



Universidade Federal do Pará

Joana Cláudia Zandonadi Pinheiro

**Análise do ciclo de vida da cadeia da banana na
região do Lago de Tucuruí**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia

2018

Universidade Federal do Pará
Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia
Pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético



Joana Cláudia Zandonadi Pinheiro

**Análise do ciclo de vida da cadeia da banana na região do Lago
de Tucuruí**

Dissertação de Mestrado

Orientador: Luiz Moreira Gomes

Julho de 2018



Joana Cláudia Zandonadi Pinheiro

**Análise do ciclo de vida da cadeia da banana na região do Lago
de Tucuruí**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético.

Aprovada pela Comissão Examinadora.

Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes

Orientador – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. André Luiz Amarante Mesquita

Coorientador – Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara

Examinador Interno – Universidade Federal do Pará

Prof. Dra. Cassia Maria Lie Ugaya

Examinador Externo – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

Examinador Externo – Universidade Federal do Oeste do Pará

Tucuruí, 20 de Julho de 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Joana Cláudia Zandonadi Pinheiro

TÍTULO: Análise do ciclo de vida da cadeia da banana na região do Lago de Tucuruí

GRAU: Mestre ANO: 2018

É concedida à Universidade Federal do Pará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Joana Cláudia Zandonadi Pinheiro

Rua Espírito Santo, 03 Vila Permanente CEP:68.464-000
Tucuruí/Pa.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com
ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

Pinheiro, Joana Cláudia Zandonadi.

Análise do ciclo de vida da cadeia da banana na região do lago de Tucuruí / Joana Cláudia Zandonadi Pinheiro. — 2018.
136 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes

Coorientador(a): Prof. Dr. Andre Luiz Amarante

Mesquita

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2018.

1. Banana. 2. Análise do ciclo de vida. 3. Tucuruí. 4. Impactos ambientais. I. Título.

CDD 333.714098115

Ao amor da minha vida: Antônio Cohen Pinheiro;

Para meus filhos, força do meu viver.

A razão de hoje eu estar viva.

Aos meus pais, referências de bondade e fé em Deus.

“A tarefa mais difícil para uma mãe, profissional e estudante, é saber conciliar o pouco tempo que se tem disponível, mas é gratificante saber que, ao final, o sacrifício vale a pena.”

(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

Ao Glorioso Deus, que me surpreende a cada dia com mais uma chance de viver.

Aos meus filhos, que nem entendem a ausência, mas torcem pela mãe. Suas manifestações de carinho, com beijos e abraços, em meio às horas de estudo, me animaram e suportaram meu viver. Meu amor e força são: João, Maria e Artur.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços para ajudar os filhos e nos deram educação, valores e fé cristã. Ao meu pai, particularmente, que pela força e vontade de viver. À minha mãe, especialmente, que me apoia, consola e me acompanha com orações.

Às minhas irmãs, sempre disponíveis a ajudar, mesmo quando eu não podia, cada uma fez um pouco, quando na recuperação do meu pai foram suporte, amor e proteção e por isso sei que sempre estaremos unidas. Lelê, obrigada pelo computador emprestado; Paty, pelas dicas ambientais; Paula, pela paciência diária, e Juli, por todo incentivo, amo vocês.

Ao meu esposo Antonio Cohen Pinheiro, meu esposo, pelo incentivo e amor, que sabe a hora do afago e do encorajar, que zela por nossos filhos e tem paciência com a minha ausência.

Ao programa PPGINDE e a toda sua equipe de professores, e, especial professor Maurício e professor Junior e pedagógica, por tornar possível um mestrado no sudeste do Pará. À CAPES, que apoia e incentiva a pesquisa no Brasil.

Ao professor Dr. André Mesquita, que compartilha conhecimento, manifesta dedicação a este trabalho.

Ao professor Dr. Luís Gomes, pela orientação, dedicação e por aceitar o desafio da pesquisa, para a realização deste trabalho.

Aos colegas de mestrado que formaram a primeira turma de Desenvolvimento Energético, dos quais levarei lembranças de união e contribuição de todos. Em especial: Jusley, Geanilson, Mateus e a amiga Marília, que colaborou valorosamente no mestrado.

Às pessoas especiais que contribuíram com a pesquisa: à médica veterinária Nivea Paula, que intermediou o contato com profissionais da ADEPARÁ; a Eng^a. Agrônoma Renata, de Novo Repartimento, e Lélío, de Goianésia do Pará; aos produtores de Novo Repartimento, Tucuruí e Goianésia.

