea



Fonte. Autoria própria

Dessa forma, com o crescimento do broto e florescimento dos botões de flor, é realizada a sustentação do broto que se dispõe em cascata, ilustrada pela Figura 23, com a utilização de 1 haste de arame.

Figura 23. Produto sustentado com auxílio de feches de arame e haste de arame.



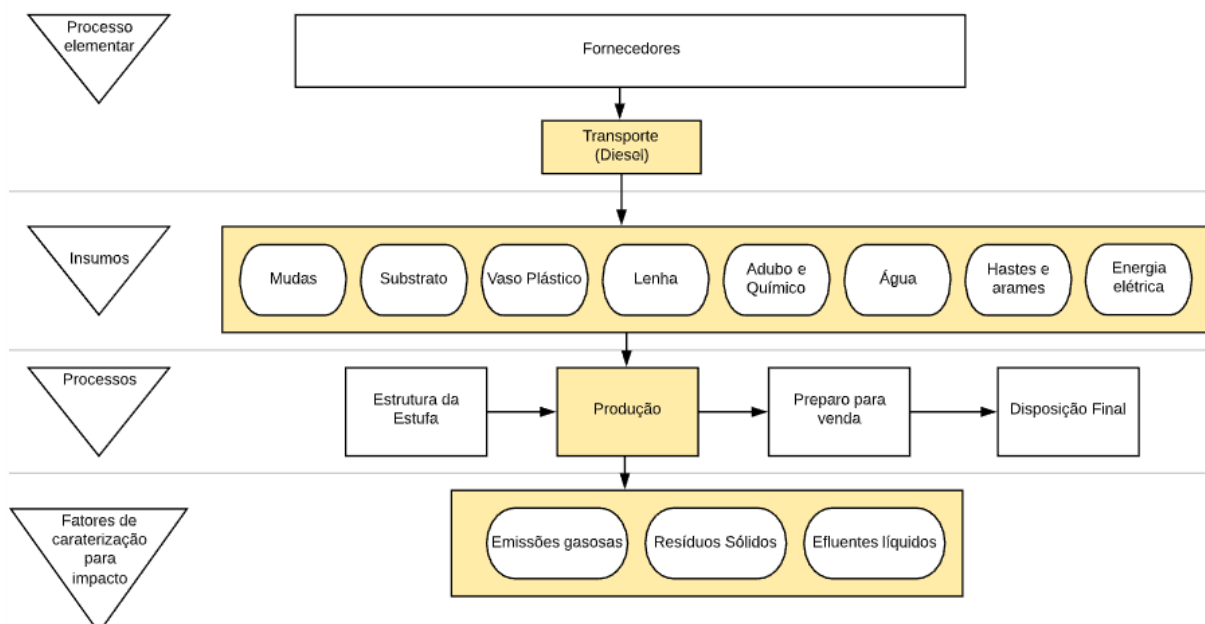
Fonte. Autoria própria.

- **Fronteira do sistema**

A fronteira do sistema é dada somente pelos procedimentos envolvidos no processo de produção das flores, apresentado em laranja na Figura 24 e especificado pelo fluxograma anterior, da Figura 14. Assim, não foram considerados os processos elementares de cada insumo, estrutura das estufas, processo de venda, uso e pós uso.

Os critérios de corte abordados foram avaliados de acordo com a relevância de energia e significância ambiental, sendo abordados a energia elétrica para manutenção de compressores, ventiladores e bombas hidráulicas no quesito energia; e diesel e adubo para o transporte de caminhões dos fornecedores e crescimento das flores, respectivamente no quesito significância ambiental.

Figura 24. Fronteira do Sistema da produção de orquídeas Phalaenopsis.



Fonte. Autoria própria

- **Categoria de impactos**

Para o estudo, foi utilizado o método EDIP 1997 (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997) com as seguintes categorias de impactos: Aquecimento global; Eutrofização; Formação Fotoquímica do Ozônio; Toxicidade humana (ar, água e solo); Ecotoxicidade (ar, água e solo) e Acidificação.

Ainda para fins complementares de estudo, abordou-se as categorias de Resíduos Sólidos, Consumo de Recursos Energéticos e Consumo de Recursos Materiais como aspectos ambientais, visto que alguns insumos e saídas do inventário não se enquadravam nas categorias do EDIP (1997).

- **Pressupostos e limitações**

Os pressupostos do estudo se deram pela falta de precisão de alguns insumos, visto que a produção varia com algumas condições climáticas e adversidades como doenças e pragas, demandando mais cuidado e recursos.

Algumas limitações se deram pela abrangência de processos elementares envolvidos na produção da orquídea, tendo como limitação o tempo de estudo e, portanto, somente os procedimentos que cercavam a produção de flores foram elencados para análise.

Ainda se tratando da limitação de processos, abordados na Figura 24, temos a exclusão do processo de estrutura da estufa, uma vez que estudos de LAZZERINI; LUCCHETTI; NICESE, (2016) comprovam que o tempo de vida útil dos materiais utilizados para a construção da estrutura de sítios e unidades agrícolas é longo.

O processo de vendas e pós uso do produto também foi excluído do estudo, visto que o fluxo de vendas não é contínuo e o acompanhamento do descarte do produto com os clientes finais é inviável para o escopo do estudo.

Para fins de estudo de impacto ambiental, também se optou por não abordar a emissão de NO₂ e CO₂ do solo, uma vez que para esse estudo, seria necessária uma abordagem mais específica sobre as características do substrato (casca de pinus). Além disso, como as plantas ornamentais estudadas são envasadas, possuem impacto relativamente menor devido à baixa quantidade de substrato, se comparada a uma produção de soja ou cana-de-açúcar, que demandam grande quantidade de uso do solo.

- **Qualidade dos dados**

A qualidade dos dados obtidos pode ser classificada em dados primários, as informações obtidas diretamente em campo, e em dados secundários, os quais foram obtidas da literatura e por algumas estimativas da própria empresa, juntamente com seus fornecedores.

A Tabela 3, no item 6.2.2, apresenta as fontes de cada insumo estudado no inventário do estudo.

- **Relatório e análise crítica da ACV**

O relatório elaborado teve como forma um trabalho de graduação (TG), no qual a análise crítica foi realizada pelos professores da banca, sendo do tipo interno independente. Dessa forma, o estudo deve apresentar valor, qualidade e credibilidade.

6.2.2 Análise de inventário

Como citado no sistema do produto da ACV, considerou-se a saída de 720.000 mil vasos de orquídea por ciclo, numa área de aproximadamente 20.000 m² de estufas. A fim de facilitar a coleta de informações por parte dos produtores, considerou-se o ciclo de 60 semanas (tempo de ciclo ideal da orquídea) como 1 ano (52 semanas), visto que o fornecimento de produtos e

quantidade de fornecedores era intensa ao longo do ciclo, com dificuldade no controle de cálculos.

Os mecanismos e dados para cálculos foram obtidos pela empresa, fornecedores e fontes da bibliografia em paralelo com estimativas da empresa, sendo esclarecidos na Tabela 3 cada fonte utilizada.

Tabela 3. Fonte de dados e cálculos para análise do inventário

Fontes da Análise do inventário	
Empresa e fornecedores	1
BRASIL, 2014	2
LUDWIG et al., 2014	3
CETESB, 2009	4

Fonte. Autoria própria

Optou-se por estudar o inventário de gases emitidos pela queima do diesel para todos os insumos, pois a quantidade de fornecedores para a produção de uma orquídea era extensa, tendo os gases de emissão atmosférica grande importância e relevância para o estudo. Abordou-se esse inventário a partir de um novo processo: Transporte de insumos.

Dessa forma, a tabela 4 apresenta os dados e principais tipos de gases gerados na queima do combustível no transporte de mudas, substrato, lenha, adubos, defensivos, casca de pinus e vasos plásticos. Obteve-se os fatores de conversão g/km de acordo com os dados obtidos na literatura.

O cálculo da quilometragem e consequente medida de emissão de gases foi calculada baseando-se na distância entre a cidade fornecedora de insumo e a cidade de Atibaia, incluindo o caminho de ida e volta de cada caminhão.

Tabela 4. Lista e valor de gases emitidos na queima de diesel por caminhões semipesados

Gás emitido	Fator de emissão	Unidade
CO	0,275	g/km
NO _x	1,645	g/km
NMHC	0,032	g/km
CH ₄	0,060	g/km
MP	0,016	g/km

Adaptado de BRASIL, 2014

Adicionando-se a quilometragem de cada fornecedor de insumos do processo 1, temos que as mudas são importadas de Taiwan e da Holanda, onde a emissão de gases pelos combustíveis foi contabilizada somente pela distância do portuário de Santos até a cidade de Atibaia, visto que no mesmo navio, grande maioria das cargas são consideradas de outros setores. Assim, temos uma distância de aproximadamente 320km (ida e volta), todos os meses.

Em relação a casca de pinus, o controle realizado pela empresa denota o fornecimento uma vez por semana, da região do Paraná, percorrendo uma distância de 940km (ida e volta). Para os vasos plásticos, tem-se que seu fornecimento ocorre mensalmente, da cidade de Vargem Grande Paulista 212km (ida e volta).

Processo 1: Plantio de mudas

Fluxo de Entrada	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
<i>Recursos materiais renováveis</i>		
Casca de pinus	3,52E+02	1
Mudas	1,00E+02	1
<i>Recursos materiais não renováveis</i>		
Vasos plásticos	5,00E+02	1
Total dos fluxos de entrada	9,52E+02	1
<i>Fluxo de Saída</i>		
<i>Emissão Atmosférica</i>		
Diesel de fornecedores		
CO	2,11E-02	2
NO _x	1,26E-01	2
NMHC	2,46E-03	2
CH ₄	4,61E-03	2
MP	1,23E-03	2
<i>Resíduos Sólidos</i>		
Bandejas de plástico	2,00E+00	1
Caixas de papelão	2,00E+00	1
Total dos fluxos de saída	4,16E+00	1

Para analisar o inventário dos processos 2a e 2b, realizou-se uma pesquisa do substrato, apresentados na Tabela 5, buscando suas principais características para melhor entender o comportamento na retenção de água e de componentes como adubos e defensivos. Pode-se relacionar a Tabela 5 com as porcentagens de água retidas no solo.

