



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
CIÊNCIA DE ALIMENTOS



Área de Concentração: Engenharia de Alimentos

PROPOSIÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE DERIVADOS DE UMBU:
UMA ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA

Autora: Ana Carolina de Jesus Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Fevereiro de 2020

ANA CAROLINA DE JESUS OLIVEIRA

**PROPOSIÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE DERIVADOS DE UMBU:
UMA ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues

**ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Fevereiro de 2020**

634.30 Oliveira, Ana Carolina de Jesus
4 Proposições tecnológicas na produção de derivados de umbu: uma
O45p abordagem do ciclo de vida. / Ana Carolina de Jesus Oliveira. - Itapetinga:
UESB, 2020.

81f.

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Luciano Brito Rodrigues.

1. Umbu - Avaliação do Ciclo de Vida. 2. Umbu - Produção. 3. Sistemas Agroindustriais. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Rodrigues, Luciano Brito. III. Título.

CDD(21): 634.304

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Umbu – Derivados - Produção
2. Produção de frutas
3. Regra de Categoria de Produto - RCP



Faculdade de Engenharia e Ciência de Alimentos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016



UESB



Governo do
Estado da Bahia

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: PROPOSIÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE DERIVADOS DE UMBU: UMA ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA.


Autor (a): ANA CAROLINA DE JESUS OLIVEIRA

Orientador (a): Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de *MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE ALIMENTOS*, pela Banca Examinadora.


Prof.^a Dr.^a Itana de Oliveira Lins
Membro Externo – Fac. Ilhéus


Prof.^a Dr.^a Renata Cristina Ferreira Bonomo
UESB


Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues
Orientador - UESB
Presidente da Banca

Itapetinga-BA, 17 de fevereiro de 2020.

*“Há muito tempo que eu saí de casa
Há muito tempo que eu caí na estrada
Há muito tempo que eu estou na vida
Foi assim que eu quis, e assim eu sou feliz
Principalmente por poder voltar
A todos os lugares onde já cheguei
Pois lá deixei um prato de comida
Um abraço amigo, um canto prá dormir e sonhar
E aprendi que se depende sempre
De tanta, muita, diferente gente
Toda pessoa sempre é as marcas
Das lições diárias de outras tantas pessoas
E é tão bonito quando a gente entende
Que a gente é tanta gente onde quer que a gente vá
E é tão bonito quando a gente sente
Que nunca está sozinho por mais que pense estar
É tão bonito quando a gente pisa firme
Nessas linhas que estão nas palmas de nossas mãos
É tão bonito quando a gente vai à vida
Nos caminhos onde bate, bem mais forte o coração
E aprendi ...”*

Caminhos do coração (Gonzaguinha)

A Deus e à minha família, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer que não caminhamos sozinhos, é reconhecer que temos ao nosso lado pessoas incríveis sem as quais não seríamos quem somos. Assim agradeço:

À Deus pelo dom da fé, por me fazer acreditar que tudo que acontece em minha vida é fruto da sua divina providência e por toda força e coragem que me destes nos momentos de dificuldade, ansiedade e insegurança.

Ao meus pais Edison e Sirlene, por todas as orações, pela confiança que sempre depositaram em mim e por me apoiarem em todas as minhas decisões.

As minhas irmãs, Gleissa e Cau, por todo apoio e incentivo. Obrigada pelos presentes que vocês me deram, meus sobrinhos, que me fizeram ver que a vida tem emoções mais nobres do que a alegria de publicar um trabalho ou conquistar títulos acadêmicos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, pela oportunidade.

Ao professor Luciano, pela orientação, compreensão, paciência e pelas valiosas contribuições ao longo desses dois anos de mestrado.

À CAPES pelo auxílio financeiro ao longo de todo o meu mestrado.

A Renata e Itana, por terem aceitado o convite de participar da banca de qualificação e defesa, contribuindo com o enriquecimento do trabalho por meio de sugestões e críticas construtivas.

Aos produtores de umbu e aos funcionários da Coopercuc por todas as informações repassadas, além do carinho e atenção que tiveram comigo durante a coleta dos dados.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Materiais e Meio Ambiente (GEM²A) que me acolheram tão bem desde o meu primeiro momento no laboratório. Bia, Lorena, Ízis, Jéssyka, Léo, Juan, e Fernanda, obrigada pela excelente convivência, amizade, incentivo e apoio nos momentos difíceis. Levarei um pouquinho de cada um comigo no coração.

À Francielle, pela amizade e companheirismo. Obrigada pela torcida de sempre!

À Priscilla, um presente que o mestrado me deu. Obrigada por todos os momentos incríveis que passamos juntas. Os dias se tornaram mais leves com você ao meu lado.

As minhas companheiras de república, Yara, Carol e Ionara, pela convivência prazerosa. Um agradecimento especial a Yarinha pelo carinho, amizade e ajuda. Obrigada por tudo.

Aos funcionários da UESB, em especial a Jamille e Virgínia.

Enfim, à todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE APÊNDICES	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Aspectos Gerais do Umbuzeiro	5
3.2 Cultivo e processamento de umbu	6
3.3 Avaliação do Ciclo de Vida e outras aplicações relacionadas.....	10
3.4 ACV de frutas: principais conclusões selecionadas.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Caracterização do objeto de estudo.....	19
4.1.1 Descrição dos sistemas	20
4.2. Avaliação do Ciclo de Vida.....	23
4.2.1. Definição de objetivo e escopo	24
4.2.1.1. Objetivo do estudo.....	24
4.2.1.2. Escopo do estudo.....	24
4.2.2. Análise de Inventário.....	27
4.2.2.1. Processos Upstream (berço ao portão)	27
4.2.2.2. Estimativas de emissões	28
4.2.2.3. Processos Core (portão ao portão)	29
4.2.3. Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV)	32
4.2.4. Procedimentos de interpretação	34
4.2.5. Análises de sensibilidade	35
4.2.5.1. Comparação entre diferentes combustíveis para a geração de energia térmica	35
4.2.5.2. Cenário de produção de bioenergia	36
4.2.5.3. Formulação alternativa para a geleia de umbu.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida (AICV).....	37
5.1.1 Doce.....	37
5.1.2 Geleia.....	40

5.2	Análises de Sensibilidade	43
5.2.1.	Comparação entre diferentes combustíveis para a geração de energia térmica	43
5.2.2.	Cenário integrado de produção de bioenergia	44
5.2.3.	Comparação entre a geleia convencional e uma nova formulação	46
6.	CONCLUSÕES	49
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
8.	APÊNDICES	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem de um umbuzeiro com mais de 100 anos.....	5
Figura 2. Principais estados produtores de umbu em 2017.....	6
Figura 3. Publicações obtidas da base de dados Scopus para a palavra-chave “LCA and fruits”, no período 2010 - 2020.	14
Figura 4. Mapa de localização dos pontos de coleta selecionados para o estudo.....	19
Figura 5. Enxertia de umbuzeiro por garfagem no topo em fenda cheia.	20
Figura 6. Fluxograma simplificado das etapas da ACV.	24
Figura 7. Processos considerados no estudo de ACV de acordo com as especificações da RCP.	25
Figura 8. Fluxograma das fronteiras do ciclo de vida dos produtos: doce e geleia de umbu.....	26
Figura 9. - Análise de contribuição dos impactos da produção de 1kg de doce de umbu por categoria de impacto ambiental.	38
Figura 10. Impactos ambientais da produção de 0,328 kg de geleia de umbu.	41
Figura 11. Comparação entre diferentes possibilidades (cenários) de combustíveis utilizados em caldeiras para produção de energia térmica.	43
Figura 12. Caracterização comparativa entre o cenário convencional e o integrado (produção de bioenergia)	45
Figura 13. Comparação entre duas formulações de geleia.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos estudos de ACV selecionados para análise.	14
Tabela 2 – Inventário da produção de 1 kg de doce de umbu (produto principal).	31
Tabela 3 – Especificações da caldeira em função do tipo de combustível.	35
Tabela 4 – Descrição dos processos selecionados para a comparação ambiental de diferentes combustíveis.	35
Tabela 5 – Resultados da caracterização dos processos de produção de 1 kg de doce de umbu por categoria de impacto ambiental.	37
Tabela 6 – Resultados da caracterização dos processos de produção de 0,323 kg de geleia de umbu por categoria de impacto ambiental.	40

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1. Formulário para a coleta dos dados da fase agrícola.	58
Apêndice 2. Folhas de coleta de dados para construção do inventário do ciclo de vida da fase de processamento de umbu.	60
Apêndice 3. Inventário do ciclo de vida de 1kg de doce de umbu.	62
Apêndice 4. Inventário do ciclo de vida do açúcar cristal orgânico.	64
Apêndice 5. Inventário do ciclo de vida do suco de maçã concentrado orgânico.	67

RESUMO

OLIVEIRA, A. C. J. Proposições tecnológicas na produção de derivados de umbu: uma abordagem do Ciclo de Vida. **Itapetinga-BA: UESB, 2020. 81p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Engenharia de Alimentos).***

No Brasil, a região Nordeste vem se destacando como um dos principais produtores de frutas tropicais, devido as condições favoráveis de clima, solo e disponibilidade de área. Dado o grau de perecibilidade de algumas frutas que mantêm seus processos metabólicos ativos após a colheita, a maior parte é destinada ao processamento, resultando em produtos de maior valor agregado e vida de prateleira prolongada. No entanto, as atividades de processamento de frutas são também responsáveis por uma parcela dos impactos ambientais negativos, razão pela qual a aplicação de métodos ambientais neste setor tem crescido nos últimos anos. Assim, o objetivo deste estudo foi propor alternativas tecnológicas para a melhoria do desempenho ambiental de produtos à base de umbu. Este estudo baseou-se no método da Avaliação do Ciclo de Vida sistematizado pelas normas NBR ISO 14040:2009 e NBR ISO 14044:2009 em consonância com as especificações da Regra de Categoria de Produto (RCP) – CPC 21494, dos produtos: “doces, geleias, marmeladas, purê de frutas ou nozes e pasta de frutas ou nozes”. Considerou-se os processos do berço ao portão (*upstream*) e do portão ao portão (*core*), que consistem nas atividades agrícolas até as operações de produção na fábrica. Os dados para elaboração do inventário de ciclo de vida foram obtidos por meio entrevistas, acompanhamento do processo, registros documentais da fábrica, literatura e consultas na base de dados Ecoinvent. Na fase de avaliação de impactos, adotou-se o método ReCiPe 2016, Midpoint (H), sendo selecionadas as categorias recomendadas pela RCP e as avaliadas como relevantes para o estudo. Os cálculos dos impactos foram realizados com o auxílio do software SimaPro® versão 8.5.2. Em relação a produção do doce de umbu, verificou-se que as maiores contribuições dos impactos foram para a produção de energia térmica (subsistema caldeira) nas categorias Uso da Terra, Eutrofização de Água Doce e Acidificação Terrestre; seguido da produção de açúcar na fase de processamento, resultando em cerca de 60% dos impactos para a categoria Aquecimento Global, 44,4% a Formação de Ozônio Fotoquímico e 32,9% para a Acidificação Terrestre. O subsistema cultivo resultou em emissões significativas para a categoria Escassez de Recursos Minerais (58,8%) e Consumo de Água (54,3%), principalmente pelo consumo de fertilizantes na fase de produção de mudas. Para a produção da geleia de umbu, notou-se uma predominância das emissões na fase de produção das embalagens de vidro, produção de energia térmica e processamento. A partir dos resultados realizou-se análises de sensibilidade variando algumas entradas do processo. A proposta de utilizar os resíduos do processamento de umbu para produção de bioenergia contribuiu de forma positiva para a redução de impactos em quase todas as categorias, com maior destaque para a Eutrofização de Água Doce e Uso da Terra. Uma outra análise revelou que o desempenho ambiental pode ser melhorado em quase todas as categorias de impacto, quando a lenha é substituída pelo gás natural. Com a ACV foi possível avaliar diferentes cenários com potencial para contribuir para a melhoria do desempenho ambiental no processamento de frutas na indústria de alimentos.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida; Produção de frutas; Sistemas Agroindustriais; Regra de Categoria de Produto.

*Orientador: Luciano Brito Rodrigues, Dr. UESB

ABSTRACT

OLIVEIRA, A. C. J. **Technological proposals in the production of umbu derivatives: a Life Cycle approach.** Itapetinga-BA: UESB, 2020. 81p. (Dissertation – Master in Engineering and Food Science).*

In Brazil, the Northeast region has been standing out as one of the leading producers of tropical fruits due to the favorable conditions of climate, soil, and area availability. Given the perishability of some fruits that keep their metabolic processes active after harvest, most of them are destined for processing, resulting in products with higher added value and longer shelf life. However, fruit processing activities are also responsible for a portion of the negative environmental impacts, so the application of environmental methods in this sector has grown in recent years. This study aimed to assess the environmental impacts of the umbu agricultural and industrial production life cycle and propose and evaluate process improvement scenarios. This study was based on the Life Cycle Assessment method systematized by the NBR ISO 14040: 2009a and NBR ISO 14044: 2009b standards in line with the specifications of the Product Category Rule (PCR) - CPC 21494, for the products: “sweets, jellies, marmalades, fruit or nut puree, and fruit or nut paste”. Upstream processes (cradle-to-gate) and core processes (gate-to-gate) were considered, which consist of agricultural activities until production operations at the factory. The data for elaborating the life cycle inventory came from interviews, monitoring the process, documentary records of the factory, literature, and consultations in the Ecoinvent database. In the impact assessment phase, the ReCiPe Midpoint (H) 2016 method was adopted, with the categories recommended by PCR being selected and those evaluated as relevant for the study. The impact calculations were performed using the SimaPro(R) software version 8.5.2. Thermal energy generation (boiler subsystem) corresponded to the most significant impacts in the umbu sweet production. The impact categories related were Land Use, Freshwater Eutrophication, and Terrestrial Acidification. The second most significant impacts were from sugar production (processing phase), with 60% for Global Warming, 44.4% for the Photochemical Ozone Formation, and 32.9% for Terrestrial Acidification. The cultivation subsystem resulted in significant emissions for the category Mineral Resources Scarcity (58.8%) and Water Consumption (54.3%), mainly due to fertilizers in the seedling production phase. For the production of umbu jelly, there was a predominance of emissions in the production phase of glass packaging and thermal energy and processing production. Based on the results, sensitivity analyzes were performed, varying some process inputs. The proposal to use the umbu processing residues for bioenergy production contributed positively to almost all categories, emphasizing Freshwater Eutrophication and Land Use. Another sensitivity analysis revealed that environmental performance could be improved in almost all impact categories when firewood is replaced by natural gas. Therefore, the LCA method allowed evaluating different scenarios that can contribute to improving environmental performance in the fruit processing food industry.

Keywords: Life Cycle Assessment; Fruit production; Agroindustrial Systems; Product Category Rule.

* Advisor: Luciano Brito Rodrigues, Dr. UESB

1. INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma planta nativa da região semiárida do Nordeste brasileiro que se destaca entre as frutíferas, pela sua identidade cultural, atividade social e importância econômica (DUTRA *et al.*, 2017). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017, registrou um rendimento de 7465 toneladas da atividade extrativista do fruto, sendo 6669 toneladas produzidas na região Nordeste e 766 na região Sudeste (IBGE, 2017).

Alguns fatores vêm contribuindo com a diminuição da produção de umbu no Brasil, como o extrativismo predatório, secas prolongadas, criação de animais e queimadas (NEVES e CARVALHO, 2005). Por esse motivo, o movimento *Slow Food* cita o umbu em seu catálogo como um dos alimentos com risco de entrar em extinção. As atividades do *Slow Food* visam defender a biodiversidade na cadeia de produção de alimentos e aproximar os produtores e consumidores através de eventos e iniciativas (GENTILE, 2016).

Considerando os riscos de extinção do umbuzeiro e devido seu potencial econômico, os plantios comerciais dessa frutífera tendem a aumentar nos próximos anos, tanto que as primeiras cultivares de umbu (BRS 48, BRS 52, BRS 55 e BRS 68) fruto de uma pesquisa de vários anos da Embrapa foram registradas. As novas cultivares se destacam pela produtividade acima da média e por suas características físico-químicas, com destaque para o teor de sólidos solúveis, entre 10° e 12° Brix (RIBEIRO, 2019).

O umbu apresenta características nutricionais e sensoriais importantes, tornando-o apreciado para o consumo *in natura* (DUTRA *et al.*, 2017). Entretanto, é considerado um fruto climatérico e por isso, após a colheita, seus processos biológicos continuam ativos, resultando em um produto de maturação rápida e conseqüentemente mais perecível (MOURA *et al.*, 2013; CHITARRA e CHITARRA, 2005). Essas características geram desvantagens quanto ao manuseio pós-colheita, como perdas decorrentes da falta de comercialização ou de consumo em tempo hábil, sendo o processamento uma alternativa viável para resolver os problemas de perecibilidade e agregar valor ao produto (MAIA *et al.*, 2017). Por essa razão, aumentaram as estratégias de industrialização do fruto, sendo possível encontrar no mercado diversos derivados, como sucos, doces, geleias, polpas e compotas (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Nesse contexto, a indústria de processamento de frutas é apresentada como um dos setores mais importantes em sistemas agroalimentares, devido a possibilidade de aumentar a vida de prateleira dos produtos, quando comparado ao consumo *in natura* (GAROFALO *et al.*, 2017). Assim como toda atividade industrial, o processamento de frutas vem sendo

apontado como um dos principais setores responsáveis pelos impactos ambientais negativos, principalmente pelas maiores exigências de insumos como água, energia, embalagens, como também pela geração de resíduos (SALA *et al.*, 2017; NOTARNICOLA *et al.*, 2017).

De fato, todas as etapas da produção de alimentos são dependentes de recursos e geram emissões: as etapas agrícolas exigem fertilizantes, pesticidas, água e energia; equipamentos utilizados consomem energia elétrica, gás natural ou óleo combustível e materiais de embalagem exigem altas quantidades de energia para sua produção (JESWANI e AZAPAGIC, 2019).

Os impactos ambientais tornaram-se cada vez mais pronunciados com o crescimento populacional e os crescentes aumentos na produção de alimentos em todo o mundo (SANJUAN *et al.*, 2014). Por isso, a indústria deve avaliar a produção de alimentos também sob uma perspectiva ambiental, fazendo uso de métodos bem estruturados como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que tem sido frequentemente aplicado a este setor (SMITH *et al.*, 2007; DE MARCO *et al.*, 2018).

A ACV é um método sistematizado pelas normas NBR ISO 14040:2009 (ABNT, 2009a) e 14044:2009 (ABNT, 2009b), usado para avaliar de forma quantitativa os potenciais impactos ambientais de um produto ou serviço dentro de um contexto bem definido, que deve ser estabelecido previamente. O método permite ainda propor, simular e validar cenários alternativos para mitigar os potenciais impactos ambientais negativos relacionados a sistemas de produto diversos (BECCALI *et al.*, 2009).

As informações sobre o desempenho ambiental de produtos também podem ser comunicadas por meio dos rótulos ambientais, tanto a fabricantes quanto a distribuidores (empresa a empresa - *business to business*) e ao consumidor final (empresa a consumidor - *business to consumer*). Para isso, são desenvolvidas as Regras de Categoria de Produto (RCP) que são padrões específicos de declarações ambientais do tipo III, conforme a NBR ISO 14025:2015 (ABNT, 2015) baseados na ACV (DEL BORGHI *et al.*, 2014).

A capacidade que uma RCP tem de exibir informações ambientais comparáveis sobre produtos e serviços de maneira confiável e verificável a transformou em um instrumento crucial nos mercados internacionais com perspectiva ambiental (MANZINI *et al.*, 2006; IBÀNEZ-FORÉS *et al.*, 2016).

Partindo desse pressuposto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar e discutir os resultados de um estudo de ACV realizado sobre produtos processados a base de umbu, seguindo padrões específicos da RCP grupo 214 “preparações e conservas a base de frutas ou nozes” e subclasse 21494 “doces, geleias, marmeladas, purê de frutas ou nozes e pasta de frutas ou nozes”.

O estudo poderá contribuir com o desenvolvimento de um inventário regionalizado da produção agrícola e industrial de umbu no estado da Bahia, bem como identificar os potenciais impactos ambientais e sugerir alternativas tecnológicas de melhoria ao longo do processo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor alternativas tecnológicas para a melhoria do desempenho ambiental de produtos à base de umbu.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os sistemas de produção agrícola e industrial do umbu;
- Avaliar os potenciais impactos ambientais relacionados aos produtos;
- Identificar os pontos críticos – aqueles que resultam em maiores contribuições nas categorias de impacto selecionadas;
- Realizar análises de sensibilidade referente a mudanças em algumas variáveis do processo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos Gerais do Umbuzeiro

O umbuzeiro (*Spondias Tuberosa* Arr Câmara) é uma planta frutífera e nativa do Brasil, precisamente na região semiárida nordestina. Constitui-se de uma cultura de importância econômica, social e ambiental para as regiões em que a planta cresce espontaneamente. A espécie foi primeiramente descrita por Sousa (1587) em seu “Tratado Descritivo do Brasil” e sua classificação como espécie *Spondias Tuberosa* foi realizada em 1810 por Manuel de Arruda Câmara (DAVID, 2015).

A espécie mede em torno de 4 a 7 metros de altura, possui copa ampla, tronco curto, galhos retorcidos e ramificados (Figura 1) e estruturas em suas raízes que acumulam água, como a formação das batatas ou xilopódios, fazendo com que o umbuzeiro consiga se adaptar a períodos prolongados de seca (NEVES e CARVALHO, 2005).



Figura 1. Imagem de um umbuzeiro com mais de 100 anos de idade.

Fonte: o autor

Para que a espécie desenvolva e frutifique são necessárias algumas condições ambientais, como ar seco, temperatura entre 12°C e 38°C, umidade relativa do ar entre 30% e 90%, solos profundos, não úmidos e precipitação de 400 mm a 800 mm, podendo crescer em locais com até 1600 mm por ano de chuva (NEVES e CARVALHO, 2005).

O início da frutificação varia entre as regiões produtoras e sua respectiva distribuição de chuvas, mas em geral ocorre entre dezembro e março. Considerando que uma planta adulta produz em média 15 mil frutos por ano, a produção de um umbuzeiro alcança, em média, 300 kg de frutos/safra (BARRETO e CASTRO, 2010).

Os frutos do umbuzeiro possuem coloração amarelo-esverdeado, formato variando entre arredondado, ovoide e oblongo, casca lisa, podendo apresentar pequenas protuberâncias. O peso médio do umbu é de 18,4g dividido entre as partes que compõem o fruto, o que

corresponde em média por 68% de polpa, 22% de casca e 10% de semente (SILVA *et al.*, 1987).