Aos meus colegas de trabalho, professores da UFRA, que incentivam a qualificação educacional: Kaliandra, Rennam, Thiago, Larissa, Andrea e Alvaro.

À amiga sempre presente Marcia, que me dedicou palavras e companhia; às amigas, Palmira, Gleiva, Fernanda, Clara e Siaty, que torceram muito por mim. Aos meus sogros que cuidaram dos que amo.

À Nossa Senhora, que me deu a proteção de seu manto, na caminhada, sempre protegendo meus filhos e minha família para o suportar da distância e da ansiedade diária.

A todos que contribuíram para que mais este sonho se tornasse possível!

RESUMO

Este trabalho trata da análise do ciclo de vida da banana na região do Lago de Tucuruí, no Estado do Pará. São quantificados os impactos ambientais desse produto e sua cadeia produtiva. Também é avaliado o potencial de beneficiamento, visando o incentivo de sua produção na região. Foram visitados produtores de banana regionais, em suas propriedades, onde se realizou o mapeamento dos fluxos do ciclo de vida desse produto, desde o plantio até a venda. A metodologia aplicada na pesquisa envolve a ferramenta Análise do Ciclo de Vida (ACV), que permite a visualização das contribuições ambientais e econômicas de cada processo produtivo. Essa ferramenta possibilita focar a análise na redução dos impactos ambientais e em melhores práticas de processamento e custos do beneficiamento do produto. Os resultados obtidos mostram que as Propriedades estudadas têm índices de emissões de impactos ambientais semelhantes a outras estudadas no mundo e que as fases do plantio até a formação do fruto apresentam índices de emissões elevados, de modo que se faz necessária a aplicação de melhores práticas aos processos, para que haja potenciais reduções dos impactos ambientais gerados. A ferramenta ACV utilizada foi de extrema importância para identificação dos fatores que impactam nos problemas da produção agrícola. Assim, podem-se propor melhorias no uso dos recursos da natureza para as propriedades estudadas, buscando-se a conservação e sustentabilidade, para gerações futuras.

Palavras-chave: Banana; Análise do Ciclo de Vida; Lago de Tucuruí; Impactos ambientais.

ABSTRACT

This work deals with the analysis of the banana life cycle in the Lake of Tucuruí region, in the State of Pará. The environmental impacts of this product and its production chain are quantified. It is also evaluated the potential of beneficiation, aiming the incentive of its production in the region. Regional banana producers were visited on their properties, where they mapped the life-cycle flows of this product, from planting to sale. The methodology applied in the research involves the Life Cycle Analysis (LCA) tool, which allows the visualization of the environmental and economic contributions of each productive process. This approach makes it possible to focus analysis on reducing environmental impacts and on better processing practices and costs of product processing. The obtained results show that the properties studied have similar emission indices of environmental impacts as others studied in the world and that the stages of the planting until the formation of the fruit have elevated indices of emissions, so that the application of best practices to the processes, so that there is potential reduction of the environmental impacts generated. The LCA methodology used was extremely important to identify the factors that impact the problems of agricultural production. Thus, we can propose improvements in the use of natural resources for the properties studied, seeking conservation and sustainability for future generations.

Keywords: Banana; Life Cycle Analysis; Tucuruí Lake; Environmental impacts.

SUMÁRIO

1. Introdução	18
1.1 Considerações iniciais	18
1.2. Justificativa	20
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo geral	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Estruturação do trabalho	21
2. Revisão de Literatura	23
2.1. Avaliação do Ciclo de Vida – ACV	23
2.1.1. Ferramenta da Análise do Ciclo de Vida	25
2.1.1.1. Definição de objetivo e escopo	27
2.1.1.2. Análise de inventário	29
2.1.1.2.1. Coleta de dados	29
2.1.1.2.2. Procedimento de cálculo	29
2.1.1.2.2.1. Cálculo dos custos de produção	29
2.1.1.2.2.2. Cálculo do desempenho econômico	30
2.1.1.2.3. Alocação	31
2.1.1.2.4. Avaliação de impacto	31
2.1.1.3. Avaliação do impacto do ciclo de vida	32
2.1.1.3.1. Pegada hídrica	32
2.1.1.3.2. Pegada de carbono	37
2.1.1.3.3. Emergia	39
2.1.1.4. Interpretação	43
2.2. Outros estudos de ACV	43
3. A Lavoura da Banana	45
3.1. Caracterização da produção de banana no Brasil e no mundo	45
3.2. Banana no Brasil, no Norte e no Pará	45