Tabela 5. Valores médios da água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água residual (AR) do substrato casca de pinus grossa.

Substrato	AFD	AT	AR
Casca de Pinus (100%)	11	3,3	29,1
Unidade	%	%	%

Fonte. Adaptado de LUDWIG; GUERRERO; FERNANDES, (2014)

Segundo AZEVEDO; TORTELLI; VIEIRA, (2014), a Água Facilmente Disponível (AFD) é o volume de água retido entre a tensão de 1 e 5 kPa e Água Tamponante (AT), entre a tensão de 5 e 10 kPa. A AT é o volume de água retido no substrato que é utilizado quando, eventualmente, ocorre alguma situação de estresse hídrico no qual a tensão matricial dos substratos atinge valores superiores a 5 kPa. Já a respeito da AR (Água Residual), corresponde ao volume de água retido no substrato após se aplicar a tensão de 10 kPa.

A determinação de disponibilidade de água de um substrato é importante, uma vez que fornece dados do volume de água disponível às plantas em diferentes tensões. Quanto mais água disponível a baixas tensões, menor o gasto de energia pela planta para aproveitá-la (FERMINO, 1996).

A maior capacidade de armazenamento de água a baixas tensões pode promover uma economia de água e menores custos com irrigação e adubação, pois a irrigação frequente pode provocar a lixiviação dos nutrientes de forma mais acentuada.

Como a produção de orquídeas *Phalaenopsis* possui um controle rígido da irrigação, supõe-se que tensões acima de 10 kPa não são atingidas pela planta. Dessa forma, a porcentagem de retenção de água do substrato foi feita pela média do AFD e AT, com o total de 7,15% da quantidade aplicada.

Em relação aos dados da bomba hidráulica, a empresa apresenta 16 bombas em sua totalidade, com 220V e 2,25A cada uma. Estimou-se junto com a empresa, a média de uso de 1h da bomba por irrigação, apresentando um valor de 67,6 horas de uso ao longo do ciclo.

Processo 2a: Irrigação

Fluxo de Entrada	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
Recursos materiais renováveis		
Água	1,88E+04	1
Recursos energéticos (kWh/ unidade de vaso)		
Bomba hidráulica	7,44E-04	1
Total dos fluxos de entrada	1,88E+04 e 7,44E-04 (kWh)	1

Fluxo de Saída	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
<i>Recursos materiais renováveis</i>		
Água	1,61E+01	1
Total dos fluxos de saída	1,61E+01	1

Como a informação sobre a capacidade de retenção de nutrientes e defensivos do subsolo não foi capaz de ser obtida diretamente da literatura e nem por parte de fornecedores, estimou-se que sua capacidade seja proporcional a capacidade de retenção de água. A porcentagem utilizada foi a mesma obtida pela média da AFD e AT, apresentando um valor de 7,15% de capacidade de retenção.

Os adubos e defensivos são fornecidos por empresas da própria cidade (Atibaia), com a frequência trimestral de fornecimento. Foram estimados cerca de 14km (ida e volta) em um percurso. O impacto pela emissão de gases atmosféricos nesse processo pode ser baixo, mas pode ser de interesse para o resultado, no somatório da emissão de gases no ciclo de vida inteiro.

O sistema de adubação utiliza a mesma bomba hidráulica que a irrigação, podendo chegar à estimativa de 52 horas da utilização de energia elétrica.

Processo 2b: Adubação

Fluxo de Entrada	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
<i>Recursos materiais renováveis</i>		
Água	2,17E+04	1
<i>Recursos materiais não renováveis</i>		
<i>Adubos</i>		
Potássio (K ₂ O)	8,67E+01	1
Fósforo (P ₂ O ₅)	6,50E+01	1
Nitrogênio (N)	2,17E+01	1
Cálcio (Ca)	2,17E+01	1
Enxofre (S)	1,08E+01	1
Magnésio (Mg)	1,08E+01	1
<i>Defensivo</i>		
Abamectina	1,20E-06	1
Casugamucina	1,33E-06	1
Monoetilenoglicol	3,33E-06	1
<i>Recursos energéticos (kWh/unidade de vaso)</i>		
Bomba hidráulica	5,72E-04	1
Total dos fluxos de entrada	2,20E+04 e 5,72E-04 (kWh)	1

Fluxo de Saída	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
<i>Recursos materiais renováveis</i>		

Água	1,86E+04	1
<i>Emissão Atmosférica</i>		
<i>Diesel de fornecedores</i>		
CO	2,14E-05	2
NO _x	1,28E-04	2
NMHC	2,49E-06	2
CH ₄	4,67E-06	2
MP	1,24E-06	2
<i>Resíduos Sólidos</i>		
<i>Adbos</i>		
Potássio (K ₂ O)	7,43E+01	3
Fósforo (P ₂ O ₅)	5,57E+01	3
Nitrogênio (N)	1,34E+04	3
Cálcio (Ca)	1,86E+01	3
Enxofre (S)	9,28E+00	3
Magnésio (Mg)	9,28E+00	3
<i>Defensivo</i>		
Abamectina	1,03E-06	3
Casugamucina	1,14E-06	3
Monoetilenoglicol	2,86E-06	3
Total dos fluxos de saída	1,88E+04	

No processo 2c: aquecimento, a queima da lenha pode gerar até 9.000 kcal/m³ como dito no sistema de produto. A saída de energia em KWh pode ser transformada ainda com os fatores de conversão na ordem de 1kcal – 0,00116222 kWh, obtendo-se a saída de energia nesse processo.

Em relação aos dados de emissão de gases liberados pela caldeira, gerados pela queima de lenha, foram obtidos pela CETESB, 2009 e adaptados na Tabela 6.

Tabela 6. Lista e valor de gases emitidos na queima de lenha na caldeira

Gás emitido	Fator de emissão	Unidade
CO ₂	1,44741	ton CO ₂ / ton
NO _x	0,428	kg/m ³
MP	2,51	kg/m ³
SO _x	0,021	kg/m ³
HC	0,063	kg/m ³

Adaptado de. CETESB, 2009

Ainda que estudos demonstrem a saída de CO₂ emitido na queima da lenha, segundo PROTOCOL, (2014), ele é definido como carbono biogênico, um carbono que não apresenta grandes impactos negativos, uma vez que provém de fontes renováveis. O CO₂ biogênico é gerado através de um ciclo biológico (e não um ciclo geológico, como no caso do CO₂ de origem fóssil).

Durante a fotossíntese da planta de eucalipto por exemplo, ocorre o armazenamento de carbono no tecido vegetal, estoque de carbono no solo e adubação verde, reduzindo temporariamente a concentração de CO₂ na atmosfera. Assim, para o estudo de ACV, a quantia emitida não é apresentada como aspecto para categorias de impacto ambiental como o aquecimento global, uma vez que a lenha é um material renovável.

Para fins de emissão de gases pela queima de diesel do fornecimento da lenha, que ocorre mês a mês, temos que os gases são relativos à distância de 52km, da cidade de Jarinú. Os dados dos gases referentes às emissões encontram-se na tabela 6.

Processo 2c: Aquecimento

Fluxo de Entrada	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
------------------	--	-------

Recursos materiais renováveis

Lenha (Eucalipto)	4,90E+03	1
Total dos fluxos de entrada	4,90E+03	1

Fluxo de Saída	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
----------------	--	-------

Emissão Atmosférica

Diesel de fornecedores

CO	2,38E-04	2
NO _x	1,43E-03	2
NMHC	2,77E-05	2
CH ₄	5,20E-05	2
MP	1,39E-05	2

Gases emitidos na queima de lenha

NO _x	5,11E-06	4
MP	3,00E-05	4
SO _x	2,51E-07	4
HC	7,53E-07	4

Resíduos Sólidos

Cinzas	7,22E+00	1
Total dos fluxos de saída	7,22E+00	1

Para o processo 2d, os compressores e ventiladores, apresentados no sistema do produto, operam cerca de 12 horas por dia, durante aproximadamente 8 meses, em que as temperaturas

são mais elevadas, resultando em 2880h de funcionamento dos equipamentos no ciclo inteiro de vida das plantas.

Os compressores possuem tensão de 230V, com amperagem de 30A, enquanto os ventiladores possuem 220V e 10,92A. O inventário foi calculado para 16 compressores e 8 sistemas de ventiladores.

Para o sistema de resfriamento convencional, apenas com ventiladores rotineiros, estimou-se uma média de funcionamento de 11470 horas ao longo do ano (levando em conta os períodos mais quentes e os mais chuvosos/frios), com as características de 220V e 10,92A.

Processo 2d: Resfriamento

Fluxo de Entrada	Unidade Funcional (kWh/ unidade de vasso)	Fonte
<i>Energia</i>		
Compressores	4,42E+00	1
Ventiladores do compressor	7,67E-02	1
Ventilador rotineiro	1,17E-01	1
Total dos fluxos de entrada	4,61E+00	1

Para o processo 3, temos que o peso da haste galvanizada revestida com plástico é de 55,55g. Da mesma forma que nos outros processos, podemos estimar a quantidade de emissão de gases provinda dos caminhões do fornecedor. O fornecimento ocorre aproximadamente cinco vezes ao ano e a distância percorrida é de 220km (ida e volta), da cidade de Itapetininga.