Em relação a composição química, o umbu é considerado uma fonte rica de antioxidantes, entre os quais incluem o ácido ascórbico (vitamina C), com quantidades superiores a 50mg/100g de polpa, tocoferóis, carotenoides e compostos fenólicos. Estes antioxidantes podem contribuir para uma dieta mais saudável, além da possibilidade de serem mais eficientes e menos danosos que os antioxidantes sintéticos (ALMEIDA, 2009).

A produção de umbu no Brasil é predominante na região nordeste, aproximadamente 98%, sendo representada pelo estado da Bahia (77,8%) e o restante da produção pela região sudeste, com ênfase para o estado de Minas Gerais (10,3%). As maiores produções por estado são apresentadas na figura 2.

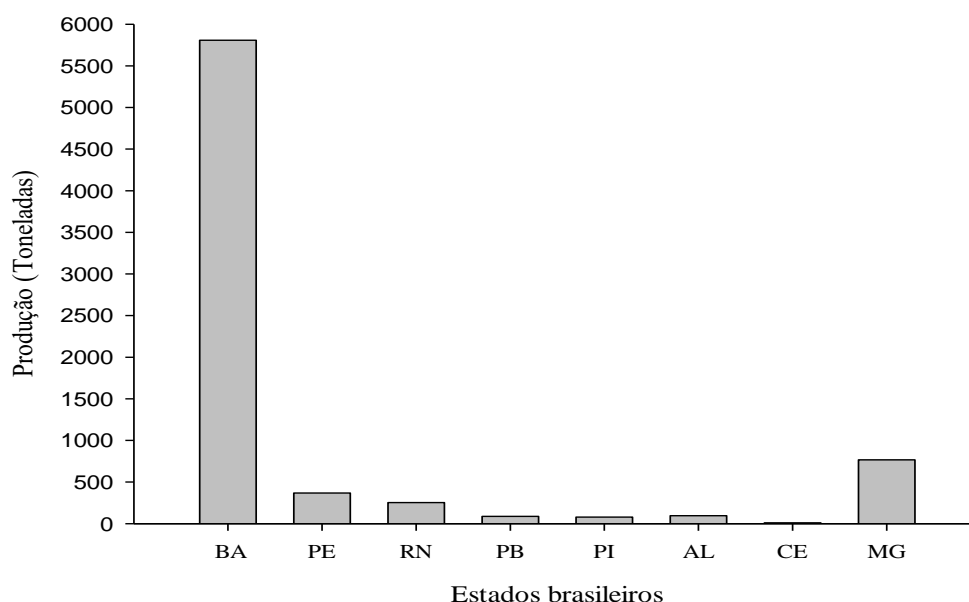


Figura 2. Principais estados produtores de umbu em 2017.

Fonte: IBGE/SIDRA

Dados do IBGE/SIDRA sobre o extrativismo do umbu no Brasil apontam para redução na produção nos últimos anos. Fatores como o extrativismo predatório praticado pelos apanhadores, desmatamento da caatinga e presença de animais que são atraídos pelas folhas palatáveis do umbu, podem ter contribuído para essa redução (BARRETO e CASTRO, 2010).

3.2 Cultivo e processamento de umbu

O movimento internacional *Slow Food* divulgou no seu catálogo mundial Arca do Gosto diversos produtos ameaçados de extinção e dentre os produtos, o umbu é citado (SLOW FOOD BRASIL, 2019). A Arca identifica, localiza e descreve os produtos com risco de desaparecerem, com potenciais produtivos e comerciais reais (GENTILE, 2016).

No sentido de preservar a espécie e não permitir a extinção desse fruto de alto valor comercial, o cultivo alinhado a um processamento adequado poderia proporcionar aos agricultores um incremento na renda e mais tranquilidade quanto as incertezas das safras (BATISTA *et al.*, 2015).

Para renovação dos umbuzeiros através da estruturação de pomares comerciais, primeiro é necessário selecionar plantas com características de interesse, como por exemplo, frutos maiores e com altos teores de sólidos solúveis, seja para consumo *in natura* ou para o processamento (FONSECA, 2015). O próximo passo é a produção das mudas, que pode ocorrer por meio de duas formas de propagação: sexuada e assexuada (NEVES e CARVALHO, 2005).

De acordo Meletti e Coelho (2000), na propagação sexuada o plantio ocorre via semente, através do contato direto com o solo, no entanto, essa forma de plantio geralmente acontece de forma natural, devido ao consumo do fruto *in natura* por humanos e animais. São apresentadas desvantagens em plantas assim propagadas, como: produção tardia (cerca de dez anos), variações na produção e obtenção de frutos com qualidade inferior. Já a propagação assexuada é realizada por meio da estaquia ou enxertia, métodos que se destacam pela redução do início da frutificação de dez para quatro anos.

A enxertia, que consiste na associação entre duas partes de diferentes plantas, é o processo de propagação mais recomendado para o umbuzeiro. Neste processo, duas plantas são consideradas: o porta-enxerto proveniente de semente que contribui para o sistema radicular, assegurando a nutrição mineral; e o enxerto, que é a planta selecionada de características importantes e nobres que se quer reproduzir, que forma a copa e frutifica (BATISTA *et al.*, 2015).

Para a realização da enxertia, a forma mais difundida é a garfagem no topo em fenda cheia, indicada por Araújo *et al.* (2000). Para isso, são retirados das plantas-matrizes os garfos/ponteiros jovens que serão acoplados ao porta-enxerto. As mudas permanecem em viveiro antes de serem transplantadas nas quais recebem como principais tratamentos culturais as fertilizações de cobertura, irrigação, podas apicais da planta e controle de pragas. No geral, três meses após a enxertia, as mudas poderão ser plantadas em local definitivo. A fase de plantio definitivo compreende as seguintes etapas: preparo da área, plantio das mudas, tratamentos culturais e colheita (FONSECA, 2015).

Araújo *et al.* (2000) afirmam que o umbuzeiro se desenvolve bem em vários tipos de solos e pode ser cultivado em áreas desmatadas mediante preparo da área através das atividades de aração e gradagem ou em consórcio com outras espécies, visando aproveitar os espaços entre as mudas, o que garante um apoio até o início da colheita que geralmente ocorre

depois de três anos de realizado o plantio. De acordo com Fonseca (2015), para frutíferas como o umbuzeiro, abacateiro e mangueira, por exemplo, a forma mais adequada é o plantio em berços com dimensões de 50 x 50 x 50 cm. Nesta condição, há indícios de um rápido crescimento das raízes, aumento da formação da copa e produção precoce.

As adubações de plantio devem ocorrer com base em análises do solo, e se necessário, o solo deverá ser corrigido para uma maior produtividade agrícola (MOUCO *et al.*, 2002). Além da adubação, os principais tratamentos culturais recomendados após o plantio das mudas de umbu são: adubação de cobertura, irrigação, poda e controle de pragas. Em geral, os produtores utilizam esterco bovino na adubação de cobertura a cada três meses e as irrigações são realizadas no mínimo de duas a três vezes na semana. Apesar de o umbuzeiro possuir mecanismos de resistência a seca, a planta apresenta exigências hídricas, principalmente na fase inicial. O início da produção depende das condições locais e das formas adotadas de manejo, mas em geral, os frutos podem ser colhidos a partir do quarto ano de realizado o plantio (FONSECA, 2015).

Ainda não há relatos na literatura sobre o número de pomares comerciais existentes e o volume de produção, mas existem investigações a respeito da qualidade dos frutos quanto a forma de cultivo empregada. Lima (2016) avaliou o teor de alguns compostos bioativos de frutos do umbuzeiro cultivados sob o sistema orgânico e convencional em diferentes estágios de maturação e tempos de armazenamento. Os resultados indicaram um decréscimo dos valores médios de ácido ascórbico para os dois sistemas avaliados, no entanto, os resultados são melhores para os frutos cultivados de forma orgânica. Em relação a avaliação dos compostos fenólicos e flavonoides os frutos cultivados em ambos os sistemas não diferiram estatisticamente, porém os maiores valores foram encontrados no sistema convencional.

Do ponto de vista nutricional, os frutos de forma geral possuem em sua composição substâncias essenciais a dieta humana, como vitaminas, carboidratos e minerais. Além disso, são ricos em água, tornando-os mais perecíveis e susceptíveis às degradações químicas, enzimáticas e microbiológicas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O umbu é um exemplo de fruto perecível e sazonal, portanto o processamento é visto como uma alternativa viável para reduzir as perdas pós-colheita, aumentar a vida útil e tornar o produto disponível durante o período da entressafra (MAIA *et al.*, 2017). Para Araújo *et al.* (2016) o umbuzeiro é uma planta que oferece variadas opções para o seu aproveitamento, desde que sejam utilizadas técnicas de processamento adequadas.

Vantagens decorrentes as atividades de transformação do fruto são evidenciadas, como a geração de empregos e fortalecimento da agricultura familiar. Além disso, o fruto apresenta

potencial para novas formulações, podendo representar um salto de qualidade e marketing para a promoção do umbuzeiro em novos contextos e mercados (LIMA *et al.*, 2018).

Os principais produtos encontrados no mercado nacional à base umbu são doces, geleias e polpas. De acordo com a Resolução Normativa nº 9, de 1978, doce em pasta é o produto resultante do processamento adequado das partes comestíveis desintegradas de vegetais com açúcares, com ou sem adição de água, pectina, ajustador do pH e outros ingredientes e aditivos permitidos por estes padrões até uma consistência apropriada, sendo finalmente, acondicionado de forma a assegurar sua perfeita conservação (BRASIL, 1978). Podem ser ainda classificados quanto a consistência cremosa quando a pasta for homogênea e de consistência mole, não devendo oferecer resistência nem possibilidade de corte e em massa, quando a pasta for homogênea e de consistência que possibilite o corte.

A Resolução Normativa nº15/78 extraída do Compêndio da Legislação de Alimentos, ABIA 2001 define geleia de fruta como o produto preparado com frutas e/ou sucos ou extratos aquosos das mesmas, podendo apresentar frutas inteiras, partes e/ou pedaços sob variadas formas, devendo tais ingredientes ser misturados com açúcares, com ou sem adição de água, pectina, ácidos e outros ingredientes permitidos por estas normas.

Segundo dados do Governo do estado da Bahia, do total de 1075 agroindústrias familiares existentes na Bahia, 27 trabalham com o beneficiamento do umbu, produzindo doces, geleias, sucos e compotas, com destaque para a Coopercuc (Cooperativa de Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá), localizada na cidade Uauá, que possui uma agroindústria central na sede do município e 13 pequenas unidades de beneficiamento localizadas nas Comunidades Fundo de Pasto.

Em 2013, a Coopercuc junto a Apex-Brasil (Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos) assinou um convênio para desenvolver ações de promoção e incentivo às exportações e negócios sustentáveis em consonância com o Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade (PNBSB), que tem suas ações focadas em seis eixos: promoção e apoio à produção e ao extrativismo sustentável; estruturação e fortalecimento dos processos industriais, estruturação e fortalecimento de mercados; fortalecimento da organização social e produtiva e ações complementares para fortalecimento das cadeias de produtos da sociobiodiversidade.

Neste sentido, produtos derivados de umbu apresentam potencial para serem inseridos em novos mercados, porém, surgem demandas por informações técnicas e ambientais da cadeia produtiva do fruto, o que é oportuno para o desenvolvimento de trabalhos como o proposto nesta dissertação.

3.3 Avaliação do Ciclo de Vida e outras aplicações relacionadas

Há muitos anos que os alimentos vêm sofrendo alterações em termo de produção e mais recentemente, os sistemas modernos de produção intensificaram o uso dos recursos disponíveis e vem contribuindo com práticas insustentáveis, tais como: a degradação de recursos terrestres e hídricos, aumento dos gases de efeito estufa, desmatamento e redução da biodiversidade (DJEKIC *et al.*, 2018; JESWANI *et al.*, 2019). Em parte, isso pode ser justificado pelo crescimento populacional, pois nos últimos 50 anos a população mais que dobrou e as estimativas são que até 2050 o número de habitantes no mundo chegue aos 9,6 bilhões.

Com o crescimento da população mundial aumentou também a demanda por alimentos, evoluíram as necessidades dos consumidores e houve mudanças nos modelos de consumo, o que agora representa desafios para a produção sustentável de alimentos (ERICKSEN, 2008).

Os sistemas alimentares estão em foco nas discussões da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), um compromisso global para erradicar a pobreza e a fome, garantindo simultaneamente a redução dos impactos ambientais negativos e socioeconômicos. Entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o objetivo 2 “acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e promover a agricultura sustentável” e o objetivo 12 “assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis” são os principais a serem alcançados por essa cadeia.

A identificação de soluções aos impactos ambientais no setor alimentício precisa contar com algum método de avaliação, que contemple todo o seu ciclo de vida ou parte dele, de modo que identifique possíveis alternativas, bem como os prós e contras (*trade-offs*) que sirvam de apoio numa tomada de decisão (SILVA e SANJUAN, 2019).

A literatura contempla diferentes métodos relacionados ao ciclo de vida de um produto ou serviço, como por exemplo: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (ABNT, 2009a, b), Custo do Ciclo de Vida (CCV), Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S) e Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV), porém, quando se trata de sistemas alimentares a ACV têm-se destacado na literatura científica (SMITH *et al.*, 2007, NEMECEK *et al.*, 2016, DE MARCO *et al.*, 2018).

Especificamente, a ACV representa um método de referência para as cadeias de fornecimento de alimentos que objetivam alcançar a sustentabilidade, através de melhorias ambientais na agricultura, produção, consumo e gestão de resíduos, bem como no uso eficiente de recursos como água e energia (NOTARNICOLA *et al.*, 2017).

A ACV fornece uma estrutura complexa de avaliação de impactos ambientais potenciais de produtos ou serviços em relação a uma série de categorias de impacto. O método é dividido em quatro fases: definição do objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação de impacto e interpretação (ABNT, 2009a, b).

Na fase de definição do objetivo, os seguintes itens devem ser declarados: aplicação pretendida, razões para realização do estudo e a quem se pretende comunicar os resultados da avaliação. Quanto ao escopo, o estudo deve apresentar a fronteira do sistema, as funções do sistema de produto, os limites do sistema, a unidade funcional (UF), procedimentos de alocação dos impactos, métodos de avaliação de impacto e requisitos de qualidade dos dados (ABNT, 2009a, 2009b).

As fronteiras do sistema retratam a abrangência do estudo e são geralmente ilustrados por um fluxograma geral com os fluxos de entrada, intermediários e de saída. O estudo será considerado do berço ao túmulo (*cradle to grave*) quando abranger todo o ciclo de vida; do berço ao portão (*cradle to gate*) se considerar da fase agrícola ao portão de entrada ou saída da fábrica; do portão ao portão (*gate to gate*) se a abordagem for apenas industrial e do portão ao túmulo (*gate to grave*) se o estudo contemplar desde as operações na fábrica até a etapa de descarte (ABNT, 2009a, 2009b).

A unidade funcional é definida pela NBR ISO 14044:2009 como o desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência. A alocação consiste na repartição dos fatores de impacto entre o produto principal e os subprodutos do sistema (RAMÍREZ, 2009).

A segunda fase da ACV denominada análise de inventário (ICV) possui diversos procedimentos que são contemplados pela NBR ISO 14044:2009 e dentre eles, destacam-se a preparação para a coleta de dados de entrada e saída existentes dentro das fronteiras do sistema, coleta e validação dos dados, procedimentos de cálculo e alocação dos impactos. Para Roy *et al.* (2009) esta talvez seja a fase mais trabalhosa e complexa, principalmente pela dificuldade na coleta das informações necessárias para construção do inventário. O processo de coleta pode ser menos moroso se bons bancos de dados estiverem disponíveis e se as empresas estiverem dispostas a colaborar (ROY *et al.*, 2009). São exemplos de entradas e saídas o consumo de água, energia, materiais de embalagem, geração de resíduos e emissões (OWENS, 1997)

A fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) inclui a coleta de resultados dos indicadores para as diferentes categorias de impacto, que em conjunto representam o perfil de AICV para o sistema de produto. A fase de AICV deve consistir dos seguintes elementos obrigatórios: seleção das categorias de impacto, classificação e caracterização. As

categorias de impacto selecionadas podem incluir os efeitos globais (exemplo: aquecimento global); regionais (exemplo: acidificação, eutrofização) e efeitos locais (exemplo: condições de trabalho). De forma resumida, a classificação é o processo de agregação dos dados de ICV em grupos de impacto e a caracterização é a avaliação da magnitude dos possíveis impactos de cada entrada ou saída do sistema em relação a seu impacto ambiental correspondente (FINNVEDEN *et al.*, 2009).

Como o propósito da ACV é chegar a conclusões e soluções que possam apoiar numa tomada de decisão, é preciso verificar e avaliar os resultados obtidos do ICV e AICV, bem como comunicá-los de forma eficaz. Para isso, têm-se a interpretação do ciclo de vida como a quarta e última fase da avaliação (ABNT, 2009a, 2009b).

No âmbito das soluções para os principais desafios globais, o método permite: a identificação de *hotspots* ao longo da cadeia de fornecimento de alimentos; a comparação de opções relacionadas a otimizações da cadeia de suprimentos (como aumento de produtividade e redução de perdas de alimentos) para soluções sustentáveis e avaliação de cenários futuros (SALA *et al.*, 2017).

Ao longo dos anos da utilização da ACV, surgiram outras aplicações relacionadas, incluindo seu uso como base para comunicação do desempenho ambiental de produtos às partes interessadas (IBÀNEZ-FORÉS *et al.*, 2016).

As Declarações Ambientais de Produto (DAP) possuem esse propósito, demonstrar de forma clara e transparente os impactos ambientais relacionados ao produto em cada etapa do seu ciclo de vida. Quando precisas e relevantes, essas informações devem ajudar os consumidores a identificar os produtos e serviços do mercado com menores impactos ambientais (MANZINI *et al.*, 2006; IBÀNEZ-FORÉS *et al.*, 2016).

Existem várias estruturas para as DAPs e um dos sistemas de declaração mais utilizados para incluir a ACV de produtos alimentícios é o sistema Internacional EPD® (*Environmental Product Declarations*), considerado como um modelo de rotulagem tipo III, conforme a NBR ISO 14025:2015 (ABNT, 2015). Este sistema de declaração tem como pré-requisito obrigatório um estudo de ACV e além disso, conta com regras baseadas em uma abordagem hierárquica, seguindo as normas internacionais ISO 9001, ISO 14001, ISO 14040, ISO 14044 e ISO 21930 (DEL BORGHI, 2013).

Há uma série de requisitos de como um estudo de ACV deve ser conduzido para ser usado como base para uma DAP, como por exemplo: especificações sobre como modelar o sistema de produto; quais dados incluir; quais indicadores ambientais utilizar, entre outros. Estes requisitos são desenvolvidos para diferentes grupos de produtos pela indústria e são referidos como Regras de Categoria de Produto (RCP) (IBÀNEZ-FORÉS *et al.*, 2016).

De fato, esses requisitos são desenvolvidos em estruturas colaborativas com indústrias, institutos de pesquisa e universidades, a fim de obter a melhor comparabilidade dos resultados do desempenho ambiental do mesmo produto entre diferentes produtores (DEL BORGHI, 2013).

Os produtos fabricados à base de frutas são contemplados por uma RCP geral (Grupo 013: frutas e nozes) e outras 5 RCPs específicas, a saber:

- i. Kiwis (Classe 01342);
- ii. Suco de frutas (Classe 2143);
- iii. Doces, geleias de frutas e marmeladas (Classe 21494: doces, geleias, marmeladas, purê de frutas ou nozes e pasta de frutas ou nozes);
- iv. Outras frutas e nozes preparadas e conservadas (Classe 2149);
- v. Azeitonas de mesa (Classe 0145).

Todas essas RCPs tentam combinar aspectos teóricos para fornecer uma avaliação cientificamente sólida dos impactos e aspectos práticos na coleta de dados e no gerenciamento da avaliação.

3.4 ACV de frutas: principais conclusões selecionadas

Os primeiros estudos de ACV sobre produtos alimentícios começaram na década de 1990, abrangendo uma extensa gama de alimentos, principalmente as carnes, lácteos, pescados, frutas, hortaliças e bebidas, com destaque para o vinho (DJECKI *et al.*, 2018).

Em relação ao setor de frutas, através de pesquisas na base de dados *Scopus* com a inserção da palavra-chave “*LCA and fruits*” foi possível perceber um avanço das publicações nos últimos dez anos (Figura 3), sendo que os primeiros estudos deram maior ênfase à fase agrícola.

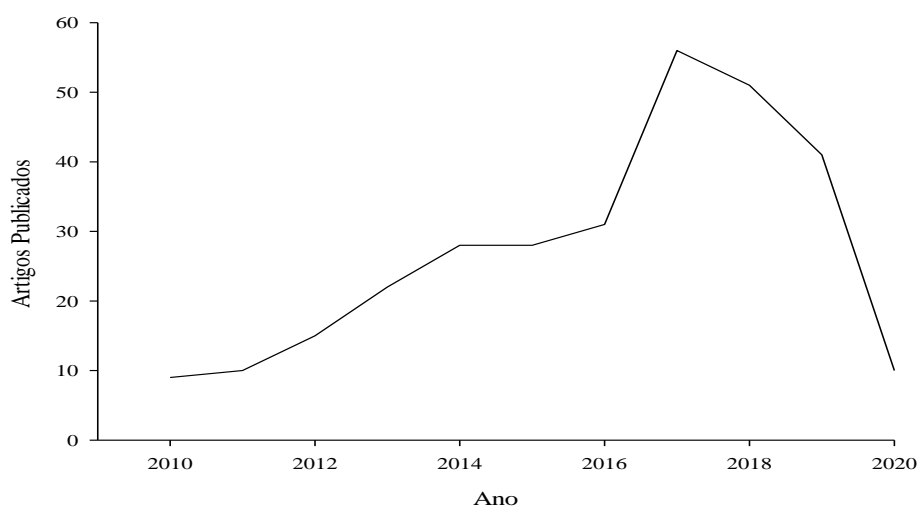


Figura 3. Publicações obtidas da base de dados Scopus para a palavra-chave “*LCA and fruits*”, no período 2010 - 2020.