3.3. Participação do Sudeste do Pará na produção brasileira de banana	48
3.4. A região do Lago de Tucuruí	51
3.5. As bananas	52
3.6. Beneficiamento da banana	56
3.6.1. Doce de banana – (Bananada)	57
3.6.2. Banana chips	58
3.6.3. Farinha da banana	58
3.6.4. Balanço de massa do beneficiamento da banana	60
4. Execução da ACV	61
4.1. Objetivo	62
4.1.1. Escopo	62
4.1.2. Função do produto. Unidade funcional. Fluxo de referência.	
Fronteiras do sistema, do sistema de produto e dos critérios de alocação	62
4.1.2.1. Função produto	63
4.1.2.2. Subsistema do plantio da banana	64
4.1.2.3. Subsistema do beneficiamento da banana <i>in natura</i>	64
4.1.2.4. Unidade funcional	65
4.1.2.5. Limites do sistema	65
4.1.2.6. Fluxo de referência dos critérios de alocação	66
4.2. Análise de Inventário	66
4.2.1. Propriedade A	66
4.2.1.1. Custo da produção de banana	69
4.2.1.2. Custo unitário da banana da terra	70
4.2.2. Propriedade B	71
4.2.2.1. Custo da produção de banana	73
4.2.2.2. Custo unitário da banana	75
4.2.3. Propriedade C	76
4.2.3.1. Custos da produção de banana	78
4.2.3.2. Custo unitário da banana	79
4.3. Avaliação dos impactos do ciclo de vida (AICV)	80
4.3.1. Estudos dos impactos ambientais da produção da banana	80
4.3.1.1. Cálculo da pegada hídrica	81

4.3.1.2. Cálculo da pegada de carbono	83
4.3.1.3. Cálculo da energia	85
4.3.2. Cálculo do balanço de massa do beneficiamento da banana	90
4.3.3. Viabilidade econômica do beneficiamento da banana	93
4.3.3.1. Custos da produção industrial da indústria beneficiadora de banana	93
5. Resultados e Discussões	98
5.1. Interpretação do Ciclo de Vida	98
5.2. Comparação com estudos de ACV	102
5.3. Resultado do balanço de massa e do beneficiamento da banana	104
5.3.1. Resultado do balanço de massa	104
5.3.2. Resultado da viabilidade econômica do beneficiamento da banana	104
5.4. Resultado Comparativo da ACV da banana	106
6. Conclusão	108
Referências Bibliográficas	111
Apêndices	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Normas ISO 14040 – Avaliação do ciclo de vida	24
Tabela 2.2 – Exemplo de tabela padronizada – Quantidade de nitrogênio.	38
Tabela 2.3 – Emissões totais de poluentes ($\times 10^6$ t/ano) por tipo de combustível	39
Tabela 3.1 – Produção brasileira de banana em 2015	46
Tabela 3.2 – Produção de banana nas Unidades Federativas da Amazônia Legal e dos principais Estados produtores – 1990/2003 (t)	47
Tabela 3.3 – Produção de banana	48
Tabela 3.4 – Área colhida (ha) de banana (cacho), segundo as Unidades da Federação, Mesorregiões, Microrregiões e os Municípios produtores 2015	50
Tabela 3.5 – Área colhida, quantidade produzida, rendimento médio, variação da produção em relação ao ano anterior, participação no total da produção nacional e valor da produção de banana (cacho), segundo a importância dos municípios produtores – 2015	50
Tabela 4.1 – Plantio de Banana – 8 hectares em Novo Repartimento – 05 funcionários (em média)	69
Tabela 4.2 – Estimativa do custo de formação e produção por hectare de banana da terra na densidade de 1.125 plantas/ha (espaçamento 2,0 m x 2,0 m) em Novo Repartimento (PA). Janeiro de 2017. Produtividade: 15 toneladas/há	71
Tabela 4.3 – Plantio de banana – 6,8 hectares em Goianésia do Pará – 05 funcionários (em média)	73
Tabela 4.4 – Estimativa do custo de formação e produção por hectare de banana ‘tapimeo’. 13.000 plantas (espaçamento 2,0 m x 1,5 m) em Goianésia do Pará – Janeiro, 2018	75
Tabela 4.5 – Plantio de banana – 10 hectares em Goianésia do Pará – 06 funcionários (em média)	78
Tabela 4.6 – Estimativa do custo de formação e produção por hectare de banana ‘Tapimeo’ nas 5.500 plantas (espaçamento 6,0 m x 3,0 m) em Goianésia do Pará	80