O peso do fecho de arame foi obtido por uma estimativa, visto que seu peso não pode ser obtido pelo fornecedor. A caixa de fechos de arame possui aproximadamente 25kg, e com a chegada de 5 caixas ao longo do ano, temos uma estimativa de 0,057g por unidade, de acordo com a utilização de 3 fechos por orquídea.

Processo 3: Sustentação

Fluxo de Entrada	Unidade Funcional (g/ unidade de vaso)	Fonte
<i>Recursos materiais não renováveis</i>		
<i>Sustentação</i>		
Haste galvanizada	5,56E+01	1
Fecho de arame	5,70E-02	1
Total dos fluxos de entrada	5,56E+01	
<i>Fluxo de Saída</i>		
<i>Emissão Atmosférica</i>		
<i>Diesel de fornecedores</i>		
CO	8,40E-04	2

NO _x	5,03E-03	2
NMHC	9,78E-05	2
CH ₄	1,83E-04	2
MP	4,89E-05	2
Total dos fluxos de saída	6,20E-03	1

6.2.3 Avaliação de impactos

Como dito na metodologia, após análise do inventário, realizou-se um apêndice (Apêndice B) com os fatores de caracterização para cada categoria de impacto e com base nessas informações, foram criados gráficos para análise.

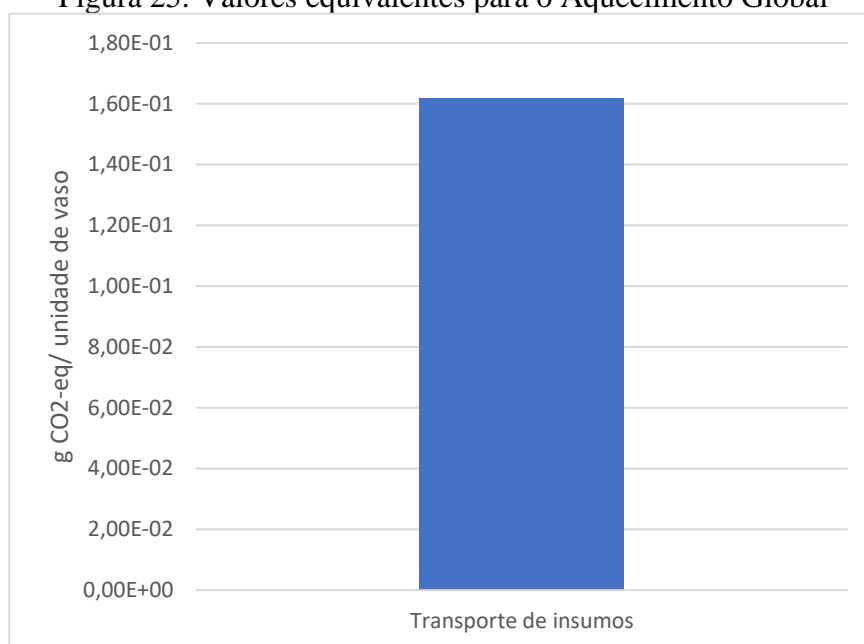
Para melhor entendimento, separou-se os gases emitidos na queima de combustível dos caminhões de fornecedores, criando outro processo “Transporte de Insumos”, como dito anteriormente. Dessa forma, abrangeu-se todas as saídas de gases de efeito estufa separados do processo de produção das orquídeas.

Para a categoria de impacto “Aquecimento Global”, os fatores de caracterização dos gases emitidos (metano, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e dióxido de carbono) foram aplicados para conversão em gramas de CO₂ equivalente.

De acordo com as saídas do inventário, todos os gases causadores de efeito estufa emitidos são provindos da queima do diesel no transporte de insumos de fornecedores, onde somente o Procedimento 2c: Aquecimento apresenta CO₂ na saída da emissão de gases da lenha (Figura 25).

Ressalta-se ainda que o CO₂ emitido pela queima da lenha não é contabilizada no estudo como forma de impacto ambiental, uma vez que é emitido na forma de CO₂ biogênico. Assim, a saída total de gases de efeito estufa, apresentados em gramas de CO₂ equivalente resultaram num somatório de 1,62E-01 g de CO₂ eq/ unidade de vaso.

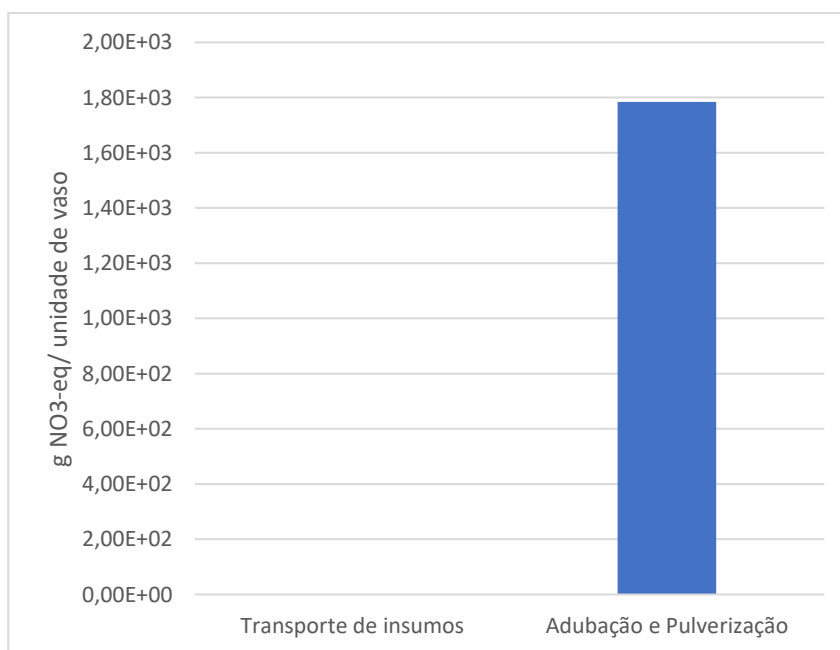
Figura 25. Valores equivalentes para o Aquecimento Global



Fonte. Autoria própria

A categoria de impacto “Eutrofização” obteve fatores de impacto no procedimento 2b: Adubação e Pulverização com os insumos: nitrogênio (N) e fósforo (P_2O_5). Como apresentado na Figura 26, os contribuintes obtiveram fatores de caracterização com conversão em gramas de NO_3 equivalente. Já para o transporte de insumos, o fator de caracterização foi baseado somente na conversão do gás NO_x .

Figura 26. Valores equivalentes para a Eutrofização

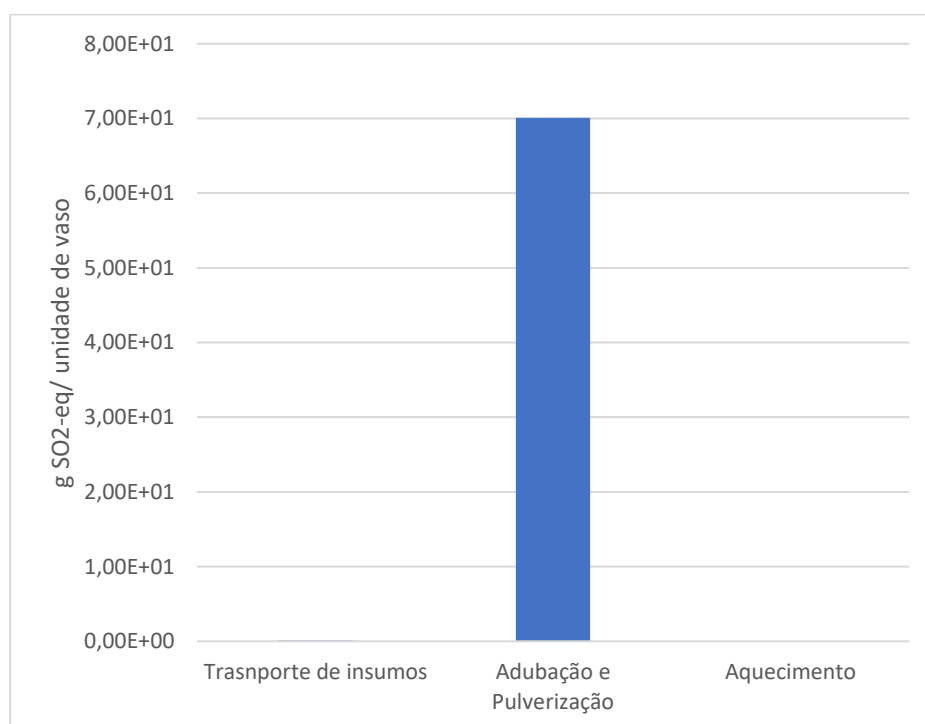


Fonte. Autoria própria

Para a categoria de impacto “Acidificação”, os fatores de caracterização dos componentes (P_2O_5 , N e S) foram aplicados para a conversão de gramas de SO_2 equivalente, como apresentado na Figura 27 no processo de adubação e pulverização. Em relação ao procedimento 2e: aquecimento, gases contribuintes foram somente os de SO_x , e para o transporte de insumos, o fator de caracterização foi baseado somente na conversão do gás NO_x .

Assim, do mesmo modo que para a categoria de impacto “Eutrofização”, o procedimento 2b: Adubação de Pulverização obteve maior participação com os fatores de caracterização e no impacto.