A seleção dos estudos de ACV em frutas (Tabela 1) para análise deste tópico foi para abordar aspectos do ciclo de vida dos sistemas de produção de frutas e discutir alguns itens da norma NBR ISO 14044:2009. As principais questões analisadas foram (i) definição da unidade funcional, (ii) fronteiras do sistema, (iii) contribuição das matérias-primas e insumos para o desempenho ambiental em diferentes estágios do processo, (iv) método selecionado para avaliação dos impactos e (v) ACV em consonância com alguma Regra de Categoria de Produto (RCP).

Tabela 1 – Características dos estudos de ACV selecionados para análise.

Referência	Produto	Fronteira	Unidade Funcional	Método AICV	RCP
Liu <i>et al.</i> , 2010	Pera	Berço ao portão	1 t de produto	NE*	NA**
Boulard <i>et al.</i> , 2011	Tomate	Berço ao portão	1 kg de produto	CML e IMPACT 2002+	NA
Mouron <i>et al.</i> , 2012	Maça	Berço ao portão	1 há	NE	NA
Ingwersen, 2012	Abacaxi	Berço ao túmulo	1 porção de fruta	TRACI e USEtox	NA
Giudice <i>et al.</i> , 2013	Laranja	Berço ao portão	1 t de produto	NE	NA
Pergola <i>et al.</i> , 2013	Citros	Berço ao portão	1 kg e 1ha de produção	CML 2001	NA
Girgenti <i>et al.</i> , 2014	Morango	Berço ao túmulo	250g de produto embalado	NE	NA
Manfredi e Vignali, 2014	Purê de tomate	Berço ao portão	0,750 kg de produto embalado	CED, CML 2001 e ReCiPe	NA
Rigoni, 2014	Geleia de morango	Berço ao túmulo	1 kg de produto	NE	CPC 21494

Del Borghi <i>et al.</i> , 2014	Tomate	Berço ao portão	1 kg de produto embalado	CML 2001	CPC 2132 e 2139
Figueirêdo <i>et al.</i> , 2014	Melão	Berço a exportação	1 kg de produto	Water Consumption	NA
De Menna <i>et al.</i> , 2015	Néctar de pêsego	Berço ao túmulo	1L de néctar embalado	IMPACT 2002+	NA
De Marco <i>et al.</i> , 2015	Maçã em pó	Portão ao túmulo	1 pacote de 3 kg	IMPACT 2002+	NA
Bacenetti <i>et al.</i> , 2015	Purê de tomate	Berço ao portão	1 kg de produto	ILCD	NA
Yan <i>et al.</i> , 2016	Laranja, pera, maçã, banana e pêsego	Berço ao portão	1 ha e 1 kg de produto	IPCC	NA
Garofalo <i>et al.</i> , 2017	Tomate em conserva	Berço ao túmulo	480g de produto embalado	ILCD 2011	NA
Aganovic <i>et al.</i> , 2017	Suco de tomate e melancia	Berço ao portão	1 kg de produto pasteurizado	IMPACT 2002+	NA
Perrin <i>et al.</i> , 2017	Tomate em conserva	Berço ao portão	1ha		
De Marco <i>et al.</i> , 2017	Damasco	Portão ao portão	1kg de damasco semi-acabado	ReCiPe	NA
Nanaki e Koroneos, 2018	Compota de pêsego	Berço ao túmulo	1 caixa com 24 compotas de 1 kg	Eco-Indicator 95	NA
Recanati <i>et al.</i> , 2018	Geleia de Cupuaçu	Berço ao túmulo	1 kg de produto	CML-IA	CPC 21494
Fabbri <i>et al.</i> , 2018	Morango pêsego, uva e aspargo	Berço ao túmulo	1kg de produto	ILCD 2011	NA
De Marco <i>et al.</i> , 2018	Tomate triturado	Berço ao túmulo	500g de produto embalado	ReCiPe	NA
Tassielli <i>et al.</i> , 2018	Cereja	Berço ao portão	1 t de cereja processada	CML 2001	NA
Ingrao <i>et al.</i> , 2019	Purê de tomate	Berço ao portão	685g de produto embalado	IMPACT 2002+	NA

*NE: não especificado; **NA: não aplicado

Como pode ser observado na Tabela 1, unidades funcionais baseadas em massa são amplamente utilizadas em estudos de ACV de frutas. Apesar disso, outros aspectos podem ser considerados para definir a UF, como em relação as características nutricionais dos produtos. Ingwersen (2012), por exemplo, sugeriu como UF “uma porção de frutas”, uma unidade adequada para comparar diferentes produtos ou quando os impactos ambientais serão comunicados aos consumidores por meio de rótulos ambientais. Geralmente as porções

recomendadas de ingestão diária dos nutrientes (por exemplo: frutas, vegetais, proteínas, grãos) são estabelecidos por guias ou diretrizes alimentares de cada país.

Para Tassielli *et al.* (2018) que comparou o perfil ambiental de três sistemas de transformação de cereja, a escolha da unidade funcional é uma fonte de incerteza, porque a comparação entre os produtos foi realizada com base na massa do produto acabado, porém em um dos casos, o produto foi desfeito, o que poderia levar a resultados diferentes se a avaliação fosse baseada exclusivamente na parte comestível do produto.

A fronteira “berço ao portão” é a mais utilizada nos estudos de ACV em frutas. Garofalo *et al.* (2017), por exemplo, relataram que inicialmente o foco de avaliação era a fase de processamento do tomate integral, na tentativa de identificar as etapas e fluxos relevantes de materiais e energia e suas emissões de GEE no meio ambiente. Em seguida, como forma de entender todo o ciclo de vida do produto e obter resultados mais confiáveis, a avaliação foi estendida às etapas de cultivo, extração de matéria-prima, transporte antes e após a etapa de produção, uso de produtos, reciclagem e descarte.

De acordo com as normas NBR ISO 14040:2009 e 14044:2009, as fronteiras do sistema são determinadas por um processo iterativo, no qual um limite inicial é determinado e, em seguida, são feitas novas modificações incluindo novos processos unitários que são significativos no estudo.

Em relação as etapas da cadeia de produção de frutas, a modelagem dos inventários pode ser facilitada quando o sistema de produção agrícola é dividido nos seguintes estágios: (i) fase de viveiro, (ii) preparo da área e plantio, (iii) fase inicial de baixa produção, (iv) fase de produção completa e (v) período de baixa produção caracterizada pela senescência das plantas (CERUTTI *et al.*, 2010).

Além de avaliar a fase agrícola, a ACV permite comparar sistemas agrícolas de produção, como Liu *et al.* (2010) que avaliaram a produção de pera em sistemas de cultivo orgânico e convencional em termos de uso de energia fóssil e potencial de aquecimento global. Nos sistemas orgânicos foram utilizados exclusivamente esterco animal e nos sistemas convencionais alguns fertilizantes inorgânicos. A avaliação mostrou que os fertilizantes inorgânicos foram os principais contribuintes para as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em comparação com o esterco animal.

As entradas de insumos em sistemas agrícolas, como fertilizantes, pesticidas e energia, geralmente são os principais contribuintes de impactos ambientais negativos (LIU *et al.*, 2010). Por exemplo, a produção de fertilizantes nitrogenados e as emissões decorrentes do uso desses fertilizantes, como o óxido nitroso, amônia e metano foram os principais contribuintes

nas categorias Aquecimento Global, Potencial de Eutrofização e Potencial de Acidificação nos estudos de Del Borghi *et al.* (2014).

Nos estudos de Tassieli *et al.* (2018) e Fabbri *et al.* (2018) a fase agrícola é tida como a mais impactante, também pelo alto consumo de fertilizantes e pesticidas. Por outro lado, a etapa de processamento foi identificada como ponto crítico principal por autores como De Mena *et al.* (2015), que apontaram desta etapa, a produção de embalagens, e Garolafo *et al.* (2017) as operações de extração, enchimento e pasteurização como as mais impactantes na maioria das categorias de impacto selecionadas. Em sistemas de produção de laranja, a fase de processamento também representou a principal fonte de emissões (GIUDICE *et al.*, 2013).

Nanaki e Koroneos (2018) identificaram potenciais impactos associados à produção de compota de pêssego na Grécia tendo como UF 1 caixa contendo 24 compotas de pêssego de 1kg cada. Os seguintes processos foram avaliados: cultivo; produção da compota incluindo a recepção da matéria-prima, higienização, descascamento, lavagem para remoção dos resíduos químicos da operação de descascamento, enchimento e adição de xarope, desgaseificação, fechamento de embalagem, pasteurização, resfriamento, rotulagem e armazenamento; produção das embalagens; produção das latas de folhas de flandres e transporte. A análise mostrou que as fases de produção das latas e produção da compota foram as mais impactantes do sistema em estudo em relação a categoria de impacto Aquecimento Global representando 39% e 23% dos impactos, respectivamente.

Ainda no segmento de doces de frutas, Recanati *et al.* (2018) realizaram a ACV do berço ao túmulo da produção da 1kg de geleia de cupuaçu de acordo as Regras de Categoria de Produto (RCP) desenvolvidas no âmbito do Sistema Internacional EPD: programa para declarações ambientais do tipo III de acordo com a NBR ISO 14025:2015 (ABNT, 2015). A RCP escolhida é específica para doces, geleias, pastas e purês de frutas. As contribuições da fase de processamento chegaram a 51% para a categoria Aquecimento Global e 99% para a categoria Depleção Abiótica, ambas relacionadas ao uso de combustíveis fósseis.

A mesma RCP anteriormente citada foi utilizada por Rigoni (2014), mas dessa vez para avaliar a pegada de carbono do berço ao túmulo de três produtos alimentícios, dentre eles a geleia de morango. O cultivo dos morangos, operações de colheita, armazenamento na fazenda e transporte para a fábrica representaram 61% da pegada de carbono, enquanto para a produção da polpa, produção dos ingredientes, tratamento térmico e embalagens a pegada de carbono aproximou-se dos 34,3% e os 4,7% restantes foram para a fim do ciclo de vida da geleia, incluindo a distribuição, cadeia do frio e descarte das embalagens de vidro.

Além dos elementos obrigatórios, a NBR ISO 14044:2009 propõe a realização de análises adicionais da qualidade dos dados na AICV, como a análise de sensibilidade, um

procedimento para determinar como mudanças nos dados e nas escolhas metodológicas afetam os resultados da AICV. Para avaliar a robustez dos resultados, Tassieli *et al.* (2018) realizaram uma análise da qualidade de dados e destacou incertezas quanto a escolha da unidade funcional e do método de avaliação escolhido, o CML 2001. Com base nestas considerações, foi realizada uma análise de sensibilidade mudando o método para ILCD 2011 e a unidade funcional alterada de 1 tonelada de cerejas processadas para 1 tonelada da parte comestível de cerejas processadas.

No estudo de De Marco *et al.* (2018) a análise de sensibilidade ocorreu em relação ao combustível usado nos trocadores de calor, onde foi considerado o uso de biogás obtido a partir de resíduos agrícolas ou GLP em vez de óleo de combustível e para a fonte eletricidade a substituição de uma parcela (20% ou 40%) de energia produzida por painéis fotovoltaicos instalados. Do ponto de vista ambiental, ambas as soluções são mais convenientes que no cenário base.

As atuais abordagens de ACV em frutas apontam para as novas tecnologias pós-colheita que podem apresentar um melhor desempenho ambiental em relação às tecnologias convencionais. Fabbri *et al.*, (2018) aplicaram a ACV para analisar o desempenho da tecnologia de umidificação ultrassônica com potencial para reduzir as perdas pós-colheita de quatro frutas e vegetais produzidos na Europa. Os resultados mostram que a nova tecnologia reduziu os impactos ambientais em até 23%, porém os benefícios potenciais do uso de umidificadores são influenciados pelas quantidades perdidas, ou seja, é mais conveniente aplicar em cadeias caracterizadas por maiores perdas, no mínimo 24% acima da quantidade produzida.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do objeto de estudo

Os dados primários da produção e o processamento de umbu foram obtidos, respectivamente, de um sistema de cultivo orgânico localizado na cidade de Candiba-BA, na mesorregião Centro-Sul Baiano e de uma agroindústria de frutas localizada em Uauá-BA, na mesorregião Nordeste Baiano (Figura 4).

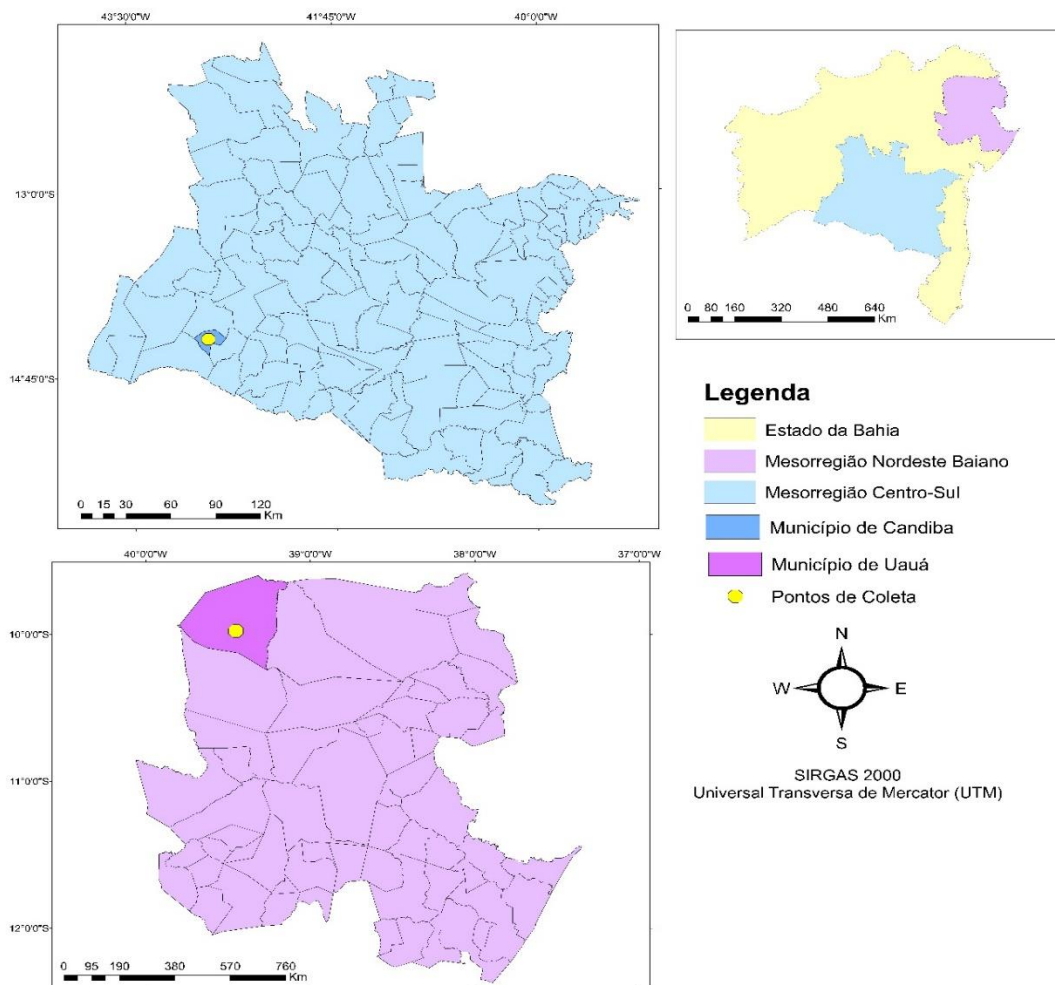


Figura 4. Mapa de localização dos pontos de coleta selecionados para o estudo.

Fonte: o autor

A mesorregião Centro-Sul possui 8 microrregiões e 118 municípios e computa uma área geográfica de 128.472,72 km². Em 2011, ela abrigava uma população de 2.479 milhões de habitantes, representando 17,69% da população do estado da Bahia. A região escolhida para obtenção dos dados da fase agrícola possui clima basicamente semiárido, marcado por longos períodos de estiagem.

Na agroindústria, além do processamento de umbu, outros produtos são desenvolvidos a partir das frutas goiaba, banana e maracujá. No entanto, o umbu é a fruta de maior demanda

pela agroindústria e seu processamento resulta nos seguintes produtos: doce em massa, doce cremoso, doce em massa coberto com açúcar (umbu bom) e geleia.

Os produtos elaborados a base de umbu possuem o selo de certificação orgânica pela Ecocert. Dessa forma, as atividades devem ser realizadas conforme as orientações da empresa certificadora e da Instrução Normativa Conjunta nº 18, de 28 de maio de 2009, que dispõe de um regulamento técnico para o processamento, armazenamento e transporte de produtos orgânicos.

Em relação as instalações físicas da fábrica, a área externa era composta por uma caixa d'água para abastecimento da sala de produção; uma caixa para abastecer a caldeira; uma caldeira (combustível: lenha) do tipo flamotubular com produção de 400 kg de vapor saturado por hora e reservatórios para armazenamento das águas residuais. A área interna da fábrica era dividida nos seguintes setores: área para recepção e depósito de frutas; sala de limpeza e sanitização; duas salas de produção, uma para processamento de doces e geleias e a outra para processamento de sucos e polpas; setor para acondicionamento dos produtos; depósito de ingredientes e embalagens; depósito de produto acabado; área para rotulagem dos produtos e expedição.

A água utilizada nas atividades de processamento era obtida a partir do serviço de abastecimento municipal e a energia elétrica a partir do serviço de fornecimento do estado.

4.1.1 Descrição dos sistemas

i. Cultivo

As principais etapas agrícolas consideradas neste estudo foram: produção de mudas, preparo da área para o plantio, plantio em local definitivo, adubação, irrigação, tratos culturais e colheita.

As mudas foram produzidas pela técnica de enxertia pelo método de garfagem no topo em fenda cheia, como pode ser visualizado na figura 5.



Figura 5. Enxertia de umbuzeiro por garfagem no topo em fenda cheia.

Fonte: Araújo *et al.* (2000)

Todo o processo de produção das mudas foi descrito com base em informações disponíveis nos estudos de Araújo *et al.* (2000), Fonseca (2015) e Carneiro *et al.* (2018).

A formação das mudas inicia com a obtenção e tratamento das sementes. De forma geral, as sementes podem ser obtidas dos frutos caídos da planta ou podem ser colhidas após terem passado pelo trato digestivo de animais da caatinga. A próxima etapa consiste na sementeira que é realizada diretamente em sacos de polietileno (30 cm x 20 cm x 0,02 mm), contendo o substrato e três sementes em cada recipiente. Os sacos de polietileno foram preenchidos com terra da camada superficial do solo (até 10 cm de profundidade), onde posteriormente realizaram-se as fertilizações da muda no viveiro. Os tratamentos culturais iniciaram após 30 dias da sementeira, as principais atividades envolvidas nesta etapa consistiam de fertilizações de cobertura, irrigação e podas apicais da planta. Na fertilização de cobertura foram utilizados superfosfato simples, cloreto de potássio e ureia como fontes de NPK. A irrigação foi realizada durante todo o período de formação das mudas, de duas a três vezes por semana.

A enxertia é realizada após seis meses, quando as mudas/porta-enxerto atingem entre 0,6 cm e 0,8 cm de diâmetro do caule a 20 cm de altura do colo da planta. O enxerto é selecionado em relação às suas características produtivas, como frutos maiores, com maior porcentagem de polpa e maior teor de sólidos solúveis totais. Após a seleção do enxerto, efetua-se um corte ao meio no topo da haste do porta-enxerto e no enxerto são feitas duas incisões na forma de cunha que logo é introduzido no porta-enxerto. Com o objetivo de evitar o ressecamento dos tecidos, o enxerto implantado é envolto com fita de plástico e coberto com uma embalagem plástica transparente. Considerou-se que as mudas foram plantadas em local definitivo após três meses da enxertia.

O preparo da área para o plantio incluiu apenas a operação de gradagem. As mudas de umbuzeiro foram plantadas em covas de 40 x 40 x 60 cm com espaçamento 6 m x 6 m, o que corresponde a uma densidade de 278 plantas por hectare. Para a adubação de plantio é utilizado esterco bovino, originado de um pequeno rebanho de vacas leiteiras localizado na mesma propriedade do pomar.

A água para irrigação foi bombeada de poços subterrâneos, armazenada em caixas e distribuída através de um sistema de irrigação por gotejamento. Os umbuzeiros foram irrigados até entrarem em fase de floração e frutificação, cerca de 2 a 3 vezes na semana a depender da disponibilidade de chuvas.

Os tratamentos culturais se referem à adubação de cobertura e poda. As adubações de cobertura com esterco bovino fresco e folhas secas foram realizadas a partir do segundo ano com o objetivo de manter o nível de nutrientes no solo. A poda foi realizada, mas como as

informações sobre as quantidades e o efeito dos resíduos de poda no solo não estão disponíveis, as emissões relacionadas a degradação desses resíduos não foram consideradas. As plantas atingiram a maturidade depois de três anos de realizado o plantio e, portanto, os frutos foram colhidos manualmente nos meses de dezembro e janeiro.

De acordo com as informações dos produtores, as atividades no pomar iniciaram no ano de 2010 e a produção iniciou a partir do quarto ano com rendimentos estabilizados a partir do sexto ano.

ii. Processamento

Os frutos são recebidos na agroindústria, descarregados, pesados e inseridos em um tanque de primeira lavagem para remoção das sujidades e conseqüentemente redução de parte da carga microbiana. A água da primeira lavagem era trocada algumas vezes para garantir que os frutos saíssem praticamente limpos e dessa forma evitar a utilização de mais água nas etapas posteriores. Os frutos foram então conduzidos por uma esteira ao tanque de sanitização e durante a passagem, uma seleção foi necessária para descartar os frutos considerados não aptos ao processamento e manter os adequados para os próximos passos. A sanitização consistiu na imersão dos frutos por 15 minutos em água com solução de hipoclorito de sódio 2%. Em seguida, os umbus foram enviados ao tanque de enxague para remoção dos resíduos de sanitizantes.

Após o processo de higienização, os frutos passaram por um rápido aquecimento a vapor, etapa denominada pela fábrica de “pré-cozimento”. Em cada ciclo de aquecimento, os frutos cozidos eram retirados e armazenados em bombonas de plástico e uma pequena porção em uma câmara fria, para depois serem utilizados na produção dos doces. A água do aquecimento era retirada após o terceiro ciclo e destinada a produção de geleias, denominada no rótulo como suco de umbu. O primeiro ciclo de cozimento ocorria em um tempo de 10 minutos e os outros dois ciclos em 5 minutos cada.