Tabela 4.7 – Dados da Evapotranspiração de Tucuruí	81
Tabela 4.8 – Propriedades, ciclo e rendimento de banana, com base em dados (1 ano)	82
Tabela 4.9 – Valor total da pegada hídrica	83
Tabela 4.10 – Resultado da pegada do carbono	84
Tabela 4.11 – Avaliação emergética da Propriedade A	87
Tabela 4.12 – Avaliação emergética da Propriedade B	88
Tabela 4.13 – Avaliação emergética da Propriedade C	89
Tabela 4.14 – Balanço de massa da banana beneficiada	92
Tabela 4.15 – Custos fixos e variáveis da produção de beneficiamento da banana	94
Tabela 4.16 – Custo unitário e margem de contribuição do beneficiamento da banana	96
Tabela 4.17 – Análise econômica do beneficiamento da banana	97
Tabela 4.18 – Preço do quilograma da banana <i>in natura</i> x banana beneficiada	97
Tabela 5.1 – Resultados da PH da banana e de outros produtos	103
Tabela 5.2 – Comparação com demais autores	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fases da avaliação do ciclo de vida	26
Figura 2.2 – Estágios do ciclo de vida de um Sistema de Produto	28
Figura 2.3 – Pegadas hídricas de processo como unidade básica para todas as outras pegadas	33
Figura 2.4 – Cálculo da transformidade da madeira	40
Figura 2.5 – Representação das forças de um diagrama de energia	42
Figura 2.6 – Exemplo genérico de um diagrama tradicional de energia	42
Figura 3.1 – Mapa da região do Lago de Tucuruí	52
Figura 3.2 – Bananeira	53
Figura 3.3 – Subsistema do plantio da banana	54
Figura 3.4 – Utilização da cadeia da banana	56
Figura 3.5 – Produto: doce em massa de banana	57
Figura 3.6 – Fluxograma de obtenção de chips de banana	58
Figura 3.7 – Fluxograma geral do processamento do produto para obtenção da farinha de banana	59
Figura 4.1 – Fluxo de vida da banana	63
Figura 4.2 – Subsistemas da função produto	64
Figura 4.3 – Fluxo de massa e energia da banana	65
Figura 4.4 – Bananeira da Propriedade A	69
Figura 4.5 – Bananal consorciado da Propriedade B	73
Figura 4.6 – Vista aérea do bananal consorciado da Propriedade C	77
Figura 4.7 – Diagrama energia da produção de banana nas Propriedades A, B e C	86
Figura 4.8 – Rendimento do doce da banana	91
Figura 4.9 – Rendimento da farinha de banana	91
Figura 4.10 – Rendimento dos chips de banana	92
Figura 5.1 – Pegada Hídrica das Propriedades A, B e C	99
Figura 5.2 – Porcentagem da Pegada de Carbono das Propriedades A, B e C	100
Figura 5.3 – Energia nas Propriedades A, B e C	102
Figura 5.4 – Fluxo sugerido do estudo da ACV da banana	106

LISTA DE SIGLAS

ABCV	Associação Brasileira de Ciclo de Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV (LCA)	Avaliação do Ciclo de Vida (Life Cycle Analyses)
ADEPARÁ	Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará
AICV	Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida
APA (EPA)	Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency)
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
COT	Custo Operacional Total
CI	Custo Indireto
COE	Custo Operacional Efetivo
CTP	Custo Total de Produção
DAP (EPD)	Declaração Ambiental de Produto (Environmental Product Declaration)
DHC	Demanda Hídrica da Cultura
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESI	Índice de Estresse Ecológico (Ecosystem Stress Index)
EUA	Estados Unidos da América
EWI	Índice de Bem-estar do Ecossistema (Ecosystem Wellbeing Index)
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (Food and Agriculture Organization)
GEE (GHG)	Gases de Efeito Estufa (Greenhouse Gas)
GHG Protocol	Protocolo de Gases de Efeito Estufa (Greenhouse Gas Protocol)
HWI	Índice de Bem-estar Humano (Human Wellbeing Index)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IEA	Agência Internacional de Energia (International Energy Agency)
INCRA	Instituto Nacional da Colonização e Reforma Agrária

INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (Intergovernmental Panel on ClimateChange)
ISO	Organização Internacional para Padronização (International Organization for Standardization)
ITEP	Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco
LSPA	Levantamento Sistemático de Produção Agrícola
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
ONU	Organização das Nações Unidas
PAG (GWP)	Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential)
PC	Pegada de Carbono
PDC	Período de Desenvolvimento da Cultura
PH	Pegada Hídrica
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
REPA	Análise de Recursos e Perfil Ambiental (Resource and Environmental Profile Analysis)
SAGRI	Secretaria de Estado de Agricultura
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency)
WSI	Índice de Bem-estar/ Estresse (Wellbeing/Stress Index)