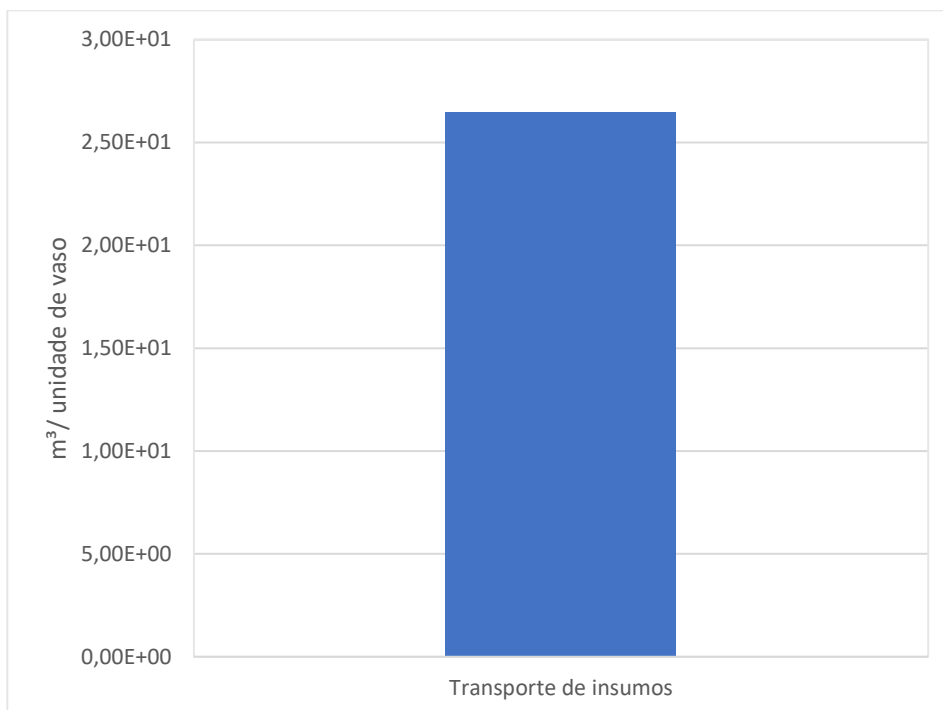
Figura 27. Valores equivalentes para a Acidificação



Fonte. Autoria própria

Para a categoria de impacto “Toxicidade Humana (ar)” os fatores de caracterização se deram pela conversão de materiais particulados (MP_{10}) na queima do diesel de fornecedores, com o equivalente a contaminação de $2,64E+01 \text{ m}^3$ de volume por grama de substância emitida. (Figura 28)

Figura 28. Valores equivalentes para a Toxicidade Humana



Fonte. Autoria própria

Mesmo com a ausência dos componentes dos agrotóxicos (Abamex e Kasumin) no banco de dados do EDIP (1997), eles são classificados como moderadamente tóxicos e extremamente tóxicos pela indústria brasileira, em suas respectivas embalagens. Assim, pode-se realizar uma análise a parte deles.

A Política Nacional do Resíduos Sólidos (PNRS) também não classifica o efeito dos agrotóxicos diretamente, onde somente as embalagens vazias são classificadas como Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris II (Inorgânicos), que são complementadas pelas leis 7.802/1989 e 9.974/2000.

“Através do decreto-lei no 4.074/2002, ocorreu a regulamentação das Leis no 7.802/1989 e 9.974/2000, dividindo a responsabilidade sobre a destinação ambientalmente adequada das embalagens a todos os segmentos envolvidos diretamente com os agrotóxicos: fabricantes, revendas (canais de comercialização), agricultores (usuários) e poder público (fiscalizador). A partir dessa regulamentação, foi criado em 2002 o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV), entidade que representa as indústrias fabricantes de produtos fitossanitários.”

Pela Lei no 7.802, regulamentada pelo Decreto no 4.074, de 4 de janeiro de 2002, o termo agrotóxico e afins é definido como:

“Produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso no setor de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.”

De acordo com o Ministério da Agricultura, deve-se atentar ao intervalo de segurança para a próxima aplicação do produto, uma vez que a desobediência desse intervalo pode acarretar a contaminação do solo, toxicidade humana e multa ao estabelecimento. Dessa forma, o manejo correto do agrotóxico está de acordo com as legislações acordadas com a empresa fabricante e seu rótulo do produto, o ministério da agricultura e o usuário.

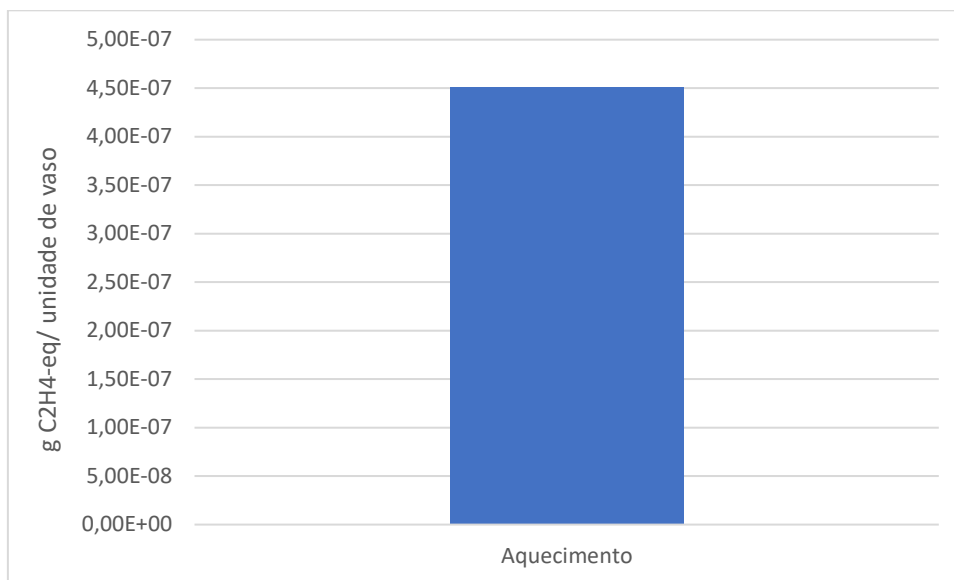
Assim, há uma classificação dos agrotóxicos quanto ao grau para a toxicidade caso ocorra a desobediência do uso de EPIs e em quantidades maiores do que as recomendadas:

- a) Classe I - extremamente tóxica (faixa vermelha).
- b) Classe II - altamente tóxica (faixa amarela).
- c) Classe III - medianamente tóxica (faixa azul).
- d) Classe IV - pouco tóxica (faixa verde).

Da mesma forma que a toxicidade não aborda os agrotóxicos, a categoria de impacto “Ecotoxicidade” não pode ser avaliada, uma vez que não apresenta saídas de inventário correspondentes com o banco de dados do EDIP.

Para a categoria de impacto “Formação fotoquímica de ozônio”, somente o processo 2e: aquecimento teve fatores de contribuição, dados pela emissão de hidrocarbonetos na queima da lenha na caldeira. Utilizou-se o fator de correção de 0,6, enquadrado na categoria de emissão de C_2H_{4-eq} para queima de lenha e cavaco do EDIP (1997). Assim, foi obtido o valor de $4,52E-07$ g de C_2H_{4-eq} para cada unidade de vaso. (Figura 29)

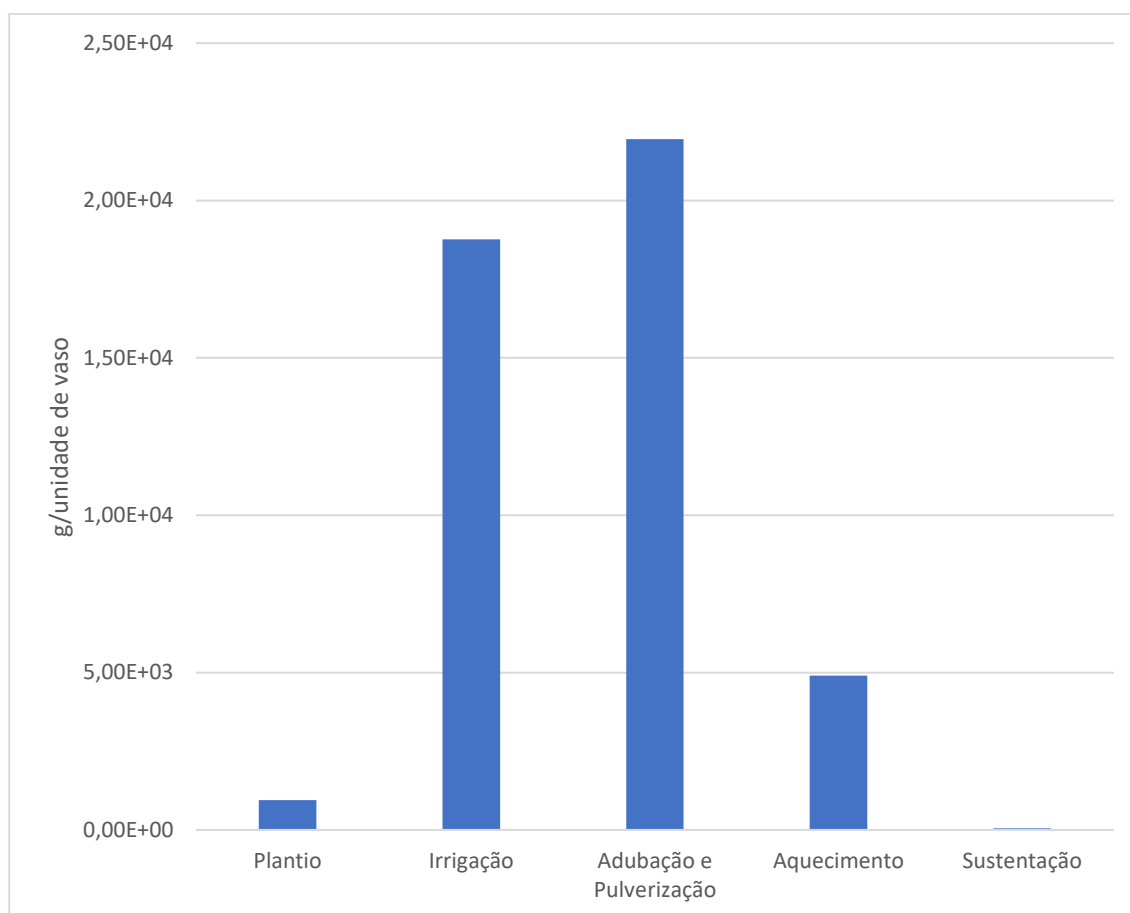
Figura 29. Valores equivalentes para a Formação Fotoquímica do Ozônio



Fonte. Autoria própria

Para a categoria de impacto “Consumo de Recursos Materiais”, pode se observar pela Figura 30 que os processos 2a: Irrigação e 2b: Adubação e Pulverização possuem o maior valor em gramas de unidade de vaso, sendo a água como fator predominante, uma vez que ambos requerem água. O plantio e a sustentação se dão como os menores valores, uma vez que em gramas apresentam um valor baixo, em comparação com o uso de água.