Para produzir o doce de umbu, os frutos pré-cozidos eram despulpados para separação da polpa. Os resíduos gerados da etapa de despulpamento consistiam apenas de caroços, uma vez que as cascas são aproveitadas na etapa de cozimento. A polpa era conduzida ao tanque de concentração e mistura juntamente com o açúcar cristal orgânico, onde o teor de água era removido por evaporação, uma operação unitária muito usual no processamento de alimentos. O doce era retirado dos tachos de concentração após atingir no mínimo 65° brix (teor de sólidos solúveis), conforme especifica a legislação.

O produto era moldado em formato hexagonal com auxílio de formas de plástico reutilizáveis, permanecendo sob resfriamento a temperatura ambiente por algumas horas para depois ser embalado a vácuo. Para esse produto foram utilizadas duas embalagens principais,

a embalagem de plástico nylon poli para vácuo como a primária e caixas de papel do tipo papel cartão duplex com impressão em *offset* (secundária). Finalmente, os doces já embalados eram enviados para a expedição, armazenados em caixas de papelão (terciária) e, portanto, estavam prontos para serem distribuídos.

Diferente do umbu pré-cozido, o suco de umbu não era armazenado, sendo imediatamente utilizado na produção da geleia, o que significa que a geleia só é processada na fábrica no período de safra do umbu. As seguintes etapas foram consideradas em sua produção: adição do suco de umbu, açúcar cristal orgânico e pectina, concentração, esterilização de embalagens de vidro, acondicionamento, rotulagem e expedição.

Todos os equipamentos e utensílios utilizados durante a fabricação desses produtos eram higienizados diariamente com água, detergente neutro e cloro, antes e após a produção. Observou-se que as águas residuais das atividades de higienização dos frutos e limpeza da fábrica eram armazenadas em reservatórios localizados na parte externa da agroindústria sem qualquer tratamento.

4.2. Avaliação do Ciclo de Vida

Este estudo baseou-se no método da Avaliação do Ciclo de Vida sistematizado pelas normas NBR ISO 14040:2009 e NBR ISO 14044:2009 (Figura 6) e nas especificações da Regra de Categoria de Produto (RCP), desenvolvida no âmbito do EPD. Os produtos-alvo foram classificados no grupo 214 “preparações e conservas a base de frutas ou nozes” e na subclasse 21494 “doces, geleias, marmeladas, purê de frutas ou nozes e pasta de frutas ou nozes”.

Foram obedecidas as quatro fases da estrutura das normas, a saber: definição do objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação.

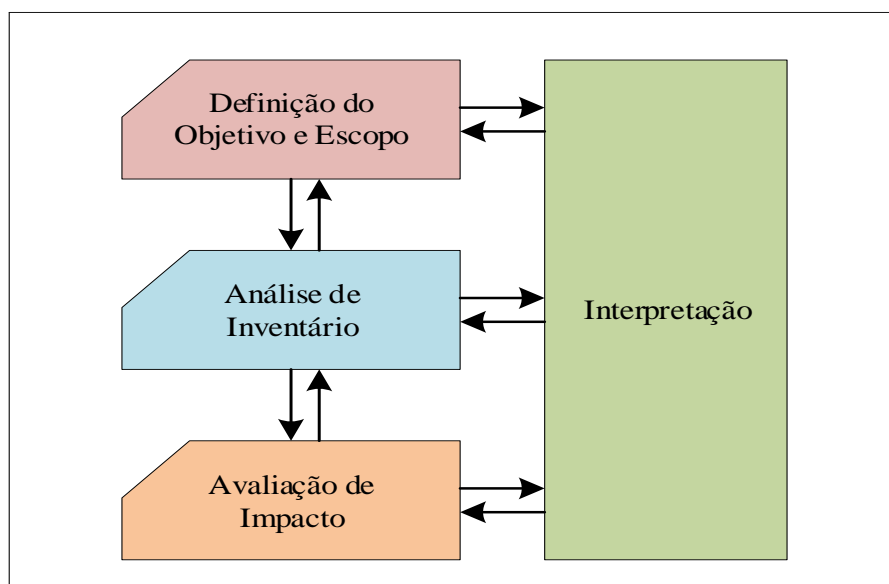


Figura 6. Fluxograma simplificado das etapas da ACV.
 Fonte: Adaptado da NBR ISO 14040:2009

4.2.1. Definição de objetivo e escopo

4.2.1.1. *Objetivo do estudo*

- Objetivo: avaliar os impactos ambientais no ciclo de vida da produção do doce e geleia de umbu e propor maneiras de mitigar os potenciais impactos ambientais associados.
- Razões para a realização do estudo: acredita-se que um conhecimento das condições ambientais de um importante setor agroalimentar no Brasil, como o processamento de frutas, através de dados claros e confiáveis o máximo possível é necessário para contribuir com a sustentabilidade no setor de alimentos.
- Público-alvo: os resultados da avaliação podem ser úteis aos agricultores, fabricantes do setor de processamento de frutas e a comunidade científica.

4.2.1.2. *Escopo do estudo*

- Função do sistema de produto: produzir derivados de frutas destinados a alimentação humana.
- Unidade Funcional: A RCP trata este item como unidade funcional ou unidade declarada (UD) e conforme as suas recomendações, a UD foi definida em 1 kg de doce (produto principal).
- Fronteira do sistema: considerou-se os processos definidos na RCP (Figura 7): processos *upstream* (berço ao portão) e processos *core* (portão ao portão) avaliando deste as operações da fase agrícola até as operações de produção na fábrica. Os

processos *downstream* (portão ao túmulo) estão fora dos limites do sistema de produto considerado.

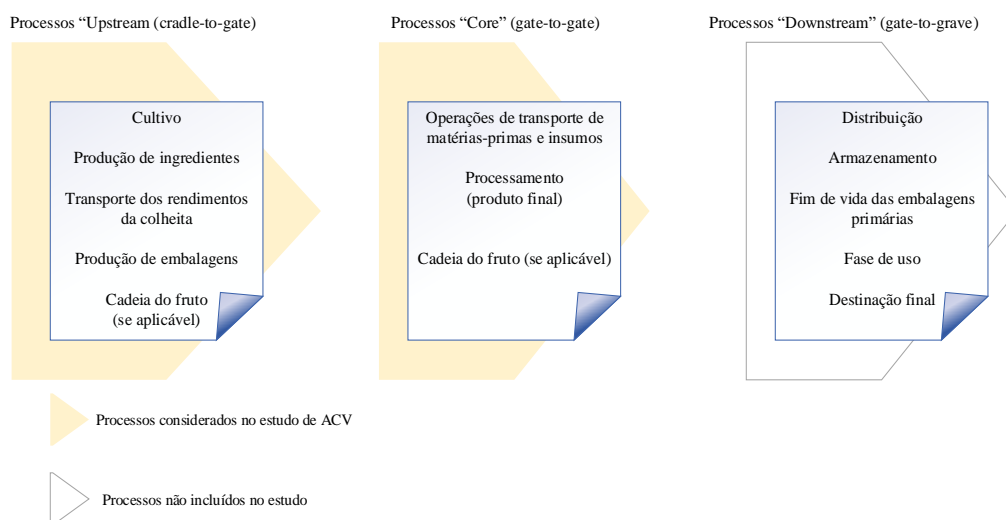


Figura 7. Processos considerados no estudo de ACV de acordo com as especificações da RCP.

Fonte: Adaptado da RCP CPC 21494

Na figura 8 é possível avaliar o fluxograma de produto com todas as entradas e saídas do sistema.

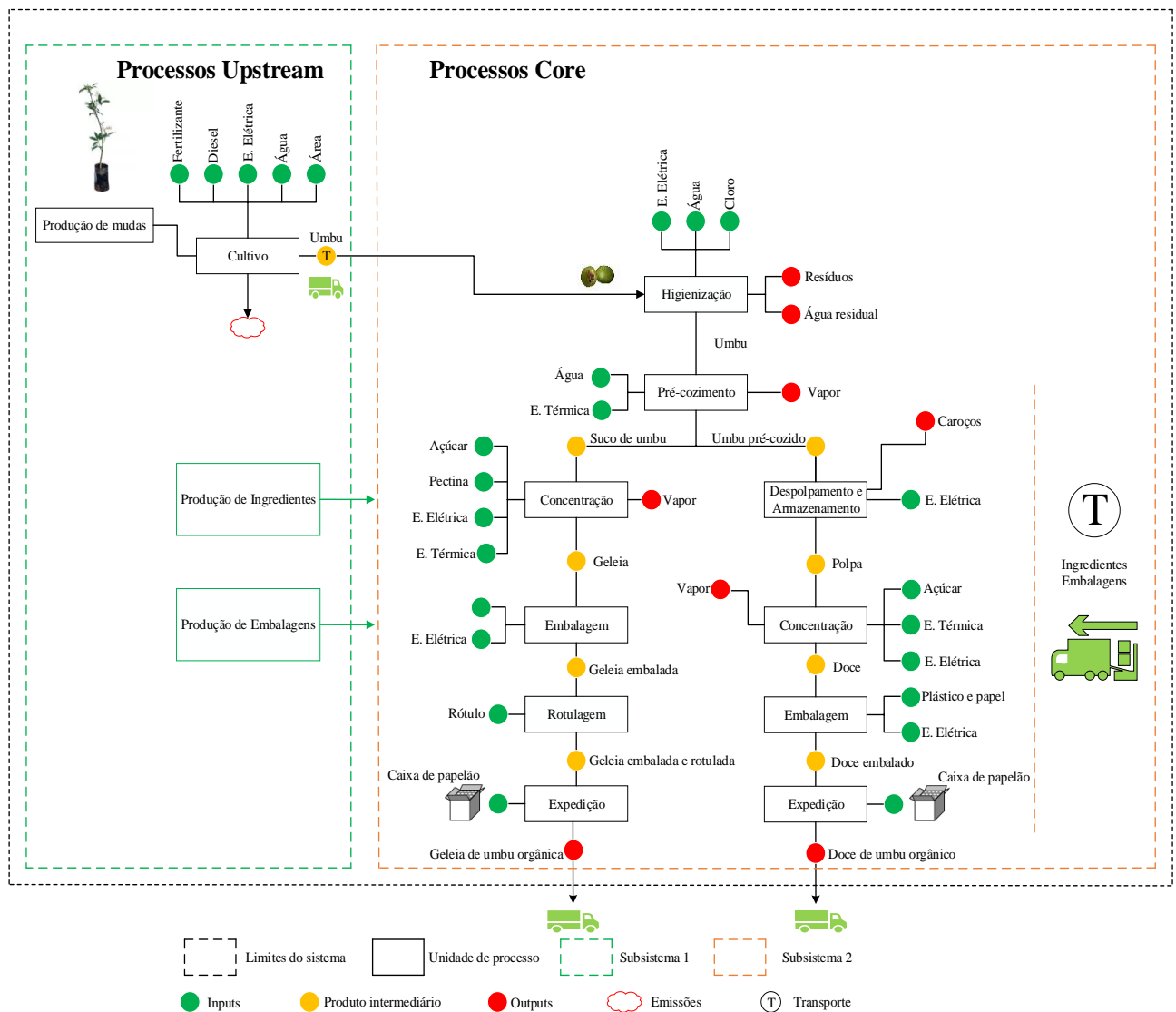


Figura 8. Fluxograma das fronteiras do ciclo de vida dos produtos: doce e geleia de umbu.

Fonte: o autor

- Procedimentos de alocação: o sistema sob avaliação é considerado como um sistema típico com mais de uma saída. Consistentemente, fatores de alocação mássica de 77,6% para a polpa de umbu (utilizada na produção do doce) e 22,4% para o suco de umbu (utilizado na produção da geleia) foram considerados. Os percentuais de alocação foram calculados com base na contribuição de cada produto resultante da etapa de pré-cozimento do fruto;
- Pressupostos:
 - Os sistemas de produção agrícola e industrial são independentes, ou seja, os frutos não são transportados do pomar (inventariado) para a agroindústria, portanto, considerou-se os impactos do transporte dos frutos oriundos da produção extrativista que abastece a agroindústria.

- Apesar de o umbu ser a matéria-prima principal da agroindústria, outras frutas são processadas, no entanto, apenas o processamento do umbu foi considerado no escopo da avaliação;
 - A agroindústria produz três tipos de doces de umbu, doce em massa, doce cremoso e o de massa coberto com açúcar, denominado como “umbu bom”. Em razão da semelhança entre etapas de produção, a avaliação foi representada pela escolha do doce em massa, por ser o produto com maior demanda e maior volume de produção;
 - Considerou-se os impactos da água residual da produção de fécula de batata, devido a inexistência de dados de impactos da água residual gerada por uma indústria de processamento de frutas;
 - Foi adotado o critério de corte para a pectina, uma vez que representava em menos de 1% a produção de geleia;
 - Na fase agrícola as informações estavam disponíveis até o 9º ano que é a idade do pomar. Logo, os dados foram extrapolados para os anos restantes.
 - Não foram contabilizados os impactos de infraestrutura, fabricação de equipamentos de produção e outros bens de capital.
- Metodologia de AICV: A RCP indica que as categorias devem ser selecionadas de forma que avalie as emissões de gases de efeito estufa (expressos em Potencial de Aquecimento Global); emissões relacionadas a acidificação terrestre, emissões de gases que contribuem com a formação de ozônio e emissões que contribuem para a depleção de oxigênio. Além disso, a RCP relata que outros indicadores podem ser incluídos no estudo. Neste caso, foram avaliados os impactos referentes ao uso e transformação da terra, uma vez que a fase agrícola faz parte do escopo deste estudo e os impactos relacionados ao consumo de água, também por se tratarem de sistemas que demandam água em seus ciclos produtivos.

4.2.2. Análise de Inventário

Uma das principais questões-chave da ACV aplicada ao setor agroalimentar é a falta de dados regionalizados e específicos, portanto, foi dada uma maior importância à obtenção de dados primários, sempre que possível.

4.2.2.1. Processos Upstream (berço ao portão)

Para obtenção dos dados da fase agrícola foram preparadas fichas de coleta de dados (Apêndice 1) específicas para agricultores que lidam com as atividades do pomar. Desta

forma, foi possível coletar informações referentes ao uso específico de entradas, como por exemplo, água, energia e fertilizantes vinculados à produção de umbu.

Os dados da fase agrícola foram agrupados em três fases:

- i. 1º ao 3º ano: implantação do pomar. Inclui as atividades de produção das mudas, preparo do solo, plantio, irrigação e adubação de cobertura a partir do 2º ano. Nesta fase as plantas estão em processo de desenvolvimento e não há produção.
- ii. 4º e 5º ano: período de baixa produção. Fase em que a produção se inicia, mas sem estabilidade.
- iii. 6º ao 30º ano: produção tende a estabilização.

Os dados de produção das mudas foram obtidos de estudos realizados por Araújo *et al.* (2000); Fonseca, (2015); Andrade *et al.* (2013); Carneiro *et al.* (2018).

Para normalizar as quantidades para a unidade requerida, os valores médios anuais foram multiplicados pelo fluxo de referência e então divididos pelos dados de produção média dos 30 anos. Assim, para compor um ano médio, os dados das três fases foram somados e divididos por 30.

4.2.2.2. Estimativas de emissões

As emissões de amônia e dióxido de carbono para o ar devido a aplicação de ureia foram estimadas segundo Nemecek e Schnetzer (2011). As emissões de óxido de nitrogênio foram calculadas seguindo os procedimentos descritos por Nemecek *et al.* (2015).

- Amônia (NH_3) – aplicação de esterco bovino como fertilizante orgânico

$$NH_3 - N = TAN * (er + c_{app}) * c_x$$

Onde:

- NH_3-N : emissões de nitrogênio na forma de NH_3 (kg N/ kg);
- TAN: teor de nitrogênio solúvel correspondente (kg N / kg de esterco);
- Er: taxa de emissão constante para cada tipo de esterco (% / 100 de TAN);
- C_{app} : refere-se à quantidade de esterco por aplicação e seu grau de diluição; só se aplica para esterco líquido (adimensional);
- C_x : fator de correção.

- Amônia (NH_3) – aplicação de fertilizante nitrogenado na produção de mudas

$$NH_3 = \sum_{i=1}^N (m_{ferti} * Ef_i) \frac{17}{14}$$

Onde,

- NH_3 é quantidade de amônia emitida pelo uso de fertilizantes nitrogenados ($kg \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$);
- M_{ferti} é o teor de nitrogênio do fertilizante ($kg \text{ N} \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$);
- E_{fi} é o fator de emissão do fertilizante nitrogenado ($kg \text{ NH}_3 \cdot kg \text{ N}^{-1}$).

- *Óxido de nitrogênio NOx – aplicação de fertilizantes sintéticos e esterco bovino*

Os óxidos de nitrogênio provêm principalmente do processo de nitrificação. A importância das emissões de NOx do manejo de fertilizantes e esterco é relativamente pequena comparada a outras fontes, por isso são utilizados fatores de emissão mais simples.

- Fator de emissão para a aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos (incluindo esterco animal) = 0,012 kg de NOx-N / kg de N aplicado.

- *Dióxido de carbono CO₂ – aplicação de ureia na produção de mudas*

Durante o processo de produção de ureia, é usado CO₂, que é quimicamente ligado à molécula de ureia. Após processos de aplicação e transformação no solo, esse CO₂ é liberado para a atmosfera.

$$C - CO_2 = (M * EF) * \frac{44}{12}$$

Onde,

- C- CO₂ = emissões de CO₂ pela aplicação de ureia ($kg \text{ CO}_2 \cdot ano^{-1} \cdot ha^{-1}$);
- M = massa de ureia na forma de nitrogênio ($kg \text{ N} \cdot ano^{-1} \cdot ha^{-1}$);
- EF = fator de emissão, que corresponde 1,570 kg CO₂/kg N.

- *Emissões de óxido nitroso para o ar e emissões de nitrato, fósforo e fosfato para a água*

Não foi possível calcular devido à ausência de dados específicos da fazenda estudada. Com relação as emissões de fosfato para a água, de acordo com Novais e Smyth (1999) os solos brasileiros possuem baixa mobilidade e devido a isso há mecanismos de fixação que torna o seu conteúdo de fósforo não-lixiviável, portando as emissões foram desprezadas.

4.2.2.3. *Processos Core (portão ao portão)*

Os dados da fase de processamento foram coletados por meio de acompanhamento de parte do processo produtivo e registro documental da agroindústria. Quando dados primários não estavam disponíveis, a base de dados da Ecoinvent e dados da literatura foram consultados para obtenção das informações secundárias.

Foram adotados os seguintes procedimentos para a obtenção dos dados de entradas, saídas e fluxos intermediários do sistema de produto:

- Água: a água utilizada na higienização do fruto foi estimada através da medição dos tanques e a água utilizada na higienização da fábrica foi calculada através do tempo gasto para encher um recipiente de volume conhecido, método conhecido como cubagem.
- Agentes de limpeza: as quantidades utilizadas de hipoclorito de sódio e detergente neutro foram estimadas conforme informações do fabricante disponíveis nas embalagens dos produtos.
- Água residual: considerou-se como água residual a mesma quantidade de água que entrou no sistema e foi desprezada após o uso.
- Energia Elétrica: para obtenção do consumo de energia elétrica em kWh, realizou-se o levantamento das potências dos motores elétricos de todos os equipamentos utilizados durante fabricação dos produtos (P) e o tempo de funcionamento em horas (t), conforme a equação 1.

$$E = P * t \quad (1)$$

- Energia Térmica (lenha): para obter a vazão de combustível adotou-se os procedimentos de cálculo citados por Uchimura, 2007 e Smith, 1996, conforme a equação 2.

$$\frac{\text{Vazão de combustível}}{\text{Vazão de vapor}} = \frac{100 * \Delta H^{vap}}{PC * ef(\%)} \quad (2)$$

Onde:

- ΔH^{vap} = variação de entalpia do vapor (kcal/kg) – em relação a temperatura da água de alimentação da caldeira;
- PC = poder calorífico da lenha de algaroba (kcal/kg). Adotou se o PC proposto por Pereira e Lima, 2002;
- Ef = eficiência da caldeira (%);
- Vazão de vapor = kg/h.
- Açúcar cristal orgânico: devido à ausência de um inventário do açúcar cristal orgânico nas bases de dados, foi elaborado um inventário com base em dados secundários e adaptações dos inventários do açúcar convencional que estavam disponíveis (PONCE, 2019; VILELA, 2013; JUNGBLUTH *et al.*, 2007). As quantidades foram calculadas com base em informações sobre a formulação dos produtos.
- Embalagens: realizou-se a pesagem de amostras de cada material de embalagem.
- Resíduos do processamento: valores estimados em relação a porcentagem média de semente presente nos frutos.

- Transporte: Realizou-se um levantamento das distâncias entre as cidades fornecedoras por meio da ferramenta *Google Maps* disponível na internet. Através da multiplicação da massa de cada insumo pela distância percorrida foi possível obter os dados de transporte (expresso em toneladas-quilômetro tkm);

Os dados de inventário referentes as entradas e saídas em cada etapa da produção de doce e geleia de umbu foram listados na tabela 2.

Tabela 2 – Inventário da produção de 1 kg de doce de umbu (produto principal).

Produto de referência	Unidade	Quantidade
Muda de umbuzeiro	n	1,00E+00
Entradas		
Área	ha	4,17E-03
Sementes	n	3,00E+00
Água	m ³	3,60E-01
Plástico	kg	4,76E-04
Ureia	kg	7,60E-02
Superfosfato simples	kg	1,91E-01
Cloreto de potássio	kg	9,50E-02
Saídas		
Emissões para o ar		
Amônia NH ₃	kg	1,14E-02
Óxidos de nitrogênio NO _x	kg	9,12E-04
Dióxido de carbono CO ₂	kg	1,73E-03
Produto de referência		
Umbu, colhido	kg	2,21
Entradas		
Ocupação de área agrícola	m ² a	1,78E-02
Muda de umbuzeiro	N	5,76E-02
Diesel	MJ	1,79E-03
Água	m ³	4,92E-03
Energia Elétrica	kWh	5,66E-03
Esterco de gado, adubação de plantio	kg	5,12E-03
Esterco de gado, adubação de cobertura	kg	4,95E-01
Saídas		
Emissões para o ar		
Amônia (NH ₃)	kg	2,05651E-07
Óxido de nitrogênio NO _x	kg	7,80655E-06
Produtos intermediários do processo		
Umbu pré-cozido	kg	1,85E+00
Suco de umbu	kg	4,56E-01
Entradas		
Umbu, colhido	kg	2,21E+00
Água	kg	2,47E+00
Hipoclorito de sódio	L	1,65E-03
Energia Elétrica	kWh	1,89E-02
Energia Térmica	MJ	4,17E+00
Transporte de umbu		

<i>Saídas</i>		
Resíduos sólidos	kg	3,72E-02
Água residual	L	6,75E-01
Vapor	kg	4,07E-01
Cinzas		3,22E-03
Produto de referência (principal)	Unidade	Quantidade
Doce de umbu, embalado	kg	1,00E+00
<i>Entradas</i>		
Umbu pré-cozido	kg	1,85E+00
Energia Elétrica	kWh	2,04E-01
Energia Térmica	MJ	3,73E+01
Água	L	1,29E+01
Polpa	kg	1,34E+00
Açúcar cristal orgânico	kg	6,68E-01
Embalagem de nylon	kg	1,18E-02
Embalagem de cartão duplex	kg	5,80E-02
Hipoclorito de sódio	kg	2,82E-03
Detergente neutro	L	5,64E-04
Embalagem de papelão	kg	5,00E-02
Transporte de ingredientes	tkm	1,46E-01
<i>Saídas</i>		
Resíduos sólidos	kg	5,13E-01
Água residual	L	4,45E+00
Vapor	kg	1,01E+00
Cinzas	kg	3,12E-02
Produto de referência		
Geleia de umbu, embalada	kg	3,28E-01
<i>Inputs</i>		
Suco de umbu	L	4,56E-01
Açúcar cristal orgânico	kg	1,82E-01
Pectina	kg	1,52E-03
Água	L	4,20E+00
Energia Elétrica	kWh	5,08E-02
Energia Térmica	MJ	9,91E+00
Embalagem de vidro	kg	2,05E-01
Aço estanhado	kg	9,68E-03
Rótulo	kg	3,51E-04
Embalagem de papelão	kg	2,05E-02
Detergente neutro	L	1,51E-04
Hipoclorito de sódio	L	7,48E-04
Transporte de embalagens	tkm	5,10E-01
<i>Saídas</i>		
Vapor	kg	3,11E-01
Água residual	L	1,02E+00
Cinzas	kg	1,09E-02

4.2.3. Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV)

Para realizar a AICV, o método ReCipe 2016 MidPoint, modelo hierárquico (H) foi aplicado utilizando o software SimaPro versão 8.5.2. A AICV traduz as emissões e recursos

em um número limitado de pontuações de impactos ambientais por meio dos chamados fatores de caracterização. O ReCiPe 2016 segue a mesma estratégia do ReCiPe 2008, onde diferentes fontes de incerteza e diferentes escolhas são agrupadas em perspectivas ou cenários. Neste estudo, os indicadores de ponto médio foram escolhidos. A RCP recomenda a inclusão das seguintes categorias no estudo de ACV de derivados de frutas:

- Aquecimento Global (*Global Warming*) – AG: considera os efeitos ambientais de um produto ou serviço tanto para saúde humana quanto para a saúde do ecossistema. De maneira simplificada, o diagrama de causa e efeito para esta categoria se traduz na emissão de um Gás de Efeito Estufa (GEE) que levará a um aumento na concentração de GEE, o que por sua vez aumentará a capacidade de força radioativa, resultando em um aumento da temperatura média global na atmosfera. Sua unidade é o kg de dióxido de carbono equivalente emitido para a atmosfera (kg CO₂ eq).
- Acidificação Terrestre (*Terrestrial Acidification*) – AT: quantifica as alterações na acidez do solo mediante a deposição atmosférica de substâncias orgânicas como sulfatos, nitratos e fosfatos. Para quase todas as espécies de plantas é definido uma faixa ótima de acidez e mudanças nos níveis de acidez tornam-se prejudicial para a cultura. As principais emissões de acidificação do solo são NO_x, NH₃ e SO₂. A unidade de medida definida para essa categoria é expressa em kg de dióxido de enxofre equivalente (kg SO₂ eq).
- Eutrofização de Água Doce (*Freshwater Eutrophication*) – EAD: ocorre devido a descarga de nutrientes no solo ou nos corpos de água doce, tendo como consequência o aumento do nível de nutrientes, isto é, fósforo e nitrogênio, provocando assim um aumento da captação de nutrientes por organismos autotróficos, como algas e cianobactérias; e espécies heterotróficas como peixes e invertebrados. Em última análise, isso leva a perda relativa de espécies. A unidade é expressa em Kg de fósforo equivalente (kg P eq).
- Formação de Ozônio Fotoquímico – FOF: o ozônio não é emitido diretamente na atmosfera, mas é formado como resultado de reações fotoquímicas de NO_x e compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOCs). A unidade de medida desta categoria é expressa em kg de NO_x eq.
- Uso da Terra (*Land Use*) – UT: utiliza-se o termo geral “uso da terra” quando na verdade se refere ao ciclo completo de ocupação e transformação da terra. Sua unidade é expressa em m²a de cultivo equivalente (m²a crop eq).
- Consumo de Água (*Water Consumption*) – CA: quantifica a água que é consumida e evaporada, a que é incorporada em produtos e serviços e a água que é transferida para

outras bacias hidrográficas ou descartada no mar. O consumo indica uma redução na disponibilidade de água para os seres humanos e ecossistemas. O consumo de água é expresso em m³,

Além das categorias definidas pela RCP, as seguintes categorias de impactos consideradas relevantes foram incluídas:

- Escassez de Recursos Minerais (*Mineral Resource Scarcity*) – ERM: quantifica os danos a escassez de recursos minerais, isto é, a extração primária de um recurso mineral levará a uma diminuição geral do teor de minério. Sua unidade é o kg de cobre equivalente (kg Cu eq).
- Escassez de Recursos Fósseis (*Fossil Resource Scarcity*) – ERF: contabiliza os combustíveis fósseis extraídos. Sua unidade é expressa em kg de óleo combustível equivalente (kg oil eq).

Essas categorias de impacto adicionais foram incluídas devido a possibilidade de relevância em relação a algumas entradas do sistema, por exemplo a entrada de fertilizantes como contribuição na escassez de recursos minerais e a contribuição das operações de transporte na escassez de recursos fósseis.

4.2.4. Procedimentos de interpretação

Para facilitar a identificação dos pontos críticos, todos os processos e atividades envolvidas na cadeia de produção foram agrupados nos seguintes fatores:

- Cultivo: inclui os encargos ambientais envolvidos na fase de produção agrícola de umbu;
- Atividades de limpeza: engloba as etapas de higienização do fruto e higienização da fábrica, quantificando os impactos da produção dos agentes de limpeza utilizados no processo, consumo de água, energia elétrica e geração de águas residuais;
- Processamento: inclui as etapas de despulpamento, armazenamento da polpa, pré-cozimento do fruto, evaporação e produção de ingredientes, na qual são avaliados os impactos do consumo de energia elétrica, água, açúcar e da geração de resíduos.
- Embalagens: envolve os pontos críticos ambientais (*hotspots*) da produção dos diferentes materiais de embalagens utilizados;
- Caldeira: compreende os impactos ambientais relacionados a produção e energia térmica (combustão da lenha), água de alimentação, energia elétrica consumida pela bomba e saída de resíduos.
- Transporte: implica nas emissões do fornecimento de matérias-primas (umbu, ingredientes e embalagens) a planta de processamento.

4.2.5. Análises de sensibilidade

Foram realizadas análises de sensibilidade, visando avaliar o comportamento dos resultados variando entradas e premissas consideradas. Os critérios de escolhas das variáveis foram definidos após a interpretação dos resultados.

4.2.5.1. Comparação entre diferentes combustíveis para a geração de energia térmica

Diferentes tipos de combustíveis podem ser usados em caldeiras para produção de energia térmica e, partindo desse pressuposto, este estudo buscou comparar o desempenho ambiental do combustível utilizado na fábrica (lenha – cenário convencional) com o óleo combustível e gás natural.

Para isso, considerou-se as seguintes premissas para realização de cálculos de energia térmica (Tabela 3) e os respectivos processos selecionados no SimaPro em relação aos combustíveis estudados (Tabela 4).

Tabela 3 – Especificações da caldeira em função do tipo de combustível.

Item	Lenha	Gás natural	Óleo combustível
Produção de vapor	400 kgv/h	400kgv/h	400kgv/h
Eficiência	80%	¹ 90%	¹ 90%
Poder Calorífico Inferior	⁽²⁾ 4935 kcal/kg	⁽¹⁾ 9065 Kcal/Nm ³	⁽¹⁾ 9750 kcal/kg
Temperatura da água de alimentação da caldeira	25°C	25°C	25°C
Entalpia do vapor saturado	104,8 kJ/kg	104,8 kJ/kg	104,8 kJ/kg
Pressão de trabalho	5,00 kgf/cm ²	5,00 kgf/cm ²	5,00 kgf/cm ²

⁽¹⁾Alborg industries; ⁽²⁾Uchimura, 2007

Tabela 4 – Descrição dos processos selecionados para a comparação ambiental de diferentes combustíveis

Item	Processo
Lenha	Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW} heat production, mixed logs, at furnace 100kW APOS, U
Gás Natural	Heat, district or industrial, natural gas {RoW} heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW APOS, U
Óleo Combustível	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW} heat production, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW APOS, U

4.2.5.2. Cenário de produção de bioenergia

Os dois cenários a seguir foram avaliados:

- a) Cenário base: em que a lenha de algaroba (*Prosopis juliflora*) é utilizada na caldeira para produção de calor (na forma de vapor);
- b) Cenário alternativo: em que os resíduos do processamento de umbu são secos e usados como biocombustível sólido para fornecer calor ao processo de produção do doce e geleia, substituindo parte da lenha utilizada.

Na planta de processamento, a separação dos resíduos faz parte da operação normal da agroindústria, seja o resíduo usado para produção de bioenergia ou não.

Para simulação do cenário alternativo, as seguintes informações foram consideradas:

- a) Poder Calorífico Superior (PCS): 18,64 MJ.kg⁻¹ e teor de cinzas: 5,25%, conforme previamente determinado no estudo de Pereira *et al.* (2015);
- b) Equipamento de secagem: simulou-se a utilização de um secador de bandeja modelo CT-C-I, com capacidade de secagem de 300 kg e potência de 2,2 kW.
- c) Especificações da caldeira: foram considerados os mesmos valores do cenário convencional (produção de vapor, temperatura da água, entalpia de vapor saturado, pressão de trabalho e eficiência da combustão).

4.2.5.3. Formulação alternativa para a geleia de umbu

Foi proposta uma nova formulação, que substitui o uso da sacarose, presente no açúcar cristal orgânico, pela frutose, carboidrato presente naturalmente em todas as frutas. A geleia recebe em sua formulação o suco de maçã concentrado orgânico, sendo este principal responsável pelo sabor doce do novo produto.

Considerou-se dois cenários para fins comparação, ou seja, a formulação padrão (atualmente utilizada pela agroindústria) e a nova formulação (suco de umbu concentrado, suco de maçã concentrado e pectina).

Para a realização deste cenário foi elaborado um inventário do suco de maçã concentrado orgânico com base nos estudos de Khanali *et al.* (2020); Zhu *et al.* (2018) e Rizzon *et al.* (2005). Os dados foram adaptados o máximo possível para a realidade do Brasil, com o objetivo de diminuir os níveis de incerteza no estudo de sensibilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida (AICV)

5.1.1 Doce

A primeira análise deste estudo se deu sobre a contribuição das fases do ciclo de vida parcial da produção de doce de umbu (produto principal), sendo os resultados apresentados por categoria de impacto (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados da caracterização dos processos de produção de 1 kg de doce de umbu por categoria de impacto ambiental

Categorias*: unidade	Cultivo	Processamento	Embalagens	Transporte	Atividades de limpeza	Caldeira	Total
AG: kg CO2 eq	4,44E-02	1,41E+00	1,24E-01	2,58E-01	3,27E-02	3,31E-01	2,20E+00
FOF: kg NOx eq	1,41E-04	8,21E-03	2,87E-04	1,77E-03	6,46E-05	8,09E-03	1,86E-02
AT: kg SO2 eq	1,26E-03	4,58E-03	3,82E-04	7,82E-04	1,45E-04	3,62E-03	1,08E-02
EAD: kg P eq	1,85E-05	1,43E-05	3,86E-05	1,37E-07	1,24E-05	1,35E-04	2,19E-04
UT: m2a crop eq	1,73E-02	1,18E-01	2,83E-02	0,00E+00	2,80E-04	2,40E+00	2,56E+00
ERM: kg Cu eq	5,17E-04	-5,20E-06	1,27E-04	8,31E-06	1,40E-05	2,29E-04	8,91E-04
ERF: kg oil eq	1,33E-02	3,51E-02	4,50E-02	7,90E-02	7,79E-03	7,67E-02	2,57E-01
CA: m ³	2,15E-02	2,41E-03	1,20E-03	2,31E-05	1,54E-03	1,34E-02	4,01E-02

*AG: Aquecimento Global; FOF: Formação de Ozônio Fotoquímico; AT: Acidificação Terrestre; EAD: Eutrofização de Água Doce; UT: Uso da Terra; ERM: Escassez de Recursos Minerais; ERF: Escassez de Recursos Fósseis; CA: Consumo de Água.

Observa-se que em termos de Aquecimento Global (AG), o processamento resultou em maiores emissões, com valores em torno de 65% (Figura 9). Do percentual de contribuição para esta categoria, cerca de 60,7% dos impactos estavam na fase de produção do açúcar cristal orgânico, mais precisamente na produção agrícola da cana-de-açúcar em sistema de cultivo orgânico. Os principais aspectos contribuintes para este processo foram o consumo de diesel pelo maquinário agrícola e as emissões da aplicação de calcário e vinhaça na lavoura.

Ainda na categoria AG, o transporte de ingredientes para a planta de processamento resultou em aproximadamente 10% dos impactos, a produção de energia térmica em 15,1%, a produção de embalagem do tipo papel cartão duplex em 5,6% e a etapa de produção da polpa em 7%, sendo os impactos desta última etapa dividido entre os processos de higienização da fruta e cultivo do umbu.

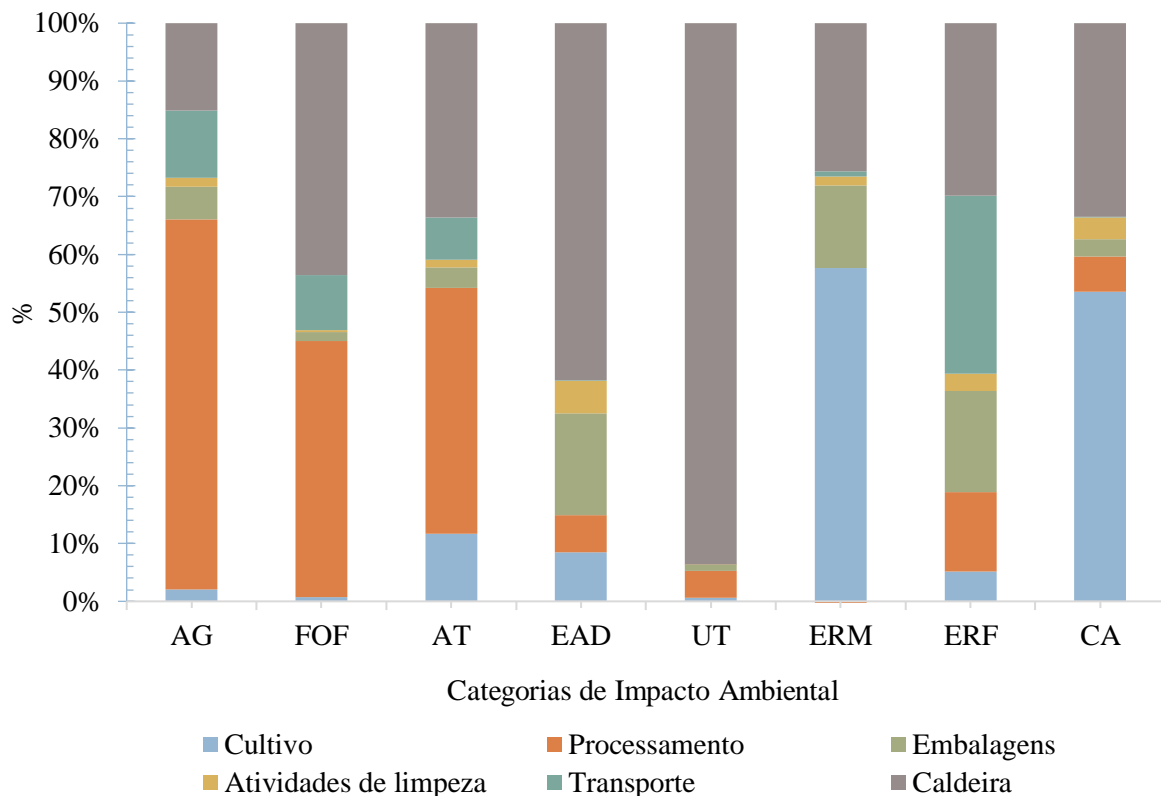


Figura 9. Análise de contribuição dos impactos da produção de 1kg de doce de umbu por categoria de impacto ambiental.

Para as categorias FOF e AT, as maiores contribuições foram para os fatores agrupados nas atividades de processamento e caldeira, cerca de 44,4% e 43,5% (FOF); e 32,9% e 33,5% (AT), respectivamente. O açúcar cristal orgânico foi novamente o ponto mais crítico do processamento do doce de umbu, sendo os principais fluxos contribuintes as emissões pelo consumo de diesel na fase agrícola da cana-de-açúcar e as emissões da queima do bagaço utilizado na cogeração de energia pela indústria sucroalcooleira. Em relação à caldeira, as principais fontes de impactos estavam associadas à geração de energia térmica, proveniente das emissões formadas a partir da combustão da madeira.

Ainda em relação à categoria AT, os resíduos gerados do processamento contribuíram com 8% das emissões. Para Ribeiro *et al.* (2019) os resíduos do processamento de umbu podem ser ingredientes adequados para o desenvolvimento de alimentos mais ricos em nutrientes e compostos bioativos, já para De Menna *et al.* (2015) os resíduos agroindustriais devem ser avaliados quanto ao seu potencial energético, pois a integração da bioenergia a partir de resíduos para o autoconsumo da indústria poderá resultar em menores impactos ambientais.

A geração de energia térmica foi o fator que mais contribuiu também para as categorias UT (93,3%), EAD (61,5%), AT (33,4%) e CA (32,9%). Pelo fato do umbu ser um fruto sazonal, a sua disponibilidade está sujeita aos períodos de safra e por isso, nem sempre

há matéria-prima em quantidades necessárias para atender a demanda. Isso leva a uma inconstância na produção e não aproveitamento de toda capacidade tecnológica da fábrica, fatores que podem ter contribuído com produção de energia térmica excedente e consequentemente com os maiores escores ambientais nestas categorias.

O impacto da geração de energia térmica na categoria UT chama atenção pelo seu valor bem expressivo. Ao analisar a fonte, observa-se que a maior parte dos impactos se encontra no combustível (lascas de madeira). Vale destacar que o processo selecionado no software SimaPro não faz menção ao tipo de madeira, podendo este ser um valor que não condiz com a realidade do combustível utilizado pela agroindústria em estudo.

Outros processos, como a produção da embalagem apresentou impactos consideráveis, cerca de 17,5% para a categoria EAD e 17,6% para a ERF. Para a categorias EAD a produção das embalagens de papel cartão com impressão offset e as de papelão utilizadas no setor de expedição contribuíram com 5,1% e 11% dos impactos, respectivamente. Quanto a ERF, uma parcela dos impactos das embalagens se deve a produção do filme de polietileno de baixa densidade e a outra teve como fonte a energia elétrica necessária para a produção do papelão ondulado.

Em relação a fase de cultivo, as emissões causadas pelo consumo de fertilizantes sintéticos na produção de mudas e esterco bovino utilizado no plantio das mudas, resultaram em contribuições mais significativas para a categoria ERM (58,8%), representando mais de 50% do seu valor total para a fase de berço. Para ambos os tipos de fertilizantes utilizados (sintéticos e orgânicos), o fosfato presente tanto na composição do esterco quanto na composição do superfosfato simples foi o principal fator contribuinte para as emissões desta categoria.

Isso revelou o fato de que não apenas a quantidade de fertilizantes utilizada pelos agricultores deve ser reduzida significativamente, mas também estratégias mais elaboradas para uma utilização eficiente dos fertilizantes devem ser cuidadosamente implementadas. Além disso, incentivar os agricultores a proteger o meio ambiente local, melhorar suas habilidades de manejo de pomares e aumentar sua conscientização ambiental pode ser um ponto importante para reduzir o uso de fertilizantes e aumentar a eficiência do seu uso.

Apesar dos benefícios ambientais e econômicos que a redução do uso de fertilizantes poderá trazer, como a redução do risco de acidificação e a redução dos custos de produção, a utilização desequilibrada e a redução não planejada de fertilizantes também podem comprometer não apenas no rendimento da produção, mas também na qualidade do solo.

Analisando a categoria consumo de água - CA, a fase de cultivo contribuiu com cerca de 54, 3% dos impactos e, mais de 40% deste total foi decorrente a etapa de produção das mudas em viveiro. Apesar do umbuzeiro apresentar características de resistência a seca, a cultura necessita de irrigações, tanto na fase de desenvolvimento das mudas quanto na fase de plantio em local definitivo. Ainda na categoria CA, o consumo de água pela caldeira constitui cerca de 13% dos impactos.

Como esperado, as emissões das operações de transporte foram mais significativas na categoria ERF, resultado em aproximadamente 30% dos impactos para esta categoria. Deste total, 24,8% das emissões são referentes ao transporte de açúcar para a fábrica, tendo como fonte de impactos o consumo de óleo diesel.

5.1.2 Geleia

A segunda análise deste estudo se deu sobre a contribuição das fases do ciclo de vida parcial da produção da geleia de umbu. Os resultados da caracterização e das contribuições relativas por categoria de impacto podem ser visualizados na tabela 6 e na figura 10, respectivamente.