Figura 30. Resultado dos fatores de caracterização para o Consumo de Recursos Materiais

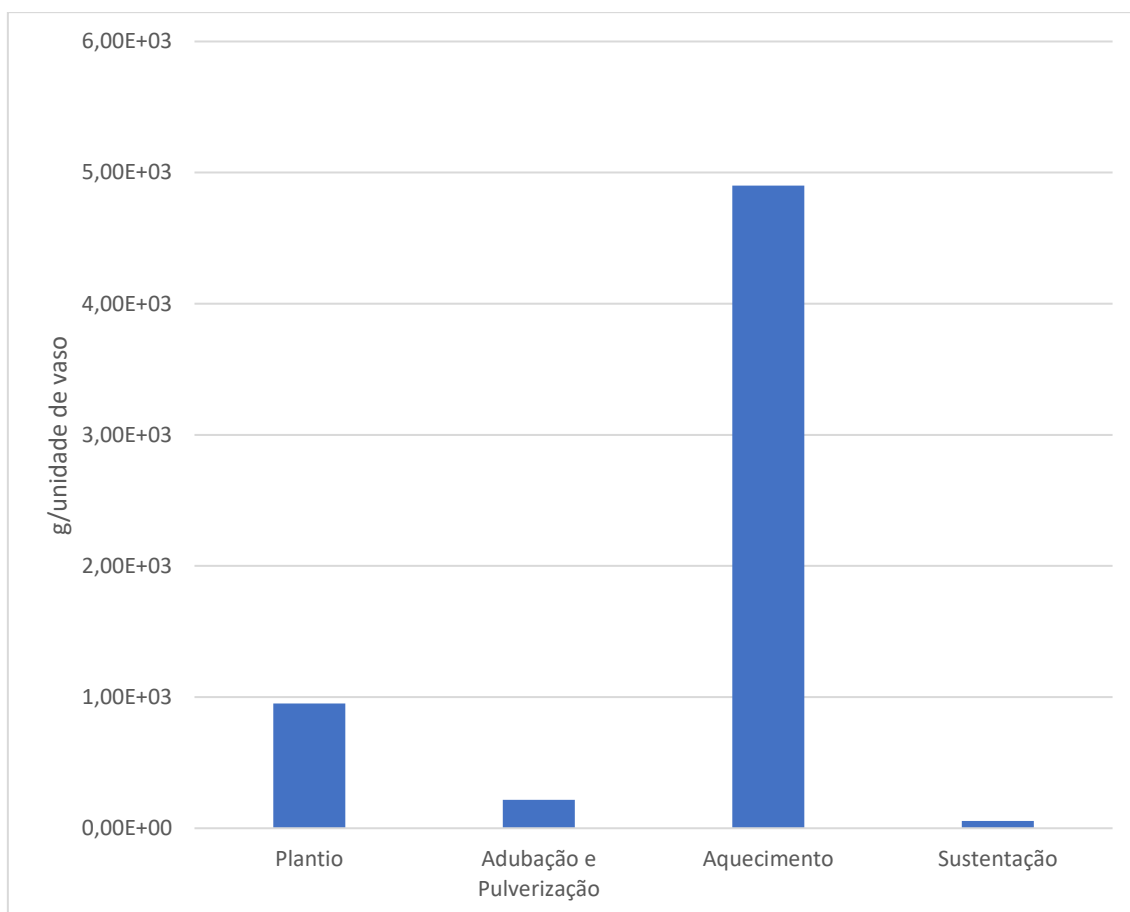


Fonte. Autoria própria

Uma vez que a água é um insumo cíclico, podemos analisar a Figura 31, onde a água é desconsiderada do estudo dessa categoria de impacto. Dessa forma, observa-se que o Aquecimento é o procedimento de maior relevância.

Pode-se afirmar que a quantidade de lenha utilizada na geração de calor é o principal fator impactante, sendo relevante para essa categoria e para o estudo, uma vez que consome recursos naturais (eucalipto) para a geração de energia/calor emitindo gases atmosféricos e resíduos sólidos (cinzas).

Figura 31. Resultado dos fatores de caracterização para o Consumo de Recursos Materiais (Com exclusão da água)

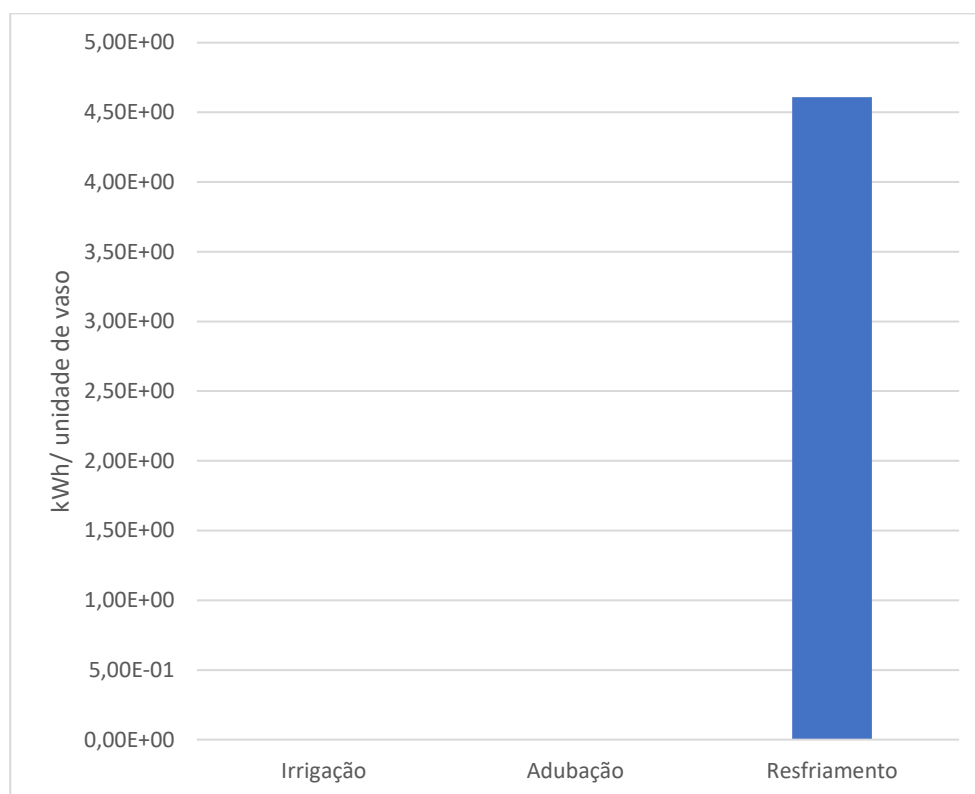


Fonte. Autoria própria

Para a categoria de impacto “Consumo de recursos energéticos”, temos o uso de energia por parte do bombeamento de água para a irrigação, adubação e para o sistema de resfriamento. É importante ressaltar que o resfriamento tem gasto de energia no processo de indução da planta e na ventilação rotineira das estufas, sendo um somatório de energias de maquinários do compressor (compressor e ventilador) e de ventiladores.

A Figura 31 apresenta a diferença da demanda de energia para atividades rotineiras (irrigação e adubação), porém com uma baixa intensidade de energia, se comparada a sistemas de refrigeração.

Figura 32. Resultado dos fatores de caracterização para o Consumo de Recursos Energéticos



Fonte. Autoria própria.

6.2.4 Interpretação

Com a relação da análise do inventário e análise de impactos foi possível identificar a presença de processos mais relevantes para uma verificação mais abrangente de cada um. É importante ressaltar que os processos elementares não foram incluídos na análise do inventário e análise de impactos, uma vez que o fornecimento de insumos era alto. Desse mesmo modo, não foi possível analisar o sequestro de carbono que alguns insumos como a produção de mudas ou produção de eucalipto das lenhas possam ter realizado na fase de vida de insumos da orquídea.

Aquecimento Global

Para a categoria de impacto ambiental “Aquecimento Global” foi possível identificar o processo de transporte de insumos como o mais significante, uma vez que a empresa possui grande número de fornecedores, e consequentemente maior a emissão de gases de efeito estufa.

Ressalta-se nessa categoria de impacto a falta de dados na abordagem da saída de inventário, onde somente o transporte de insumos e o processo de aquecimento apresentaram

valores (CO₂ emitido pela queima da lenha, mesmo que não contabilizado na ACV por ser considerado um carbono biogênico).

Toxicidade Humana

Pode-se atribuir à Toxicidade Humana quase integralmente ao processo de transporte de insumos, uma vez que os principais fatores de contribuição dessa categoria de impacto se deram pela emissão de materiais particulados.