Tabela 6 – Resultados da caracterização dos processos de produção de 1 kg de geleia de umbu por categoria de impacto ambiental

Categorias/ unidade	Cultivo	Processamento	Embalagens	Transporte	Atividades de limpeza	Caldeira	Total
AG: kg CO2 eq	1,28E-02	3,73E-01	2,57E-01	1,33E-01	8,87E-03	9,07E-02	8,75E-01
FOF: kg NOx eq	4,05E-05	2,24E-03	7,07E-04	9,32E-04	1,75E-05	2,15E-03	6,09E-03
AT: kg SO2 eq	3,65E-04	1,04E-03	1,43E-03	4,09E-04	3,99E-05	9,71E-04	4,26E-03
EAD: kg P eq	5,34E-06	2,42E-06	3,61E-05	7,08E-08	3,36E-06	3,66E-05	8,40E-05
UT: m2a crop eq	4,98E-03	3,52E-02	1,55E-02	0,00E+00	7,58E-05	6,37E-01	6,93E-01
ERM: kg Cu eq	1,49E-04	-1,74E-06	7,17E-05	4,29E-06	3,70E-06	6,18E-05	2,89E-04
ERF: kg oil eq	3,83E-03	8,14E-03	6,80E-02	4,07E-02	2,12E-03	2,10E-02	1,44E-01
CA: m³	6,20E-03	3,34E-04	2,02E-03	1,19E-05	4,09E-04	4,49E-03	1,35E-02

*AG: Aquecimento Global; FOF: Formação de Ozônio Fotoquímico; AT: Acidificação Terrestre; EAD: Eutrofização de Água Doce; UT: Uso da Terra; ERM: Escassez de Recursos Minerais; ERF: Escassez de Recursos Fósseis; CA: Consumo de Água.

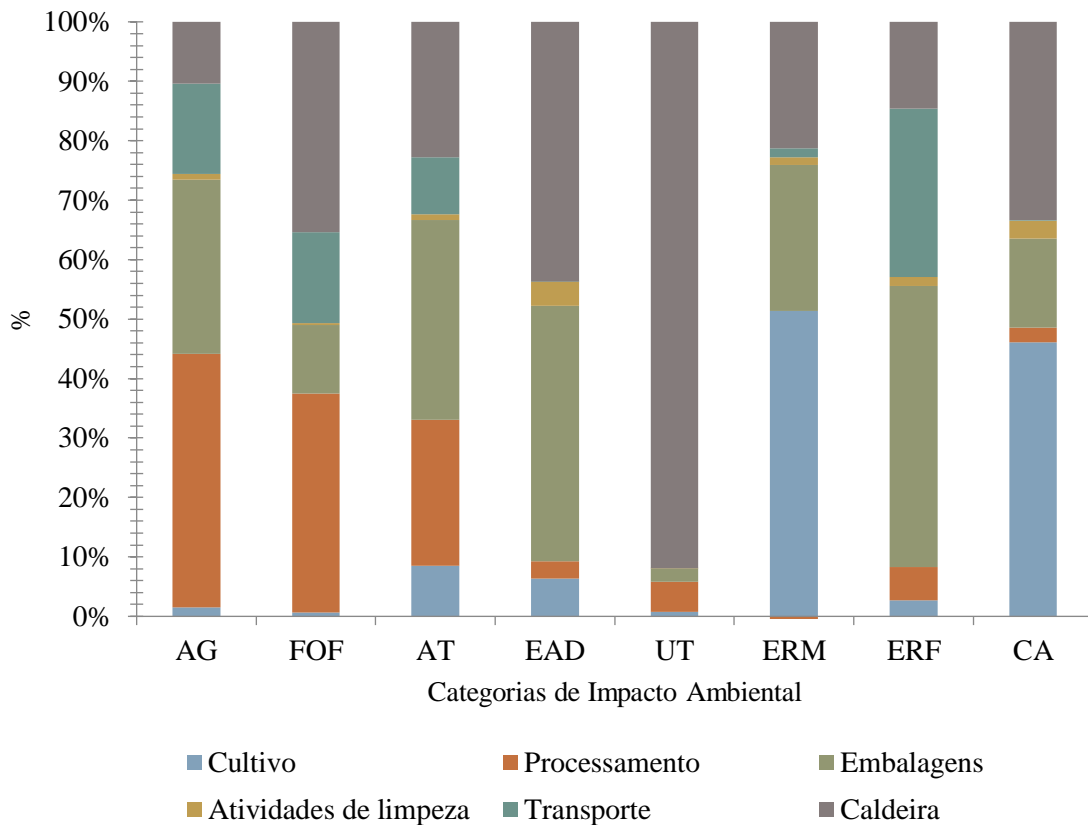


Figura 10. Impactos ambientais da produção de 0,328 kg de geleia de umbu.

Analisando a contribuição dos impactos para a categoria AG, nota-se a predominância nos estágios de processamento, embalagens e transporte. O processamento contribuiu com 42,6%, a produção de embalagens com 29,3% e as etapas de transporte com 15,2%, ficando a caldeira com os 11% restantes. As atividades de limpeza e a fase de cultivo do umbuzeiro, juntas, contribuíram com menos de 3% das emissões para esta categoria.

A rede de contribuição dos processos indica que cerca de 41,8% dos impactos da fase de processamento foram da produção do açúcar cristal orgânico na usina, o que corresponde a 3,5E-01 kg CO₂ eq por produção de 0,328 kg de geleia.

Nas categorias FOF e AT, a fase de processamento assumiu o protagonismo dos impactos, tendo também como fonte principal a produção do açúcar. As contribuições foram na ordem de 36,6% para a FOF e 24,6 para AT.

As contribuições da etapa de produção das embalagens de vidro foram relevantes para quase todas as categorias de impacto, exceto para a categorias UT e CA. As categorias ERF, EAD, AT e AG resultaram em 47,3%, 43,04%, 33,6% e 29,3% dos impactos, respectivamente. Esses valores podem ser explicados pela alta exigência de energia elétrica na fabricação das embalagens de vidro.

A produção das caixas de papelão utilizadas na expedição apresentou menor consumo de energia do que a fabricação de materiais de vidro, levando a menores emissões de CO₂ no subsistema de embalagens.

Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos que também avaliaram produtos agroindustriais, como Arzoumanidis *et al.* (2017) que analisaram o ciclo de vida de quatro produtos, sendo um deles o suco de limão orgânico. Neste estudo, a fase de produção das embalagens de vidro utilizadas no engarrafamento das bebidas, foi considerada a mais impactante para quase todas as categorias de impacto selecionadas, principalmente na categoria AG, resultando em emissões de 2,27 kg de CO₂ eq por unidade funcional.

As embalagens são indispensáveis em sistemas de produção de alimentos pois servem para diversos fins, como por exemplo, conter e proteger os produtos de contaminação e danos, dispor de informações necessárias ao consumidor, facilitar o transporte e armazenamento (MARSH e BUGUSU, 2007; FRESÁN *et al.*, 2019). Do ponto de vista ambiental, diferentes materiais de embalagens de alimentos são atribuídos como uma das principais fontes de impactos negativos. Neste sentido, modificar os padrões atuais em direção a menores requisitos de embalagens poderia levar a melhorias ambientais consideráveis no ciclo de vida dos produtos na indústria de alimentos (ROY *et al.*, 2009).

Em relação às operações de transporte, os impactos principais foram nas categorias ERF, AG e FOF, resultando em 28,3%, 15,1% e 15,3% das emissões, respectivamente. As principais fontes dos impactos neste processo foram devido a produção e combustão do diesel.

A fase de cultivo contribuiu com 48,5% dos impactos na categoria de impacto ERM, 43,4% na categoria CA e 8% na AT. O consumo de superfosfato simples na etapa de produção de mudas foi o principal responsável pelos impactos na categoria ERM. Além disso, cabe salientar que os processos até a obtenção dos produtos intermediários (suco e da polpa de umbu) são iguais, portanto as contribuições para esta categoria devem ser relevantes tanto para a geleia quanto para o doce. Em relação as demais categorias avaliadas, o cultivo resultou em escores menores que 8%.

A baixa contribuição da energia elétrica utilizada diretamente no processamento pode ser explicada pelos requisitos de baixa tensão dos equipamentos e pelo fato de muitas etapas do processo serem realizadas de forma manual. Além disso, observou-se uma proximidade entre as unidades de processo que minimizam o consumo de energia elétrica.

5.2 Análises de Sensibilidade

5.2.1. Comparação entre diferentes combustíveis para a geração de energia térmica

Um dos principais pontos críticos da produção dos derivados de umbu estavam associados ao uso de energia térmica. Mudanças nos tipos de combustíveis utilizados para a produção de energia térmica alteraram os resultados gerais do estudo, possibilitando a identificação de um cenário que resulte em menores impactos ambientais negativos. O resultado do desempenho ambiental para este cenário pode ser visualizado na figura 11.

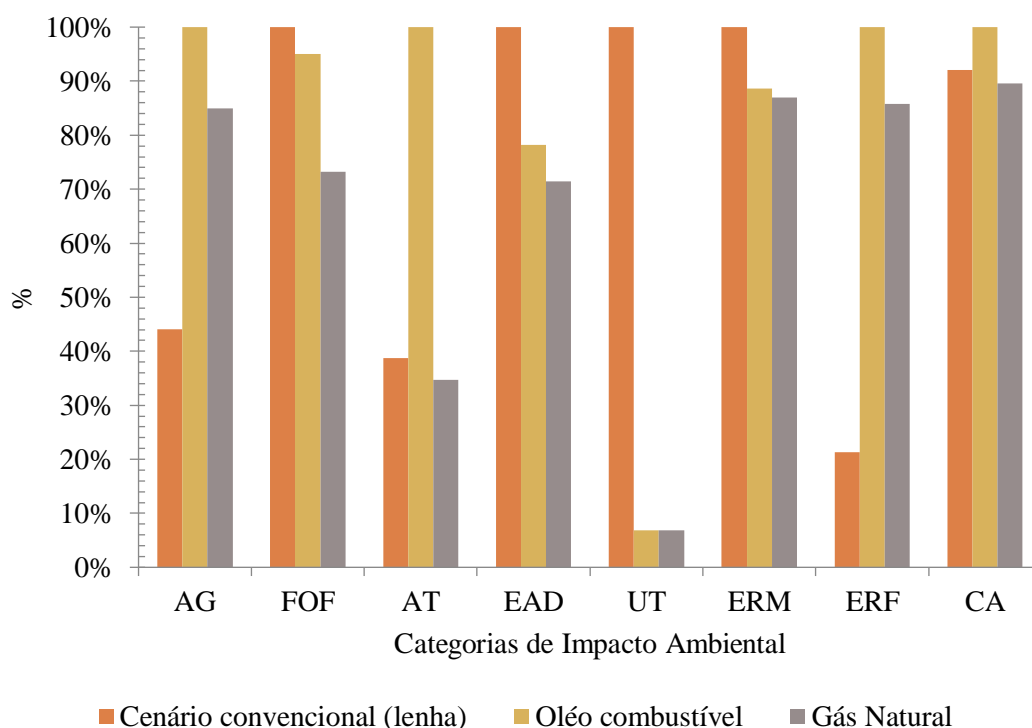


Figura 11. Comparação entre diferentes possibilidades (cenários) de combustíveis utilizados em caldeiras para produção de energia térmica.

Nota-se de forma clara que a utilização do gás natural contribuiu com a redução dos impactos ambientais em todas as categorias de impacto, com exceção das categorias AG e ERM. De acordo com Moreira (2012), o gás natural é um combustível fóssil, resultante da decomposição de matéria orgânica em meio carente de oxigênio e sob condições elevadas de pressão e temperatura. Mais leve que o ar e apesar de não está isento de emissões, ele está entre os energéticos com menor potencialidade de causar impactos negativos ao meio ambiente. Além disso, era esperado que o gás natural resultasse em contribuições ambientais positivas comparados aos outros combustíveis, uma vez que em princípio é isento de enxofre e cinzas, o que dispensa a eliminação de cinzas e processos de remoção de enxofre.

Em relação a categoria FOF, a lenha e o óleo combustível representaram os piores cenários, sendo o gás natural a melhor alternativa. Um sistema de tratamento de gases de combustão e combustão mais eficiente também podem ajudar a reduzir o FOF independente do combustível utilizado.

Na categoria Aquecimento Global, a substituição da madeira pelo óleo combustível e gás natural elevou as emissões de dióxido de carbono (CO₂), originadas do processo de combustão. A combustão é uma reação química exotérmica que se dá entre um combustível e um gás comburente, principalmente o oxigênio, levando a formação de CO₂ e vapor de água. As condições de processo de combustão podem acarretar na formação de outros poluentes, tais como: monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio NO_x, óxidos de enxofre SO_x, compostos orgânicos voláteis (COV) e partículas variadas (GIODA, 2018).

Os resultados para a categoria ERF eram esperados, uma vez que o gás natural e o óleo são combustíveis fósseis e a sua utilização contribuem como a escassez desse recurso. Já em relação a categoria UT, os cenários utilizando esses combustíveis fósseis reduziram os impactos em mais de 90%, as maiores contribuições para o cenário convencional podem ser facilmente justificadas pela ocupação e transformação agrícola da algaroba para produção de lenha.

O uso do óleo combustível representou o pior cenário em quatro das oito categorias avaliadas (AG, AT, ERF e CA) e o combustível lenha nas outras quatro categorias restantes (FOF, EAD, UT e ERM). Isso significa que a produção de energia térmica utilizando o gás natural além de proporcionar o melhor rendimento energético resulta em uma geração mínima de resíduos. Por outro lado, resultou em aumento na categoria de Aquecimento Global, que geralmente é um dos indicadores onde mais se busca redução. Este é um trade-off que deve ser avaliado na decisão pela instalação de uma caldeira a gás natural. A escolha pode representar uma alternativa viável para agroindústria de processamento, a depender dos objetivos pretendidos.

5.2.2. *Cenário integrado de produção de bioenergia*

A figura 12 mostra a contribuição dos impactos de comparação entre o cenário convencional e integrado (produção de bioenergia) em relação a cada categoria de impacto.

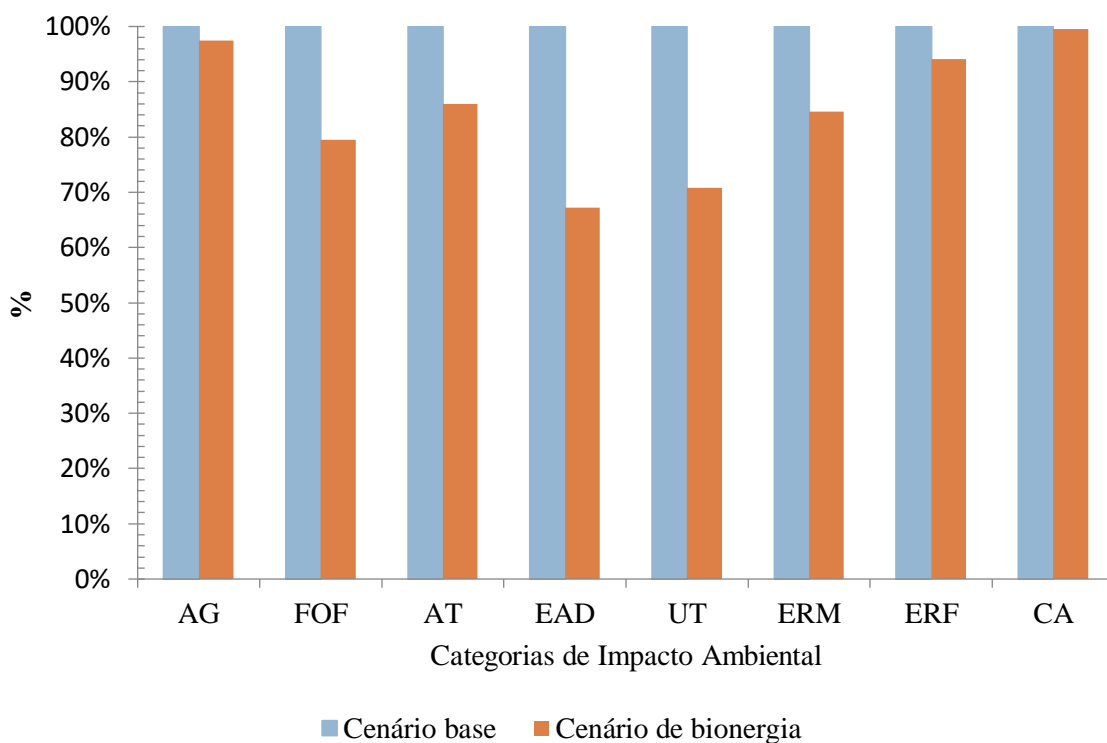


Figura 12. Caracterização comparativa entre o cenário convencional e o integrado (produção de bioenergia)

Analisando as categorias que apresentaram os maiores encargos ambientais no cenário base, percebe-se uma redução significativa das emissões no cenário integrado para a maioria das categorias de impacto. Isso significa que o cenário alternativo permite uma redução de 32,7% na EAD; 29,2% (UT); 20,5% (FOF); 15,4% (ERM) e 14% (AT). Nas demais categorias, as reduções nas emissões não foram significativas (abaixo de 5% para ERF, CA e AG).

Em relação a categoria Consumo de Água, para ambos os processos, as contribuições foram praticamente as mesmas. Uma estratégia para reduzir os impactos ambientais da pegada hídrica, independente do cenário ou combustível utilizado, e além de reduzir custos, é reciclagem/recuperação da água evaporada nos processos de concentração.

Cerca de 35% do peso do umbu são resíduos, desse total em média de 15% são resíduos de caroços. Analisando esses dados, e partindo do pressuposto que a indústria processa aproximadamente 30 toneladas de umbu por ano, são gerados 4500 kg só de caroços. Segundo Nobre *et al.* (2017) e Cavalcanti *et al.* (2006), a umidade inicial do caroço de umbu varia de 48% a 52%. Considerou-se um cenário hipotético em que a umidade dos resíduos é reduzida em até 28%.

Partindo dos valores de energia da biomassa analisada em estudos anteriores de 4449,7 kcal/kg (com base em um poder calorífico de 18,63 MJ/kg) e considerando as exigências de energia térmica para produção do doce de umbu, os resíduos tem a capacidade de fornecer

70794 MJ/ano de energia, isso significa que os resíduos podem fornecer cerca de 40% de energia na forma de calor necessário para o processamento de umbu.

Pesquisas semelhantes também verificaram cenários alternativos de produção de bioenergia, como Martinez-Hernandez *et al.* (2019) que avaliaram estratégias para a valorização energética de resíduos do processamento do suco de laranja através do método da ACV. Os autores identificaram que as cascas de laranja são economicamente viáveis e ambientalmente benéficas ao meio ambiente quando comparadas ao óleo combustível, podendo fornecer mais de 65% da energia térmica necessária para a fabricação do suco.

De Menna *et al.* (2015) compararam, por meio da ACV dois cenários onde, no primeiro, o néctar de pêsego é produzido usando energia fóssil e no segundo, os resíduos do processamento são utilizados para produção de eletricidade e calor. Os resultados mostraram que a recuperação da biomassa residual como fonte integrada de energia renovável representa uma opção satisfatória para substituição de parte da energia não-renovável, contribuindo para a transição do setor agroalimentar para uma economia de baixo carbono.

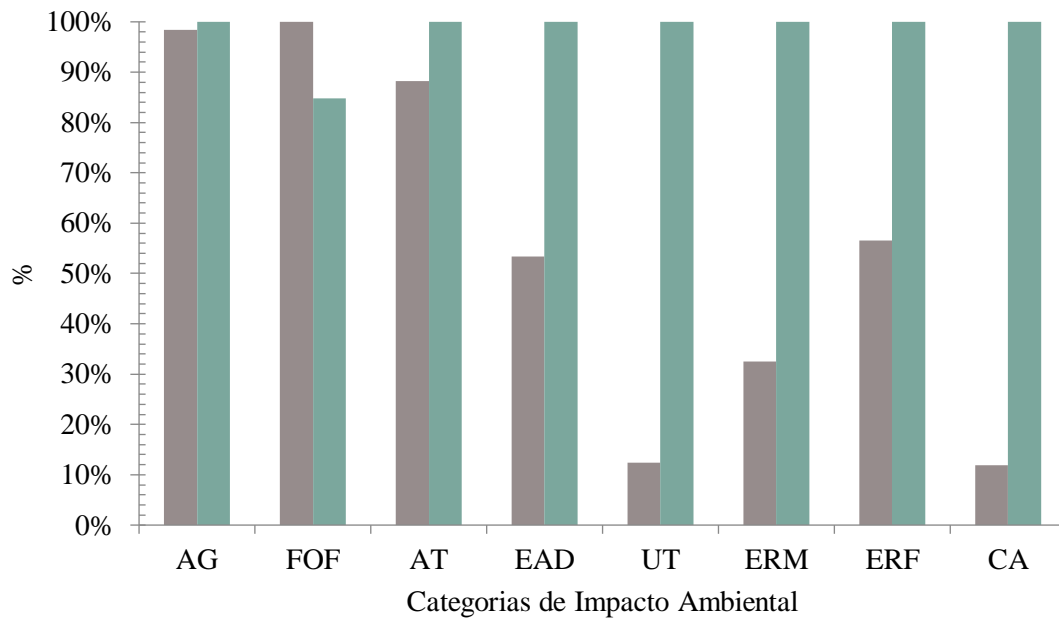
A comparação proposta pode ser aplicada em outra cadeia de produção de alimentos, especialmente para os produtos caracterizados por maiores demandas energéticas, como alimentos processados e que resultem em proporções significativas de biomassa residual com elevado potencial energético.

Por fim, vale ressaltar que a indústria que optar pela queima de resíduos em caldeiras deverá obedecer aos critérios estabelecidos na Resolução Nº 042/08 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

5.2.3. Comparação entre a geleia convencional e uma nova formulação

Do ponto de vista da saudabilidade, o consumo excessivo de açúcares na dieta pode levar ao desenvolvimento de doenças, como obesidade, distúrbios metabólicos e problemas cardiovasculares. Por consequência, os consumidores estão ficando cada vez mais atentos ao conteúdo calórico dos alimentos, o que torna crescente as exigências por opções menos calóricas (AIDOO *et al.*, 2013).

Neste contexto, foi proposta uma formulação alternativa com o objetivo de avaliar a possibilidade de melhorias ambientais em consonância com o desenvolvimento de um produto com menor adição de açúcar e que seja tecnologicamente viável. Os resultados da comparação entre o cenário padrão (com adição de açúcar) e o alternativo (substituição do açúcar por suco de maçã concentrado) podem ser visualizados na figura 13.



■ Açúcar cristal orgânico ■ Suco de maçã concentrado, orgânico

Figura 13. Comparação entre duas formulações de geleia.

A produção do açúcar cristal orgânico representou a principal fonte de impactos ambientais negativos principalmente para as categorias Aquecimento Global, Formação de Ozônio Fotoquímico e Acidificação Terrestre. Os resultados mostram que além dessas categorias mencionadas que não foram tão afetadas com a entrada do açúcar no cenário convencional, todas as outras categorias restantes elevaram as contribuições com a entrada do novo ingrediente (suco de maçã concentrado).

O uso do suco de maçã concentrado como proposta de substituição ao açúcar cristal resultou em contribuições negativas em todas as categorias de impacto, com exceção da categoria Formação de Ozônio Fotoquímico. Isso pode ser explicado pelas maiores contribuições durante a produção agrícola da maçã em comparação com o cultivo da cana-de-açúcar, seguida pelas maiores exigências de energia elétrica. A fase de fabricação do suco apresenta as maiores demandas de energia, uma vez que são necessários em média 8 kg de maçãs para produção de 1 litro do concentrado, impactando também em outras categorias como o UT.

Na produção da cana-de-açúcar orgânica foi adotado um sistema de cultivo sem irrigação, portanto, o consumo de água ocorreu somente na usina de produção do açúcar. O mesmo não ocorreu na produção do suco de maçã, que recebe água em toda a sua cadeia. Por isso, o cenário base resultou em contribuições bem menores para a categoria CA.

Em relação a categoria AG, para ambos os cenários avaliados, as contribuições apresentaram um comportamento semelhante, devido principalmente ao consumo elevado de diesel pelos maquinários agrícolas.

Além das questões ambientais e de saúde, os aspectos tecnológicos são importantes e devem ser avaliados. É fundamental para o desenvolvimento de uma geleia de qualidade superior e sem adição de açúcares, o uso dos ingredientes adequados que possam substituir completamente o açúcar sem afetar negativamente as propriedades reológicas, físicas e sensoriais do novo produto.

Segundo Riedel *et al.* (2015) o açúcar não é adicionado na geleia apenas para promover a doçura, mas também exerce muitas propriedades funcionais que o tornam útil como agente de volume, modificador de textura, intensificador de sabor, além de conferir propriedades conservantes

É possível encontrar no mercado atualmente três tipos de geleias: a geleia com adição de açúcar, a geleia com substituição do açúcar por sucos concentrado de fruta (sendo mais evidente o suco de maçã) e a geleia com substituição do açúcar por edulcorantes. O produto adicionado de edulcorantes recebe a denominação diet e, portanto, atende à legislação de alimentos para fins especiais (Brasil, 1998). Por outro lado, a legislação não é clara quanto diferenciação entre os tipos de geleias e seus aspectos sensoriais e nutricionais.

É importante ressaltar que este estudo de sensibilidade se trata de uma simulação de um processo utilizando uma alternativa que já existe no mercado para outros produtos além da geleia, como sucos e néctares. O viés aqui avaliado foi somente o ambiental, o que não dispensa a necessidade de compreensão dos fatores tecnológicos que por consequência, alterariam mais variáveis, como tempo de processamento, consumo de energia, teor de sólidos solúveis, dentre outras.

6. CONCLUSÕES

Para desenvolver e implementar uma cadeia de produção de alimentos com menores impactos ambientais é essencial uma perspectiva global do sistema. Por essa razão, o setor agroindustrial precisa cooperar em conjunto, envolvendo todas as partes interessadas (agricultores, indústrias de alimentos, formuladores de políticas, varejistas, consumidores e investidores).

Para a maioria das categorias de impacto os subsistemas de produção de ingredientes, produção de energia térmica, produção de embalagens de vidro e as operações de cultivo, foram as principais fontes de emissões. Em relação a produção de energia térmica os maiores escores ambientais foram para as categorias UT, EAD, FOF e CA.

As maiores contribuições da produção do açúcar foram nas categorias AG, FOF, AT e ERF, independente do produto avaliado. A proposta de substituir o açúcar cristal orgânico na formulação da geleia por suco de maçã concentrado orgânico resultou em maiores impactos para sete das oito categorias avaliadas, devido as maiores contribuições durante a produção agrícola em comparação com o cultivo da cana-de-açúcar.

Os subsistemas de cultivo apresentaram contribuições significativas nas categorias CA e ERM, devido as emissões de fosfato presente tanto na composição do esterco quanto na composição do superfosfato simples.

A opção de substituição da lenha pelo gás natural, apesar de resultar em menores impactos na maioria das categorias, ocasionou um aumento na categoria de Aquecimento Global, o que caracteriza um trade-off para a tomada de decisão. A utilização dos resíduos do processamento de umbu na produção de bioenergia também pode ser uma opção viável. Além dos objetivos pretendidos, a decisão deve levar em conta as incertezas relacionadas aos inventários do ciclo de vida, que podem, inclusive, comprometer uma decisão pelo cenário mais adequado.

Por isso, como propostas de melhoria e perspectivas futuras, sugere-se:

- a) Um tratamento estatístico dos dados aos potenciais erros (desvios padrões) relacionados aos Inventários do Ciclo de Vida de modo a diminuir as incertezas do estudo;
- b) Uso de fertilizantes orgânicos ou fertilizantes inorgânicos com menor teor de nitrogênio e fósforo, rotação de culturas e uso de sistemas de irrigação mais eficientes;
- c) Avaliação das formulações alternativas quanto aos aspectos tecnológicos e de qualidade e as possíveis mudanças que vierem a ocorrer em outras variáveis do processo;

- d) Otimização de processos ao longo do ciclo de vida dos produtos;
- e) Estratégia de rotulagem dos produtos para melhorar a transparência no padrão de comunicação com clientes e outras partes interessadas;
- f) Uma análise sobre a viabilidade das propostas de melhoria identificadas neste estudo levando em consideração a realidade dos processos produtivos das empresas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas –NBR ISO 14040:2009 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR ISO 14040:2009 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro, 2009b.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR ISO 14025:2015. Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais de Tipo III – Princípios e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.
- AGANOVIC, K.; SMETANA, S.; GRAUWET, T.; TOEPFL, S.; MATHYS, A.; VAN LOEY, A.; HEINZ, V. Pilot scale thermal and alternative pasteurization of tomato and watermelon juice: An energy comparison and life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, 141, 514-525, 2017.
- AIDOO, R.P.; DEPYPERE, F.; AFOAKWA, E.O.; DEWETTINCK, K. Industrial manufacture of sugar-free chocolates–Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. **Trends in Food Science & Technology**, 32(2), 84-96, 2013.
- ALMEIDA, A.S. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de pedúnculos de cajuzeiros e frutos de umbuzeiros nativos do semi-árido do Piauí**. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2009.
- ANDRADE, M.W.; MENDONÇA, V.; HAFLE, O.M.; DE MEDEIROS, P.V.Q.; MENDONÇA, L.F.D.M. Adubos Nitrogenados e Potássicos na Produção de porta-enxertos de Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Revista Caatinga**, 26(4), 117-122, 2013.
- ARAÚJO, F.P. de; SANTOS, A.C.; CAVALCANTI, N.B. **Cultivo do umbuzeiro**. Petrolina. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-árido, n. 24) - Embrapa, 2000.
- ARAÚJO, F.P.; DRUMOND, M.A.; AIDAR, S.T.; NASCIMENTO, C.E.S. **Umbuzeiro: avanços e perspectivas**. 1ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 149-175, 2016.
- ARZOUMANIDIS, I.; SALOMONE, R.; PETTI, L.; MONDELLO, G.; RAGGI, A. Is there a simplified LCA tool suitable for the agri-food industry? An assessment of selected tools. **Journal of Cleaner Production**, 149, 406-425, 2017.
- BACENETTI, J.; DUCA, D.; NEGRI, M.; FUSI, A.; FIALA, M. Mitigation strategies in the agro-food sector: the anaerobic digestion of tomato puree by-products. An Italian case study. **Science of the Total Environment**, 526, 88-97, 2015.
- BARRETO, L.S; CASTRO, M.S. de. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu. **Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia**, Brasília, DF - p.64, 2010.
- BATISTA, F.R.C.; SILVA, S.M.; SANTANA, M.F.S.; CAVALCANTE, A.R.; **O umbuzeiro e o semiárido brasileiro**. Campina Grande – PB. p. 72, 2015.
- BECCALI, M.; CELLURA, M.; IUDICELLO, M.; MISTRETTA, M. Resource Consumption and Environmental Impacts of the Agrofood Sector: Life Cycle Assessment of Italian Citrus-Based Products. **Journal of Environmental Management**, 43, 707-724, 2009.
- BOULARD, T.; RAEPPEL, C.; BRUN, R.; LECOMPTE, F.; HAYER, F.; CARMASSI, G.; GAILLARD, G. Environmental impact of greenhouse tomato production in France. **Agronomy for Sustainable Development**, 31(4), 757, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução Normativa nº 9, de 11 de dezembro de 1978.** Câmara Técnica de Alimentos do Conselho Nacional de Saúde. Atualiza a Resolução nº 52/77 da antiga Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Brasília; 1978.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998. Brasília, 1998. Aprova Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília, 1998. Disponível em: Acesso em: 06 out 2019.

CARNEIRO, J.M.; BARROS, V.; VANDERLISE, G.; MATSUURA, M.F.; FIGUEIREDO, M.C.B. Avaliação do Ciclo de Vida da Manga Brasileira. **VI Congresso Brasileiro Sobre Gestão do Ciclo de Vida.** Brasília, 2018.

CERUTTI, A.K.; BAGLIANI, M.M.; BECCARO, G.L.; PEANO, C.; BOUNOUS, G. Comparison of LCA and EFA for the environmental account of fruit production systems: a case study in Northern Italy. *LCA food 2010-VII. International Conference on Food LCA.* Vol. 2. Università di Bari, 2010.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.D. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio.** Lavras: UFLA, 2ª ed., 293p, 2005.

DAVID, A.D.A. **A biotecnologia na propagação e conservação do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) e percepção sobre sua importância por agricultores da comunidade Malhada Vermelha, Campo Redondo (RN-Brasil).** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

DE MARCO, I.; RIEMMA, S.; IANNONE, R. Uncertainty of input parameters and sensitivity analysis in life cycle assessment: An Italian processed tomato product. **Journal of Cleaner Production.** 177, 315-325, 2018.

DE MARCO, I.; IANNONE, R. Production, packaging and preservation of semi-finished apricots: A comparative Life Cycle Assessment study. **Journal of Food Engineering,** 206, 106-117, 2017.

DE MARCO, I.; IANNONE, R.; MIRANDA, S.; RIEMMA, S. Life Cycle Assessment of apple powders produced by a drum drying process. **Chemical Engineering Transactions,** 43, 2015.

DE MENNA, F.; VITTUARI, M.; MOLARI, G. Impact evaluation of integrated food-bioenergy systems: A comparative LCA of peach nectar. **Biomass and Bioenergy,** 73, 48-61, 2015.

DEL BORGHI, A. LCA and communication: Environmental Product Declaration. **The International Journal of Life Cycle Assessment,** 18, 293-295, 2013.

DEL BORGHI, A.; GALLO, M.; STRAZZA, C.; DEL BORGHI, M. An evaluation of environmental sustainability in the food industry through Life Cycle Assessment: the case study of tomato products supply chain. **Journal of Cleaner Production,** 78, 121-130, 2014.

DJEKIC, I.; SANJUAN, N.; CLEMENTE, G.; JAMBRAK, A.R.; DJUKIC-VUKOVIC, A.; BRODNJAK, U. V.; TONDA, A. Review on environmental models in the food chain-Current status and future perspectives. **Journal of Cleaner Production,** 176, 1012-1025, 2018.

DUTRA, F.V.; CARDOSO, A.D.; MORAIS, O.M.; VIANA, A.E.S.; MELO, T.L.; JÚNIOR, N.D.S.C. Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias,** 40(4), 140-149, 2017.

- ERICKSEN, P.J. Conceptualizing food systems for global environmental change research. **Global environmental change**, 18(1), 234-245, 2008.
- FABBRI, S.; OLSEN, S.I.; OWSIANIAK, M. Improving environmental performance of post-harvest supply chains of fruits and vegetables in Europe: Potential contribution from ultrasonic humidification. **Journal of Cleaner Production**, 182, 16-26, 2018.
- FIGUEIRÊDO, M.C.B.; DE BOER, I.J.; KROEZE, C.; DA SILVA BARROS, V.; DE SOUSA, J.A.; DE ARAGÃO, F.A.S.; POTTING, J. Reducing the impact of irrigated crops on freshwater availability: the case of Brazilian yellow melons. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 19(2), 437-448, 2014.
- FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M.Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; SUH, S. Recent developments in life cycle assessment. **Journal of Environmental Management**, 91(1), 1-21, 2009.
- FONSECA, N. Propagação e plantio do umbuzeiro (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam) para a agricultura familiar do Semiárido Baiano. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 2015.
- FRESÁN, U.; ERRENDAL, S.; CRAIG, W.J.; SABATÉ, J. Does the size matter? A comparative analysis of the environmental impact of several packaged foods. **Science of The Total Environment**, 687, 369-379, 2019.
- GAROFALO, P.; D'ANDREA, L.; TOMAIUOLO, M.; VENEZIA, A. Environmental sustainability of agri-food supply chains in Italy: The case of the whole-peeled tomato production under life cycle assessment methodology. **Journal of Food Engineering**, 200, 1-12, 2017.
- GENTILE, C. **Slow Food na Itália e no Brasil: história, projetos e processos de valorização dos recursos locais**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2016.
- GIODA, A. Comparação dos níveis de poluentes emitidos pelos diferentes combustíveis utilizados para cocção e sua influência no aquecimento global. **Química Nova**, v. 41, n. 8, p. 839-848, 2018.
- GIRGENTI, V.; PEANO, C.; BAUDINO, C; TECCO, N. From “farm to fork” strawberry system: Current realities and potential innovative scenarios from life cycle assessment of non-renewable energy use and greenhouse gas emissions. **Science of the Total Environment**, 473, 48-53, 2014.
- GIUDICE, A.; MBOHWA, C.; CLASADONTE, M.T.; INGRAO, C. Environmental assessment of the citrus fruit production in Sicily using LCA. **Italian Journal of Food Science**, 25(2), 202-212, 2013.
- IBÁÑEZ-FORÉS, V.; PACHECO-BLANCO, B.; CAPUZ-RIZO, S.F., BOVEA, M.D. Environmental Product Declarations: Exploring their evolution and the factors affecting their demand in Europe. **Journal of Cleaner Production**, 116, 157-169, 2016.
- IBGE. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2017>> Acesso em 03 julho 2019.
- INGRAO, C.; FACCILONGO, N.; VALENTI, F.; DE PASCALE, G.; DI GIOIA, L.; MESSINEO, A.; ARCIDIACONO, C. Tomato puree in the Mediterranean region: An environmental Life Cycle Assessment, based upon data surveyed at the supply chain level. **Journal of Cleaner Production**, 233, 292-313, 2019.
- INGWERSEN, W.W. Life cycle assessment of fresh pineapple from Costa Rica. **Journal of Cleaner Production**, 35, 152-163, 2012.

JESWANI, H.K.; AZAPAGIC, A. Environmental Sustainability Issues in Food Systems. **Reference Module in Food Sciences**, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21307-3>.

JUNGLUTH, N.; OSSES, M.; ALTHAUS, H.; CHUDACOFF, M. (2007). **Life Cycle Inventories od Chemicals**. Final report ecoinvent data v2 No. 8. EMPA, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, Onlibe-Version under. Disponível em: <www.ecoinvent.org>. Acesso em: 06 set de 2019.

KHANALI, M.; KOKEI, D.; AGHBASHLO, M.; NASAB, F.K.; HOSSEINZADEH-BANDBAFHA, H.; TABATABAEI, M. Energy flow modeling and life cycle assessment of apple juice production: Recommendations for renewable energies implementation and climate change mitigation. **Journal of Cleaner Production**, 118997, 2019.

LIMA, L.L.D.A.; OLIVEIRA E SILVA, A.M.; FERREIRA, I.M.; NUNES, T.P.; CARVALHO, M.G.D. Néctar misto de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) e mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes): elaboração e avaliação da qualidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, 21, e2017034, 2018.

LIMA, T.M.D.C. **Qualidade e compostos bioativos de frutos de umbuzeiro cultivados sob o sistema orgânico e convencional**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2016.

LIU, Y.; LANGER, V.; HOGH-JENSEN, H.; EGELYNG, H. Life cycle assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. **Journal of Cleaner Production**, 18(14), 1423-1430, 2010.

MAIA, S.E.S.; VIEIRA, T.R.R.; MACIEL, M.I.S. Avaliação das características físicas do pó misto de umbu e acerola obtido por atomização. In. XVI JEPEX - Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco, **Anais**, 2017.

MANFREDI, M.; VIGNALI, G. Life cycle assessment of a packaged tomato puree: a comparison of environmental impacts produced by different life cycle phases. **Journal of Cleaner Production**, 73, 275-284, 2014.

MANZINI, R.; NOCI, G.; OSTINELLI, M.; PIZZURNO, E. Assessing Environmental Product Declaration opportunities: a reference framework. **Business Strategy and the Environment**, 15(2), 118-134, 2006.

MARSH, K.; BUGUSU, B. Food packaging—roles, materials, and environmental issues. **Journal of Food Science**, 72(3), R39-R55, 2007.

MARTINEZ-HERNANDEZ, E.; MOLINA, M.M.; FLORES, L.A.M.; RUIZ, M.E.P.; EGUALIS, J.A.Z.; MOLINA, A.R.; AMEZCUA-ALLIERI, M.A. Energy-water nexus strategies for the energetic valorization of orange peels based on techno-economic and environmental impact assessment. **Food and Bioproducts Processing**, 117, 380-387, 2019.

MELETTI, L.M.M.; COELHO, S.M.B.M. Lichieira (*Litchi chinensis* Sonn). **Propagação de frutíferas tropicais**. Agropecuária, p. 155-163, 2000.

MOREIRA, L.C.D.O. Comparação entre os poluentes atmosféricos emitidos por uma caldeira flamotubular movida a gás natural e a óleo combustível BPF 2A. **Interações (Campo Grande)**, 13(1), 49-57, 2012.

MOUCO, M.A. do C.; ALBUQUERQUE, J.A.S. de; PINTO, A.C. de Q.; CASTRO NETO, M. T. de; BARBOSA, F.R. Implantação do pomar. In: A cultura da mangueira. **Embrapa Informação Tecnológica**, 454 p. Brasília-DF, 2002.

MOURA, F.T.; SILVA, S.M.; SCHUNEMANN, A.P.P.; MARTINS, L.P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agrônoma**, 44(4), 764-772, 2013.

- MOURON, P.; HEIJNE, B.; NAEF, A.; STRASSEMAYER, J.; HAYER, F.; AVILLA, J.; GAILLARD, G. Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards. **Agricultural Systems**, 113, 1-15, 2012.
- NANAKI, E.; KORONEOS, C. Sustainable Peach Compote Production: A Life Cycle Thinking Approach. **Sustainability**. 10, 4229, 2018.
- NEMECEK, T.; BENGEOA, X.; LANSCHE, J.; MOURON, P.; ROSSI, V.; HUMBERT, S. Methodological guidelines for the Life Cycle Inventory of agricultural products. **Quantis and Agroscope: Zurich, Switzerland**, 2015.
- NEMECEK, T.; JUNGBLUTH, N.; I CANALS, L. M.; SCHENCK, R. Environmental impacts of food consumption and nutrition: where are we and what is next? **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 21(5), 607-620, 2016.
- NEMECEK, T.; SCHNETZER, J. Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems. **Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zurich** (2011)
- NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G. de. **Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Pró- Reitoria de Extensão, 2005.
- NOBRE, D.A.C.; NETA, I.C.S.; MAIA, V.M.; DE SOUZA DAVID, A.M.S.; ALEXANDRE, R.S. Qualidade física, fisiológica e superação de dormência de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* arr. câmara). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, 22, e201705, 2018.
- NOTARNICOLA, B.; ANTON, A.; MCLAREN, S.; SAOUTER, E.; SONESSON, U. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. **Journal of Cleaner Production**, 140, 399-409, 2017.
- OWENS, J.W. Multiple issues surrounding the feasibility of LCA impact assessment. **SAE transactions**, 2211-2218, 1997.
- PEREIRA, T.; GOMES, B.; TAVARES, P.; ANDERSEN, S. Estudo do potencial energético e caracterização físico-química dos resíduos do processamento de umbu cajá (*Spondia* spp.). **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 35-40, 2015.
- PERGOLA, M.; D'AMICO, M.; CELANO, G.; PALESE, A.S; CUDERI, A.; DI VITA, G.; INGLESE, P. Sustainability evaluation of Sicily's lemon and orange production: an energy, economic and environmental analysis. **Journal of Environmental Management**, 128, 674-682, 2013.
- PERRIN, A.; BASSET-MENS, C.; HUAT, J.; GABRIELLE, B. The variability of field emissions is critical to assessing the environmental impacts of vegetables: A Benin case-study. **Journal of Cleaner Production**, 153, 104-113, 2017.
- PONCE, R.O. **Avaliação do Ciclo de Vida dos sistemas de produção orgânico e convencional da cana-de-açúcar: um estudo comparativo**. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Estadual Paulista, p.83, 2019.
- RAMÍREZ, P.K.S. **Análise de métodos de alocação utilizados em avaliação do ciclo de vida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2009.
- RECANATI, F.; ARRIGONI MAROCCO, A.; SCACCABAROZZI, G.; MARVEGGIO, D.; MELIÀ, P.; DOTELLI, G. LCA - Towards Sustainable Agriculture: The Case Study of Cupuaçu Jam from Agroforestry. **PROCEDIA CIRP**. 69, 557-561, 2018.

RIBEIRO, L.D.O.; PONTES, S.M.; RIBEIRO, A.D.O.; PACHECO, S.; FREITAS, S.P.; DA MATTA, V.M. Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, 2017.

RIBEIRO, M. Cientistas desenvolvem as primeiras cultivares de umbuzeiro. **EMBRAPA SEMIÁRIDO**. Brasília, 22 de outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47436939/cientistas-desenvolvem-as-primeiras-cultivares-de-umbuzeiro>>. Acesso em: 05 jan de 2020.

RIBEIRO, L.D.O.; VIANA, E.D.S.; GODOY, R.L.D.O.; FREITAS, S.C.D.; FREITAS, S.P.; MATTA, V.M.D. Nutrients and bioactive compounds of pulp, peel and seed from umbu fruit. **Ciência Rural**, 49(4), 2019.

RIEDEL, R.; BÖHME, B.; ROHM, H. Development of formulations for reduced-sugar and sugar-free agar-based fruit jellies. **International Journal of Food Science & Technology**, 50(6), 1338-1344, 2015.

RIZZON, L. A.; BERNARDI, J.; MIELE, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden Delicious e Fuji. **Food Science and Technology**, 25(4), 750-756, 2005.

ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADOME, H.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. **Journal of Food Engineering**, 90(1), 1-10, 2009.