É importante destacar também que dentro dessa categoria, os processos de Adubação e Pulverização são de grande relevância, uma vez que os agrotóxicos possuem riscos tanto aos operadores como ao meio ambiente. Entretanto, essas medidas não são esclarecidas na legislação do Ministério da Agricultura e não estão presentes no banco de dados do EDIP (1997), ficando mais a critério da análise de resíduos sólidos do que à toxicidade humana.

Eutrofização

Na eutrofização, pode-se atribuir ao processo de adubação como o processo mais relevante da análise, no qual o principal insumo impactante provém principalmente do fósforo. Ainda que pequena parte do adubo sólido seja dissolvido em grande volume de água, os componentes são fatores de contribuição que podem aumentar a dimensão desse impacto.

Ainda que o NO_x emitido na combustão dos caminhões de diesel não esteja na mesma solução que a água de adubação, também foi um fator contribuinte para análise desse impacto.

Acidificação

A acidificação se dá pelo mesmo mecanismo da eutrofização (destaque ao processo de adubação), uma vez que o fósforo, nitrogênio e enxofre podem reagir com outros elementos e tornar a solução efluente com pH mais ácido. Ainda que o NO_x emitido na combustão dos caminhões de diesel não esteja na mesma solução que a água de adubação, também foi um fator contribuinte para análise desse impacto.

Consumo de Recursos Materiais

Nessa categoria de impacto, ao analisar a Figura 6.15: Consumo de Recursos Materiais (Com exclusão da água), observa-se que o Aquecimento é o principal processo de impacto, uma vez que demanda uma grande parcela de volume de lenha na demanda da produção das orquídeas.

É interessante notar que apesar do alto volume utilizado e da emissão de gases específicos das composições da lenha, ela atua na economia de energia elétrica para o aquecimento da estufa nessa troca de biomassa e produz um resíduo sólido (cinza) reutilizável.

Consumo de Recursos Energéticos

Conforme mencionado no estudo, o processo 2d: resfriamento obteve os fatores de maior relevância para essa categoria de impacto. O processo de irrigação e adubação também demandam energia, mas com valores relativamente menores.

Assim, de acordo com as especificações das máquinas, obteve-se um valor total de $1,56E-03$ kW/ unidade de vaso no processo de resfriamento. Convertendo-se com o tempo de funcionamento dos maquinários, durante o ano inteiro (ou ciclo), é responsável por aproximadamente $3,73E+05$ kWh de energia no processo de resfriamento.

Formação Fotoquímica de Ozônio

Para essa categoria de impacto, o único fator contribuinte apresentado foi dado pela emissão de hidrocarbonetos na queima da lenha, com o valor total de $2,64E+01$ m³ de volume por grama de substância emitida, como dito anteriormente.

Resíduos Sólidos

Além das cinzas geradas pela queima da lenha, alguns resíduos sólidos classificados como perigosos são as embalagens vazias de agrotóxicos antibactericida e antiacaricida, mencionados na fase de avaliação de impactos. Para um descarte correto, a empresa retém as embalagens vazias e durante uma nova entrega, realizam a devolução para a empresa fornecedora, cabendo a eles a incineração ou descarte correto, de acordo com o Ministério da Agricultura

Por fim, durante o processo de produção da orquídea ainda existem resíduos diversos que não foram contabilizados no estudo, uma vez que são sacos onde o substrato é armazenado, pallets de mudas que são produtos vendidos ou doados para sucateiros locais ou mesmo reutilizados pela própria empresa.

7. RECOMENDAÇÕES

As recomendações do trabalho se dividiram entre sugestões para alguns impactos da empresa, que foram possíveis identificar ao longo do estudo da ACV do produto, assim como melhorias econômicas, e as sugestões para trabalhos futuros, identificando as principais dificuldades e enfoques para outros trabalhos.

7.1 Recomendações para a empresa

As recomendações para a empresa se basearam em soluções ambientais e econômicas para alguns processos como plantio, aquecimento e transporte de insumos. Para os demais, não foi possível realizar uma sugestão de melhoria, uma vez que dependem de peculiaridades da produção da orquídea *Phalaenopsis*.

A demanda específica de adubos, fertilizantes e irrigação variam de acordo com o aparecimento de pragas, com a sazonalidade e demais peculiaridades. Dessa forma, as melhorias ficam a critério de um estudo mais abrangente e frequente, com o auxílio de um engenheiro agrônomo, especializado no ramo.

Processo 1: Plantio

Durante o estudo de ACV de plantas ornamentais foi possível encontrar em algumas literaturas, sugestões para esse processo da produção de orquídea *Phalaenopsis*, onde as alterações dos insumos como substrato e vaso plástico podem agregar ambientalmente e economicamente.

Substituição de casca de pinus por sabugo de milho

O estudo de FIGUEIREDO; KOLB, (2013) apresenta como alternativa de substrato o sabugo de milho, uma vez que o desenvolvimento de *L. pulcherrima*, cujo cultivo tem o mesmo substrato utilizado no cultivo de orquídeas – casca de pinus, obteve benefícios com a adubação.

Assim, tendo em vista que o sabugo é um resíduo agrícola, disponível em grande quantidade e sem utilidade comercial (baixo custo), com boas características físico-químicas, sugere-se que seja uma alternativa para as orquídeas *Phalaenopsis* (FIGUEIREDO; KOLB, 2013).

Substituição do vaso de polipropileno transparente com vasos biodegradáveis

Segundo FALLA et al., (2020), uma opção de redução de impactos na ACV do produto se dá pelo uso de vasos biodegradáveis, uma vez que após o descarte, eles se convertem em biomassa e produto inorgânico. Porém, também destaca que esses vasos podem mostrar outra performance na produção dentro das estufas e possuem um preço mais elevado do que os vasos de plástico convencionais.

Dessa forma, deve-se realizar estudos de como a empresa pode se beneficiar desse processo, uma vez que pode adquirir melhoria em sua sustentabilidade, mas com dificuldades de manejo e custo.

Processo 2c: Aquecimento

O processo 2d: Aquecimento se mostrou como um processo impactante em relação ao consumo de recursos materiais, uma vez que demanda grande quantidade de insumo e além de produzir resíduos sólidos e gases atmosféricos, é um processo caro à empresa. Assim, recomendações em relação a caldeira e ao insumo foram analisadas.

Inspeção das caldeiras

Não foi possível realizar a especificação das caldeiras da empresa, porém, sabe-se que não possui equipamentos de controle de poluição dos gases emitidos pela queima da lenha. Sugere-se assim, após a inspeção e especificação, a implementação de chaminés com a presença de filtros que contenham parte dos gases, fuligens e materiais particulados.

Outra medida que pode ser analisada durante a inspeção é a vedação da caldeira, uma vez que caldeiras antigas e convencionais tendem a possuir falhas na vedação, contribuindo para entrada de ar sob as grelhas da fornalha. Essa entrada contribui para a perda de calor nos gases de combustão e consequentemente diminuição da eficiência na geração de vapor.

Por fim, uma vez que a caldeira é responsável pelo aquecimento da água, é importante lembrar que a qualidade da água de uma caldeira é fundamental para segurança e durabilidade dela. Incrustações causadas por sais de cálcio e magnésio nas paredes internas dos tubos de vaporização atuam como uma camada isolante, aumentando o consumo de combustível e enfraquecimento dos tubos (MOREIRA, 2012).

Substituição da lenha pelo cavaco como insumo

O processo de aquecimento das estufas gera uma grande demanda por recursos materiais como a lenha de eucalipto. Observa-se no estudo que a lenha também é responsável por uma grande quantidade de resíduos sólidos (cinzas). Assim, analisou-se alternativas para esse tipo de insumo e notou-se uma tendência na substituição do consumo de lenha pelo consumo de cavaco.

Isso ocorre porque segundo fatores técnicos, econômicos e ambientais, há ganhos na eficiência térmica desse material durante o processo de combustão nas caldeiras, assim como destinação energética de passivos ambientais da composição do cavaco, como os resíduos industriais (COPEL, 2011).

O consumo de resíduos florestais e madeireiros tem apresentado um aumento de 3,6% de 2008 para 2009, enquanto a lenha apresenta uma queda de 1,4%. Isso porque os resíduos e cavacos de madeira apresentam um poder calorífico superior ao da lenha quando comparados (COPEL, 2011).

Transporte de fornecedores de insumos

Por fim, outro processo de impacto é dado pelo transporte dos fornecedores de insumos como mudas, substrato, vasos de polipropileno, lenha e demais materiais, uma vez que o processo contribui em grande parte para os impactos como Aquecimento Global, Eutrofização, Acidificação e Toxicidade.

Tendo em vista que o fornecimento de diversos insumos ocorre em toda a época do ano, sugere-se que a empresa realize um estudo e planejamento prévio da quantidade de insumos que necessita para o plantio (quantidade certa de vasos, substrato, adubos etc.). Dessa forma, a empresa pode solicitar entregas menos frequentes.

Além da economia de diesel e diminuição na emissão de gases de efeito estufa, a empresa poderá adquirir um desconto por parte do fornecedor, na medida em que a programação seja feita para entregas com maior volume e menor frequência.

7.2 Recomendações para trabalhos futuros

Com a limitação do estudo de comportamento do substrato, não foi possível a realização da análise da emissão de NO_2 e CO_2 do solo, assim fica de recomendação para estudos futuros, uma vez que para cultivos de cana-de-açúcar e soja ele é fundamental.

Outra recomendação, já realizada por outros estudos de ACV é a análise de sequestro de carbono, uma vez que se trata de um produto de origem natural que absorve CO_2 ao longo do seu ciclo de vida. O escopo do estudo também pode ser expandido para analisar os processos elementares da produção das mudas e da lenha de eucalipto, visto que também colaboram com elementos vivos que absorvem CO_2 até o início do processo de produção.

Como apresentado na revisão bibliográfica de ACV na Itália e na Áustria, o escopo de estudo também pode abordar unidades funcionais comparativas de diversas tipologias de plantas, podendo medir e comparar os impactos em geral, seja por área ou por tipologias de plantas.

Dessa forma, pode-se utilizar também a unidade funcional de “dias de flores”, comparando-se o impacto das plantas de corte (um evento com duração de somente 8 horas) com uma planta envasada (decoração de uma sala por 60 dias) ou com plantas de jardinagem (que podem durar mais de um ano em um jardim de uma casa). Assim, poderia ser comparado eventos da vida da população no quesito desse produto, de acordo com outros escopos de estudo.

Como já mencionado no trabalho, não foi considerado no estudo o processo de análise da estrutura da estufa, uma vez que segundo LAZZERINI; LUCCHETTI; NICESE, (2016), essa estrutura apresenta um tempo de vida útil de mais de 20 anos. Como confirmado em entrevistas, a estrutura do local de cultivo da orquídea já existe há mais de 20 anos na empresa, onde até outros cultivos foram realizados anteriormente. Assim, confirma-se nesse estudo a exclusão dessa etapa dentro de um estudo de ACV para plantas à longo prazo.

8. CONCLUSÃO

De maneira geral, foi possível identificar grande parte do inventário de entrada e saída do processo de produção da orquídea *Phalaenopsis* com suas peculiaridades, seja na quantidade de água utilizada, na composição de adubos e agrotóxicos e quantidade de lenha utilizada para aquecimento das estufas.

As etapas críticas do ciclo de vida da orquídea *Phalaenopsis* se deram principalmente pela Adubação e Pulverização no quesito massa e Aquecimento e Transporte de Insumos no quesito relevância ambiental.

No processo do Aquecimento, existe a emissão de gases que influenciam nas categorias de impacto: acidificação, formação fotoquímica de ozônio e toxicidade humana. Existe também a geração de cinzas como resíduo sólidos e o próprio consumo de material da lenha de eucalipto (impactante no consumo de recursos materiais), sendo um processo que abrange diversos impactos. Em outras ACV, segundo FALLA et al., (2020) o processo de aquecimento também gera muito impacto devido a queima de biomassa.

No Transporte de Insumos, temos que o fornecimento de insumos gera uma grande movimentação de traslado, colaborando para uma alta taxa de emissão de gases de efeito estufa. O processo não colabora somente para o aquecimento global, como também para as categorias de impacto como toxicidade humana, acidificação e eutrofização.

Já a adubação e pulverização colaboram fortemente no percentual do impacto de eutrofização, em função da grande quantidade de P_2O_5 utilizada.

Dessa forma, com o estudo de caso foi possível gerar informações científicas e práticas para orientar estudos de ACV de produções de plantas ornamentais envasadas em geral. A partir das informações e elaboração do estudo, foi possível sugerir, por fim, algumas melhorias para a empresa mitigar os impactos ambientais, assim como recomendações para trabalhos futuros.



REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14040: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida, princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14044: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida, requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009b.

AZEVEDO, G.; TORTELLI, G.M.; VIEIRA, M.L. 2014. **Diferentes níveis de retenção de água em substratos comerciais para uso agrícola**. X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo Fatos e Mitos em Ciência do Solo Pelotas, RS - 15 a 17 de outubro de 2014.

BEAUDOIN, N.; SAAD, J.K.; VAN LAETHEM, C.; MACHET, J.M.; MAUCORPS, J.; MARY, B., 2005. Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France: effect of farming practices, soils and crop rotations. *Agric. Ecosyst. Environ.* 111, 292e310.

BRASIL, MMA. 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013–Ano-base 2012: Relatório final. **MMA, Brasília, DF, Brasil**, 2014.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 1989;

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 2002;

BRASIL. **Lei nº 9.974, de 06 de junho de 2000**. Altera a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências, 2000.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências**.

Brasília, DF: Senado Federal. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeias produtivas de flores e mel**. Brasília, DF: MAPA, 2007 (Série Agronegócios, v. 9).

BUENO, C.; MENDES, N.C.; OMETTO, A.R.; ROSSIGNOLO, J.A. Metodologias de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV): discussão comparativa em: CONGRESSO

BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, n. 3, 2012, Maringá. **Anais...** Maringá: ABCV, 2012. 6 p.

CERUTTI, A.K., BECCARO, G.L., BAGLIANI, M., DONNO, D., BOUNUS, G., 2013. Multifunctional ecological footprint analysis for assessing eco-efficiency: a case study of fruit production systems in northern Italy. *J. Clean. Prod.* 40, 108e117.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Inventário de emissões das fontes estacionárias do estado de São Paulo - Manual de Preenchimento. São Paulo: CETESB, 2009.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Balanço Energético do Paraná 2010 – Ano base 2009. Curitiba: COPEL, 2011.

DE LUCIA, B.; VECCHIETTI, L.; RINALDI, S.; RIVERA, C.M.; TRINCHERA, A.; REA, E. 2013. Effect of peat-reduced and peat-free substrates on rosemary growth. *J. Plant Nutr.* 36, 863e876.

EUROPEAN COMMISSION. **ILCD Handbook**: international reference life cycle data system: general guide for life cycle assessment. 1 ed. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2010.

FALLA, N. M. et al. Environmental Impact of Edible Flower Production: A Case Study. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 579, 2020.

FERMINO, M. H. Materiais Alternativos para uso como Substrato Hortícola. 1996. 81f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre

FIGUEIREDO, L.D; KOLB, R.M. 2013. Novo substrato para o cultivo de orquídeas: estudo do seu potencial de uso em plantas de *Laelia pulcherrima*. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 405-413, out./dez. 2013

FOELKEL, C. 2011 Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose Kraft de Eucalipto: Resíduos Minerais. **Eucalyptus Online Book. São Paulo**, v. 25, n. 5, 2011.

INGRAM, D.L. 2012. Life cycle assessment of a field-grown red maple tree to estimate its carbon footprint components. *Int. J. Life Cycle Assess.* 17, 453e462.

INGRAM, D.L. 2013. Life cycle assessment to study carbon footprint of system components for Colorado blue spruce field production and use. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 138, 3e11.

JUNQUEIRA, A. H; PEETZ, M. S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. V. 20, Nº.2, p. 115-120. 2014

KENDALL, A.; MCPHERSON, E.G. 2012. A life cycle greenhouse gas inventory of a tree production system. *Int. J. Life Cycle Assess.* 17, 444e452.

LAZZERINI, G.; LUCCHETTI, S.; NICESE, F.P. 2014. Analysis of greenhouse gas emissions

from ornamental plant production: a nursery level approach. Urban For. Urban Green 13, 517e525. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2014.02.004>>.

LAZZERINI, G.; LUCCHETTI, S.; NICESE, F.P. 2016. Green House Gases (GHG) emissions from the ornamental plant nursery industry: a Life Cycle Assessment (LCA) approach in a nursery district in central Italy. J. Clean. Prod 112 (Part 5), 4022e4030. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.065>>.

LUDWIG, F.; GUERRERO, A. C; FERNANDES, D.M (2014). Caracterização física e química de substratos formulados com casca de pinus e terra de subsolo. **Cultivando o Saber**. Volume 7 - n°2, p. 152 – 162, 2014

MENDES, N.C.; BUENO. C.; OMETTO, A. R. **Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos**. Prod., São Paulo, v. 26, n. 1, p. 160-175, mar. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132016000100160&lng=pt&nrm=iso>.

MITSUEDA, N. C. et al. ASPECTOS AMBIENTAIS DO AGRONEGÓCIO FLORES E PLANTAS ORNAMENTAIS. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.4, n.1, p. 9-20, jan./abr. 2011 - ISSN 1981-9951.

MOREIRA, LENICE C. O. Comparação entre os poluentes atmosféricos emitidos por uma caldeira flamotubular movida a gás natural e a óleo combustível BPF 2A. Interações (Campo Grande). 2012, vol.13, n.1, pp. 49-57. ISSN 1518- 7012.

MOTOS, J. R. **A produção de flores e plantas ornamentais no Brasil e no mundo**. [S. l.]: Flortec, 2000. (Apostila de Flores de Corte).

NEMECEK, T., DUBOIS, D., HUGUENIN-ELIE, O., GAILLARD, G., 2011a. Life cycle assessment of Swiss farming system: I. Integrated and organic farming. Agric. Syst. 104, 217e232.

NEMECEK, T., HUGUENIN-ELIE, O., DUBOIS, D., GAILLARD, G., SCHALLER, B., CHERVET, A., 2011b. Life cycle assessment of Swiss farming system: I. Extensive and intensive production. Agric. Syst. 104, 233e245.

OMETTO, A.R. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e emergia**. 2005. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PROTOCOL, G. H. G. Metodologia do GHG Protocol da Agricultura. **Greenhouse Gas Protocol**, p. 1-54, 2014

ROSSI, E. **Avaliação do Ciclo de Vida da brita para construção civil**. 2013. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – UFSCAR. São Carlos. 2013

RUSSO, G.; BUTTOL, P.; TARANTINI, M. **LCA. OF ROSES AND CYCLAMENS IN GREENHOUSE CULTIVATION**. International Symposium on High Technology for

Greenhouse System Management: Greensys. ISHS Acta Horticulturae 801. Italy. V1 – p. 359-366. 2007

SAHLE, A., POTTING, J., 2013. Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. Sci. Total Environ. 443, 163e172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.048>.