SALA, S.; ANTON, A.; MCLAREN, S.; NOTARNICOLA, B.; SAOUTER, E.; SONESSON, U. et al. In quest of reducing the environmental impacts of food production and consumption. **Journal of Cleaner Production**, 140, 387-398, 2017.

SANJUÁN, N.; STOESSEL, F.; HELLWEG, S. Closing data gaps for LCA of food products: estimating the energy demand of food processing. **Environmental Science & Technology**, 48, (2), 1132-1140, 2014.

SILVA, C.M.M. de S.; PIRES, I.E.; SILVA, H.D. da. Caracterização dos frutos do umbuzeiro. Petrolina: **EMBRAPA-CPATSA**, 1987.

SILVA, V.L.; SANJUAN, N. Opening up the Black Box: A Systematic Literature Review of Life Cycle Assessment in Alternative Food Processing Technologies. **Journal of Food Engineering**, 250, 33-45, 2019.

SLOW FOOD BRASIL. **Produtos do Brasil na Arca do Gosto**. Disponível em <<http://slowfoodbrasil.com/arca-do-gosto/produtos-do-brasil>>. Acesso em: 04 de jun de 2019.

SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN, H.; KUMAR, P.; SCHOLLES, B. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences*. 363(1492), 789-813, 2007.

SMITH; VAN, N; ABBOTT. **Introduction to chemical engineering thermodynamics**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1996.

TASSIELLI, G.; NOTARNICOLA, B.; RENZULLI, P.A.; ARCESE, G. Environmental life cycle assessment of fresh and processed sweet cherries in southern Italy. **Journal of Cleaner Production**. 171, 184-197, 2018.

UCHIMURA, M.S. Taxa de produção de vapor em caldeira em função do combustível. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas**. SBRT, 2007.

VILELA, F.S.V. **Avaliação do ciclo de vida da produção industrial de etanol e açúcar: estudo de caso: Usina Jalles Machado S/A**. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas). Universidade de Brasília. 2013.

YAN, M.; CHENG, K.; YUE, Q.; YAN, Y.; REES, R.M.; PAN, G. Farm and product carbon footprints of China's fruit production—life cycle inventory of representative orchards of five major fruits. **Environmental Science and Pollution Research**, 23(5), 4681-4691, 2016.

ZHU, Z.; JIA, Z.; PENG, L.; CHEN, Q.; HE, L.; JIANG, Y.; GE, S. Life cycle assessment of conventional and organic apple production systems in China. **Journal of Cleaner Production**, 201, 156-168, 2018.

8. APÊNDICES

Formulários utilizados durante a coleta dos dados para construção dos inventários do ciclo de vida.

Apêndice 1. Formulário para a coleta dos dados da fase agrícola.

<p>Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Itapetinga Projeto de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos</p> <p>Pesquisadora: Ana Carolina de Jesus Oliveira Orientador: Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues</p> <p>Origem dos dados</p> <p>Fazenda: _____</p> <p>Localização: _____</p> <p>Produtores envolvidos: _____</p> <p>Data de coleta: _____</p> <p style="text-align: center;">Dados coletados</p> <p>1. informações gerais sobre o pomar</p> <p>1.1. Tamanho da propriedade</p> <p>1.1. Área cultivada</p> <p>1.2. Idade do pomar</p> <p>1.3. Sistema de cultivo</p> <p>2. Produção de mudas</p> <p>2.1. Origem das mudas</p> <p>2.2. Método utilizado</p> <p>() estaquia () enxertia</p> <p>2.3. Escolha do porta-enxerto</p> <p>2.4. Tratamento da semente</p> <p>2.5. Período de preparo das mudas</p> <p>2.6. Insumos utilizados</p> <p>2.7. Quantidade de fertilizante/muda</p> <p>3. Enxertia</p> <p>3.1. Como foi realizada a enxertia?</p> <p>3.2. Depois de quanto tempo o porta-enxerto ficou pronto para realizar a enxertia?</p> <p>4. Viveiro</p> <p>4.1. Área do viveiro</p> <p>4.2. Sistema de irrigação</p> <p>4.2. Dados sobre consumo de água</p> <p>4.4. Tempo de irrigação</p> <p>4.4. Potência da bomba</p>

5. Plantio

- 5.1. Quanto tempo após a enxertia as mudas foram plantadas em local definitivo?
- 5.2. Informações sobre o preparo da área
 - 5.2.1. Tipo de operação. Gradagem? Aração?
 - 5.2.2. Utilizou trator? Qual o consumo de diesel?
- 5.3. Houve consorciação do plantio com outras espécies?
- 5.4. Espaçamento do plantio
- 5.5. Adubação de plantio.
 - 5.5.1. Adubo utilizado
 - 5.5.2. Quantidade aplicada
 - 5.5.3. Período de aplicação
 - 5.5.4. Informações sobre a sequência das aplicações no decorrer dos anos
- 5.6. Sistema de irrigação do plantio
- 5.7. Origem da água
- 5.8. Frequência de irrigação

6. Tratos culturais pós-plantio

- 6.1. Informações sobre adubação de cobertura
- 6.2. Há ocorrência de pragas? É feito o controle de pragas? De que forma?
- 6.3. Informações sobre a realização da poda

7. Colheita

- 7.1. Quanto tempo após o plantio ocorre a primeira frutificação?
- 7.2. Intervalo de colheita
- 7.3. Como é identificado o fruto para a colheita?
- 7.4. Ocorre perda de frutos? Quanto é perdido?
- 7.5. Como é realizada?
- 7.6. Rendimento da produção
- 7.7. Houve períodos de baixa produção?
- 7.8. Quando a produção se estabilizou?
- 7.9. Os dados de rendimento estão disponíveis até qual ano?
- 7.10. Existe algum tratamento dos frutos após a colheita?
- 7.11. Informações sobre o transporte dos frutos

***Relatar outras informações, se houver**

Apêndice 2. Folhas de coleta de dados para construção do inventário do ciclo de vida da fase de processamento de umbu.

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Itapetinga
Projeto de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

Pesquisadora: Ana Carolina de Jesus Oliveira
Orientador: Prof.Dr. Luciano Brito Rodrigues

Origem dos dados

Agroindústria: _____

Localização: _____

Técnico e/ou gerente de produção responsável: _____

Data de coleta: _____

Dados coletados

1. Transporte

- 1.1. Nome do produto intermediário
- 1.1 Distância (km)
- 1.2. Capacidade do caminhão
- 1.3. Carga real
- 1.4. Retorno vazio (sim/não)
- 1.5. Quantidade total de entrada transportada
- 1.6. Consumo total de combustível

2. Recepção e seleção dos frutos na agroindústria

- 2.1. Quantidades recebidas
- 2.2. Controle de estoque
- 2.3. Porcentagem de matéria-prima perdida (frutos não aptos)

3. Higienização

- 3.1. Descrição do procedimento de higienização
- 3.2. Consumo de água
- 3.3. Capacidade do tanque
- 3.4. Quais sanitizantes são utilizados? Em que concentração?
- 3.5. Tempo de realização da etapa
- 3.6. Consumo de energia

4. Armazenamento

- 4.1. Quantidade de matéria-prima armazenada?
- 4.2. Tempo de armazenamento
- 4.3. Cadeia do frio? Qual temperatura? Quanto tempo?
- 4.4. Potência do equipamento

5. Despulpamento

- 5.1. Entrada de material. Quantidades.
- 5.2. Rendimento
- 5.3. Resíduos gerados
- 5.4. Equipamento utilizado

- 5.4.1. Marca e modelo
- 5.4.2. Capacidade do equipamento
- 5.4.3. Tempo de funcionamento
- 5.4.4. Potência do equipamento
- 5.4.5. Procedimentos de lavagem do equipamento
- 5.5. Quantidade de polpa armazenada

6. Concentração

- 6.1. Dados sobre a formulação
 - 6.1.1. Ingredientes utilizados. Quais? Quantidades
- 6.2. Equipamentos utilizados
- 6.3. Entradas de energia (elétrica e térmica)
- 6.4. Tempo e temperatura de concentração

7. Embalagens

- 7.1. Descrição dos materiais de embalagem para cada produto
- 7.2. Peso das embalagens
- 7.3. Resíduos de embalagens
- 7.4. Entradas de energia
 - 7.4.1. Equipamentos utilizados
 - 7.4.2. Potência do equipamento
 - 7.4.3. Capacidade do equipamento

8. Caldeira

- 8.1. Tipo de combustível utilizado
- 8.2. Especificações da caldeira
 - 8.2.1. Produção de vapor
 - 8.2.2. Consumo de água
 - 8.2.3. Temperatura da água de alimentação da caldeira
 - 8.2.4. Resíduos gerados
 - 8.2.5. Outras informações

9. Consumo de água na fábrica

- 9.1. Origem da água
- 9.2. Destinação
- 9.3. A águas residuais passam por algum tipo de tratamento?
- 9.4. Higienização da fábrica
 - 9.4.1. Produtos utilizados
 - 9.4.2. Tempo de lavagem de cada equipamento

*Relatar outras informações, se houver

Inventários do Ciclo de Vida (ICVs).

Apêndice 3. Inventário do ciclo de vida de 1kg de doce de umbu.

Produto de referência	Unid	Qtd
Muda de umbuzeiro	p	1,00E+0
<i>Inputs</i>		
Occupation, agriculture	ha a	4,17E-03
Water, groundwater consumption	m ³	3,60E-01
Polyethylene low linear density granulate (PE-LLD), production mix, at plant RER	kg	4,76E-04
Urea, as N {GLO} market for APOS, U	kg	7,60E-02
Phosphate fertiliser, as P2O5 {GLO} market for APOS, U	kg	1,91E-01
Potassium chloride, as K2O {GLO} market for APOS, U	kg	9,50E-02
<i>Outputs</i>		
<i>Emissões para o ar</i>		
Ammonia	kg	1,14E-02
Nitrogen oxides	kg	9,12E-04
Carbon dioxide	kg	1,73E-03
Produto de referência		
Umbu, colhido	kg	2,21E+00
<i>Inputs</i>		
Occupation, annual crop, organic	m ² a	1,78E-02
Muda de umbuzeiro	n	5,76E-02
Diesel, burned in agricultural machinery {GLO} market for diesel, burned in agricultural machinery APOS, U	MJ	1,79E-03
Water, groundwater consumption	m ³	4,92E-03
Electricity, medium voltage {BR} market for APOS, U	kWh	5,66E-03
Manure, solid, cattle {GLO} nutrient supply from manure, solid, cattle Conseq, U	kg	5,12E-03
<i>Outputs</i>		
<i>Emissões para o ar</i>		
Ammonia	kg	2,06E-07
Nitrogen oxides	kg	7,81E-06
Produtos intermediários		
Umbu pré-cozido	kg	1,85E+00
Suco de umbu	kg	4,56E-01
<i>Inputs</i>		
Umbu colhido	kg	2,21E+00
Tap water {RoW} tap water production, conventional treatment APOS, U	kg	2,47E+00
Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {GLO} market for APOS, U	L	1,65E-03
Electricity, medium voltage {BR} market for APOS, U	kWh	1,89E-02
Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW} heat production, mixed logs, at furnace 100kW APOS, U	MJ	4,17E+00
Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, default/GLO Mass	tkm	7,74E-03
<i>Outputs</i>		
Biowaste {RoW} treatment of biowaste, industrial composting APOS, U	kg	3,72E-02
Wastewater from potato starch production {GLO} market for APOS, U	L	6,75E-01
Water	kg	4,07E-01
Wood waste	kg	3,22E-03
Produto de referência (principal)		
Doce de umbu	kg	1,00E+00
<i>Inputs</i>		
Electricity, medium voltage {BR} market for APOS, U	kWh	2,04E-01
Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW} heat production, mixed logs, at furnace 100kW APOS, U	MJ	3,73E+01

Tap water {RoW} tap water production, conventional treatment APOS, U	L	1,29E+01
Polpa de umbu	kg	1,34E+00
Açúcar orgânico, de cana-de-açúcar	kg	6,68E-01
Packaging film, low density polyethylene {RoW} production APOS, U	kg	1,18E-02
Carton board box production, with offset printing {RoW} carton board box production service, with offset printing APOS, U	kg	5,80E-02
Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {GLO} market for APOS, U	L	2,82E-03
Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical {GLO} market for APOS, U	L	5,64E-04
Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box APOS, U	kg	5,00E-02
Transport, truck 10-20t, EURO5, 100%LF, default/GLO Mass	kWh	1,46E-01
<i>Outputs</i>		
Biowaste {RoW} treatment of biowaste, industrial composting APOS, U	kg	5,13E-01
Wastewater from potato starch production {GLO} market for APOS, U	kg	4,45E+00
Water	kg	1,01E+00
Wood waste	kg	3,12E-02
Produto de referência		
Geléia de umbu	kg	3,28E-01
Inputs		
Suco de umbu	kg	4,56E-01
Açúcar orgânico, de cana-de-açúcar	kg	1,82E-01
Pectina	kg	1,52E-03
Tap water {RoW} tap water production, conventional treatment APOS, U	kg	4,20E+00
Electricity, medium voltage {BR} market for APOS, U	kWh	5,08E-02
Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW} heat production, mixed logs, at furnace 100kW APOS, U	MJ	9,91E+00
Packaging glass, white {GLO} packaging glass production, white, without cullet APOS, U	kg	2,05E-01
Oriented polypropylene film E	kg	3,51E-04
Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box APOS, U	kg	2,05E-02
Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical {GLO} market for APOS, U	L	1,51E-04
Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {GLO} market for APOS, U	L	7,48E-04
Transport, truck 10-20t, EURO5, 100%LF, default/GLO Mass	tkm	5,10E-01
<i>Outputs</i>		
Water	kg	3,11E-01
Biowaste {RoW} treatment of biowaste, industrial composting APOS, U	kg	1,02E+00
Wood waste	kg	1,09E-02

Apêndice 4. Inventário do ciclo de vida do açúcar cristal orgânico.

Produto de referência	Unid	Qtd
Cana de açúcar	kg	1,00E+00
<i>Inputs</i>		
Occupation, annual crop, organic	m ² a	1,11E-05
Limestone, crushed, washed {GLO} market for APOS, U	m ³	3,60E-01
Filter cake, from sugarcane juice filtration	kg	1,86E-05
Vinasse, from fermentation of sugarcane molasses {GLO} nutrient supply from vinasse, from fermentation of sugarcane molasses APOS, U	kg	4,76E-04
Diesel, burned in agricultural machinery {GLO} market for diesel, burned in agricultural machinery APOS, U	kg	7,60E-02
<i>Outputs</i>		
<i>Emissões para o ar</i>		
Dinitrogen monoxide	kg	1,42E-05
Ammonia	kg	6,16E-06
Nitrogen oxides	kg	1,16E-03
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	kg	2,27E-06
Carbon dioxide, fossil	kg	2,03E-03
Sulfur dioxide	kg	6,40E-04
Chromium	g	1,78E-08
Copper	g	1,67E-06
Nickel	g	7,44E-08
Zinc	g	1,43E-06
Lead	g	1,34E-07
Selenium	g	7,78E-09
Carbon monoxide, fossil	g	1,59E-03
Nitrogen oxides	g	9,00E-03
Particulates, < 2.5 um	g	1,36E-04
Particulates, > 10 um	g	6,44E-05
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	g	6,14E-05
NMVOOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	g	1,68E-04
Methane, fossil	g	7,53E-05
Xylene	g	1,11E-09
Formaldehyde	g	1,44E-08
Acetaldehyde	g	7,78E-09
Ammonia	g	4,96E-06
Dinitrogen monoxide	g	2,97E-05
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	g	1,11E-09
Heat, waste	g	2,71E-02
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	g	3,64E-07
Carbon dioxide, fossil	kg	3,26E-04
Sulfur dioxide	g	1,03E-04
Cadmium	g	1,11E-09
Nickel	g	1,00E-08
Zinc	g	1,92E-07

Lead	g	1,78E-08
Selenium	g	1,11E-09
Mercury	g	2,06E-12
Chromium IV	g	1,03E-11
Carbon monoxide, fossil	g	2,07E-04
NMVOOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	g	4,78E-06
Metano, fóssil	g	1,24E-05
benzene	g	3,34E-12
Tolueno	g	4,78E-13
Xileno	g	4,14E-11
Formaldeído	g	3,98E-10
Acetaldeído	g	2,23E-10
Monóxido dinitrogênio	g	4,78E-06
HPA , hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	g	1,59E-10
Heat, waste	MJ	4,36E-03
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	g	8,56E-08
Dióxido de carbono, fóssil	kg	7,34E-05
Sulfur dioxide	g	2,32E-05
Cadmium	g	2,53E-10
Nickel	g	2,22E-09
Mercury	g	4,64E-13
Chromium VI	g	2,32E-12
Carbon monoxide, fossil	g	5,55E-05
NMVOOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	g	4,32E-06
Methane, fossil	g	2,87E-06
Benzene	g	3,05E-12
Toluene	g	4,32E-13
Xylene	g	3,80E-11
Formaldehyde	g	3,79E-10
Acetaldehyde	g	2,03E-10
Dinitrogen monoxide	g	1,12E-06
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	g	4,10E-12
Heat, waste	MJ	9,81E-04
Emissões para o solo		
Copper	kg	1,67E-08
Zinc	kg	2,19E-08
Chromium	kg	2,56E-08
Cadmio	kg	1,06E-12
Cromo	kg	3,98E-12
nickel	kg	1,37E-11
Chumbo	kg	4,37E-11
Emissões para a água		
nitrate	kg	1,63E-03
phosphate	kg	4,14E-07
Zinc, íon	kg	2,33E-08
Copper	kg	1,17E-09

Zinc	kg	2,36E-09
Cadmio	kg	8,35E-13
Chromium	kg	3,98E-12
nickel	kg	1,37E-11
Chumbo	kg	3,44E-11
Zinc, íon	kg	6,42E-10
Copper, íon	kg	1,52E-11
Cadmium, íon	kg	2,27E-13
Chromium, íon	kg	1,08E-12
Chumbo, íon	kg	9,36E-12
Produto de referência		
Açúcar orgânico, de cana-de-açúcar	kg	0,122
<i>Inputs</i>		
Cana de açúcar	kg	1,00E+00
Tap water {GLO} market group for APOS, U	kg	1,07E+00
Ethanol fermentation plant {GLO} market for APOS, U	n	3,79E-12
Heat and power co-generation unit, 6400kW thermal, building {GLO} construction APOS, U	n	4,26E-10
Heat and power co-generation unit, 6400kW thermal, common components for heat+electricity {CH} construction APOS, U	n	1,70E-09
Heat and power co-generation unit, 6400kW thermal, components for electricity only {GLO} construction APOS, U	n	1,70E-09
Water, decarbonised, at user {GLO} market for APOS, U	kg	1,39E-03
Carbon dioxide, in air	kg	1,39E-03
<i>Outputs</i>		
Bagasse, from sugarcane {BR} cane sugar production with ethanol by-product Cut-off, U	kg	1,91E-02
Electricity, high voltage {BR} cane sugar production with ethanol by-product APOS, U	kWh	3,03E-02
Municipal solid waste {RoW} treatment of, incineration APOS, U	kg	5,79E-06
Vinasse, from fermentation of sugarcane molasses {GLO} nutrient supply from vinasse, from fermentation of sugarcane molasses APOS, U	kg	9,38E-02
Wood ash mixture, pure {RoW} treatment of wood ash mixture, pure, municipal incineration APOS, U	kg	9,35E-04
<i>Emissões para o ar</i>		
Carbon dioxide, non-fossil	kg	2,42E-01
Carbon monoxide, non-fossil	kg	1,11E-05
Dinitrogen monoxide	kg	4,06E-06
Methane, non-fossil	kg	6,88E-07
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	kg	9,66E-07
Nitrogen oxides	kg	1,55E-04
Particulates, < 2.5 um	kg	4,40E-06

Apêndice 5. Inventário do ciclo de vida do suco de maçã concentrado orgânico.

Produto de referência	Unid	Qtd
Maça, colhida	kg	1,00E+00
<i>Inputs</i>		
Occupation, annual crop, organic	ha a	3,09E-04
Nitrogen fertiliser, as N {GLO} field application of compost APOS, U	kg	2,56E-02
Potassium fertiliser, as K2O {GLO} field application of compost APOS, U	kg	2,22E-02
Phosphate fertiliser, as P2O5 {GLO} field application of compost APOS, U	kg	6,00E-02
Tap water {GLO} market group for APOS, U	m³	5,93E-02
Pesticide, unspecified {GLO} market for APOS, U	kg	2,44E-06
Diesel, burned in agricultural machinery {GLO} market for diesel, burned in agricultural machinery APOS, U	MJ	4,87E-01
Electricity, medium voltage {BR} market for APOS, U	kWh	
<i>Outputs</i>		
	kg	1,91E-01
<i>Emissões para o ar</i>		
	kg	9,50E-02
Carbon dioxide, non-fossil	kg	5,49E-06
Carbon monoxide, non-fossil	kg	9,53E-03
Dinitrogen monoxide	kg	5,57E-05
Methane, non-fossil	kg	1,15E-04
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	kg	3,46E-05
Nitrogen oxides	kg	4,81E-05
Particulates, < 2,5 um	kg	1,53E-05
Produto de referência		
Suco de maçã concentrado, orgânico		
<i>Inputs</i>		
Maça, colhida	kg	8
Electricity, medium voltage {BR} market for APOS, U	kWh	0,185
Natural gas, liquefied {GLO} market for APOS, U	m³	0,195
Diesel {RoW} market for APOS, U	L	0,0000209
Polyvinylidene chloride (PVDC) E	kg	0,0012
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER	kg	0,0034
PET, bottle grade, at plant/RER	kg	0,045
Carbon dioxide, liquid {RoW} production APOS, U	kg	0,0035
<i>Outputs</i>		
<i>Emissões para o ar</i>		
Acetaldehyde	kg	8,39E-09
Acetic acid	kg	1,26E-06
Benzene	kg	3,36E-06
Benzo(a)pyrene	kg	8,39E-11
Butane	kg	5,88E-06
Carbon dioxide, fossil	kg	4,70E-01
Carbon monoxide, fossil	kg	1,18E-05
Dinitrogen monoxide	kg	4,20E-06
Formaldehyde	kg	8,39E-07
Mercury	kg	2,52E-10
Methane, fossil	kg	1,68E-05

Nitrogen oxides	kg	1,00E-04
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	kg	8,39E-08
Particulates < 2,5 mm	kg	8,39E-07
Pentane	kg	1,01E-05
Propane	kg	1,68E-06
Propionic acid	kg	1,68E-07
Sulfur dioxide	kg	4,62E-06
Toluene	kg	1,68E-06