SOUSA, S.R. **Normalização de critérios ambientais aplicados à avaliação do ciclo de vida**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

STANGHELLINI, C.; KEMPKES, F.L.K.; KNIES, P., 2003. Enhancing environmental quality in agricultural systems. Acta Hortic. 609, 277e283.

STRANDDORF, H.K.; HOFFMANN, L.; SCHMIDT A. **LCA technical report: impact categories, normalization and weighting in LCA: update on selected EDIP97-data**. Dinamarca: Serietitel, 2003.

UGAYA, C., ALVARENGA, R., PAVAN, A. L. R., OMETTO, A. R., LIMA, E. G., OLIVEIRA, J. M., ... FIGUEIREDO, M. (2016). Critérios para recomendar modelos de caracterização de AICV no Brasil. In V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida (pp. 714-718).

VENCATO, A. et. al. Anuário brasileiro das flores 2006. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2006.

VIANA, M. M. **Inventário do Ciclo de Vida do Biodiesel Etílico do Óleo de Girassol**. 2008. 223 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo. 2008

WANDL, M.-T.; HABERL, H. Greenhouse gas emissions of small scale ornamental plant production in Austria—A case study. J. Clean. Prod. **2017**, 141, 1123–1133.

WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. **Environmental Assessment of Products**. Bonton/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publisehrs, 1997.v.1 e 2.

APÊNDICE A – Questionário: Inventário do Ciclo de Vida

Processo 1: Plantio

Insumos

Qual a quantidade de casca de pinus? _____

Qual a quantidade de vasos plásticos? _____

Qual a quantidade de mudas? _____

Consumo energético

Qual a frequência do fornecimento da casca de pinus? Existe estimativa de quilometragem do fornecedor? (diesel) _____

Qual a frequência do fornecimento dos vasos de plástico? Existe estimativa de quilometragem do fornecedor? (diesel) _____

Qual a frequência do fornecimento das mudas? Existe estimativa de quilometragem do fornecedor? (diesel) _____

Manutenção e disposição final

Ocorre saída de resíduos sólidos? _____

Processo 2a e 2b: Adubação e Pulverização

Insumos

Qual a quantidade do uso de água? _____

Existe o uso de adubos e ou defensivos? Se sim, quais e qual a composição de cada? Qual a quantidade utilizada?

Consumo energético

Qual a frequência do fornecimento dos adubos e defensivos? Existe estimativa de quilometragem do fornecedor? (diesel) _____

Continuação**Processo 2c: Aquecimento****Insumos**

Qual a composição da lenha? _____

Qual a quantidade do uso de lenha? _____

Consumo energético

Quantidade de energia gerada pela lenha? _____

Qual a frequência de fornecimento de lenha? Existe estimativa de quilometragem do fornecedor? (diesel) _____

Manutenção e disposição final

O que é feito com a cinzas da caldeira? _____

Como é feita a manutenção da caldeira? Uso de óleo/ lubrificante? Energia elétrica? _____

Processo 2d: Resfriamento**Consumo energético**

Como é a disposição dos compressores da câmara fria? Qual energia demandada (KWh) Tipo/ Potência/Modelo? _____

Manutenção e disposição final

Como é feita a manutenção da câmara? Uso de óleo/ lubrificante? Energia elétrica? _____

Processo 3: Sustentação

Qual a quantidade de arames e hastes de ferro utilizados? _____

Consumo energético

Qual a frequência do fornecimento dos arames e hastes de ferro? Existe estimativa de quilometragem do fornecedor? (diesel) _____

APÊNDICE B – CÁLCULOS PARA AICV¹

Categoria	Substância	Unidade funcional	Fator de caracterização	Caracterização	Unidade	Procedimento
Aquecimento Global	CH ₄	4,61E-03	2,30E+01	1,06E-01	g CO ₂ eq	Transporte (Plantio)
	CO	2,11E-02	2,00E+00	4,22E-02	g CO ₂ eq	Transporte (Plantio)
	C _x H _y	2,46E-03	3,00E+00	7,37E-03	g CO ₂ eq	Transporte (Plantio)
	CH ₄	4,67E-06	2,30E+01	1,07E-04	g CO ₂ eq	Transporte (Adubação e Pulverização)
	CO	2,14E-05	2,00E+00	4,28E-05	g CO ₂ eq	Transporte (Adubação e Pulverização)
	C _x H _y	2,49E-06	3,00E+00	7,47E-06	g CO ₂ eq	Transporte (Adubação e Pulverização)
	CH ₄	5,20E-05	2,30E+01	1,20E-03	g CO ₂ eq	Transporte (Aquecimento)
	CO	2,38E-04	2,00E+00	4,77E-04	g CO ₂ eq	Transporte (Aquecimento)
	C _x H _y	2,77E-05	3,00E+00	8,32E-05	g CO ₂ eq	Transporte (Aquecimento)
	CO ₂	1,73E-05	1,00E+00	1,73E-05	g CO ₂ eq	Aquecimento
	CH ₄	1,83E-04	2,30E+01	4,22E-03	g CO ₂ eq	Transporte (Sustentação)
	CO	8,40E-04	2,00E+00	1,68E-03	g CO ₂ eq	Transporte (Sustentação)
	C _x H _y	9,78E-05	3,00E+00	2,93E-04	g CO ₂ eq	Transporte (Sustentação)
Formação Fotoquímica de Ozônio	HC	7,53E-07	6,00E-01	4,52E-07	g C ₂ H ₄ eq	Aquecimento
Eutrofização	NO _x	1,26E-01	1,35E+00	6,79E-03	g NO ₃ eq	Transporte (Plantio)
	NO _x	1,28E-04	1,35E+00	1,73E-04	g NO ₃ eq	Transporte (Adubação e Pulverização)
	N	1,86E+01	4,33E+00	8,23E+01	g NO ₃ eq	Adubação e Pulverização

Continuação

Eutrofização	P2O5	5,57E+01	3,20E+01	1,78E+03	g NO3 eq	Adubação e Pulverização
	NOX	1,43E-03	1,35E+00	1,93E-03	g NO3 eq	Transporte (Aquecimento)
	NOX	5,03E-03	1,35E+00	6,79E-03	g NO3 eq	Transporte (Sustentação)
Acidificação	NOX	1,26E-01	7,00E-01	8,84E-02	g SO2 eq	Transporte (Plantio)
	NOX	1,28E-04	7,00E-01	8,96E-05	g SO2 eq	Transporte (Adubação e Pulverização)
	P2O5	5,57E+01	9,80E-01	5,46E+01	g SO2 eq	Adubação e Pulverização
	N	1,86E+01	5,10E-01	9,47E+00	g SO2 eq	Adubação e Pulverização
	S	9,28E+00	6,50E-01	6,03E+00	g SO2 eq	Adubação e Pulverização
	NOX	1,43E-03	7,00E-01	1,00E-03	g SO2 eq	Transporte (Aquecimento)
	SOX	2,51E-07	1,00E+00	2,26E-07	g SO2 eq	Aquecimento
	NOX	5,03E-03	7,00E-01	3,52E-03	g SO2 eq	Transporte (Sustentação)
Toxicidade Humana	MP	1,23E-03	2,00E+04	2,46E+01	m³	Transporte (Plantio)
	MP	1,24E-06	2,00E+04	2,49E-02	m³	Transporte (Adubação e Pulverização)
	MP	1,39E-05	2,00E+04	8,77E-01	m³	Transporte (Aquecimento)
	MP	4,89E-05	2,00E+04	9,78E-01	m³	Transporte (Sustentação)
Consumo de Recurso Material	Casca de pinus	3,52E+02	1,00E+00	3,52E+02	g	Plantio
	Polipropileno	5,00E+02	1,00E+00	5,00E+02	g	Plantio
	Mudas <i>Phalaenopsis</i>	1,00E+02	1,00E+00	1,00E+02	g	Plantio
	H2O	1,88E+04	1,00E+00	1,88E+04	g	Irrigação

Continuação

Consumo de Recurso Material	H2O	2,17E+04	1,00E+00	2,17E+04	g	Adubação e Pulverização
	K2O	8,67E+01	1,00E+00	8,67E+01	g	Adubação e Pulverização
	P2O5	6,50E+01	1,00E+00	6,50E+01	g	Adubação e Pulverização
	N	2,17E+01	1,00E+00	2,17E+01	g	Adubação e Pulverização
	Ca	2,17E+01	1,00E+00	2,17E+01	g	Adubação e Pulverização
	S	1,08E+01	1,00E+00	1,08E+01	g	Adubação e Pulverização
	Mg	1,08E+01	1,00E+00	1,08E+01	g	Adubação e Pulverização
	Casugamicina	1,33E-06	1,00E+00	1,33E-06	g	Adubação e Pulverização
	Monoetilenoglicol	3,33E-06	1,00E+00	3,33E-06	g	Adubação e Pulverização
	Abamectina	1,20E-06	1,00E+00	1,20E-06	g	Adubação e Pulverização
	Lenha	4,90E+03	1,00E+00	4,90E+03	g	Aquecimento
	Haste galvanizada	5,56E+01	1,00E+00	5,56E+01	g	Sustentação
	Fecho de arame	5,70E-02	1,00E+00	5,70E-02	g	Sustentação
Consumo de Recurso Energético	Bomba hidráulica	7,44E-04	1,00E+00	7,44E-04	kW	Irrigação
	Bomba hidráulica	5,72E-04	1,00E+00	5,72E-04	kW	Adubação
	Compressor e ventiladores	4,61E+00	1,00E+00	4,61E+00	kW	Resfriamento
Resíduos Sólidos	Bandejas de mudas	2,00E+00	1,00E+00	2,00E+00	g	Plantio
	Caixa de mudas	2,00E+00	1,00E+00	2,00E+00	g	Plantio
	Cinzas	7,22E+00	1,00E+00	7,22E+00	g	Aquecimento