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

Nos últimos anos a sociedade vem procurando alternativas para a preservação do meio ambiente e tem se mostrado cada vez mais preocupada em minimizar os danos e impactos que vêm sendo causados pelas emissões que degradam o meio ambiente, os quais já são bastante perceptíveis nos dias atuais. Outra realidade é o aumento da busca das pessoas por soluções alimentares e pelo consumo de produtos saudáveis que tenham o mínimo possível de agrotóxicos e inseticidas. Também se tem buscado viabilizar o reaproveitamento dos resíduos de tais produtos. Adicione-se a isso a oportunidade de economia e lucro em diversos ramos de negócios, a contribuição para o meio ambiente e o favorecimento da saúde humana.

Aproximadamente 1,3 milhões de toneladas de alimentos em bom estado são mundialmente desperdiçados nessa cadeia, isso significa que quase um terço do alimento destinado para o consumo humano é descartado (FAO, 2015). Esse desperdício de alimentos significa que uma enorme carga ambiental exercida ao planeta poderia ser contida, ou, ainda socialmente, poderia ser reaproveitada eficazmente (NOTARNICOLA et al., 2017). Assim, faz-se necessário o estudo da cadeia produtiva dos alimentos para um melhor aproveitamento de seus produtos e subprodutos, a fim de minimizar impactos e resíduos gerados ao meio ambiente.

Neste trabalho, utiliza-se a ferramenta Análise do Ciclo de Vida (ACV) para o estudo do processo produtivo da cadeia da banana na região e as possíveis implicações desse produto ao meio ambiente. Verifica-se como esse produto contribui para a vida das pessoas, desde seu plantio até sua disposição final, tornando possível o reaproveitamento de todos os componentes, tanto da planta, como do produto, de modo que o reaproveitamento seja o maior possível para os moradores habitantes da região onde o produto é cultivado.

A região onde o estudo é realizado localiza-se no Lago de Tucuruí, no Rio Tocantins, e possui uma área de 2.918 km². Com municípios em seu entorno, ela dista 308 km em linha reta ao sul da capital Belém. Fazem parte dessa região os municípios afetados pela construção da barragem da Eletrobrás/Eletronorte de Tucuruí.

São localizados à jusante da barragem os municípios de Baião, Mocajuba, Cametá, Limoeiro do Ajuru e Igarapé-Miri e, à montante da barragem, localizam-se Jacundá e

Itupiranga pertencente à mesorregião sudeste paraense. No reservatório situam-se Nova Ipixuna, Jacundá, Novo Repartimento, Goianésia do Pará, Breu Branco e Tucuruí, municípios que foram afetados diretamente, desde a década de 1970, pela construção da hidrelétrica, a qual foi inaugurada em 1984.

Com o intuito de analisar a cadeia produtiva da banana e os custos dos insumos, o balanço de massa e os fluxos dos processos e subprocessos, utiliza-se nesse estudo a ferramenta normalizada pela norma ISO 14.040, que descreve os princípios e procedimentos necessários para a Análise do Ciclo de Vida do produto (ACV), a fim de obter os parâmetros da produção e dos processos estudados, com o objetivo de garantir que o retorno financeiro do plantio de bananas seja viável à região e mensurar as emissões do processo.

Para a realização deste trabalho, visitaram-se 03 (três) municípios da região do Lago: Tucuruí, Goianésia do Pará e Novo Repartimento. Durante a realização da pesquisa, foram coletados dados, através de entrevista com produtores e comerciantes desses três municípios, com o intuito de estudar a cadeia produtiva da banana e seus impactos para a região e também de aumentar o cultivo desse produto, de modo que a cadeia possa gerar mais renda aos produtores e melhorar o aproveitamento de todas as fases da banana, desde seu plantio até sua entrega ao consumidor final.

A ferramenta ACV tem a característica de avaliar a gestão de produtos e de serviços e será de suma importância para a análise da cadeia produtiva da banana nessa região, pois, por meio dessa ferramenta, avalia-se o balanço energético, os consumos de insumos agrícolas e o processo. Deste modo, objetivou-se neste estudo, a análise de custos de produção da banana, com estimativa de receita e verticalização deste mercado e analisar os alguns impactos gerados. Onde a avaliação dos impactos quantifica-se os recursos da realidade com o de estudos semelhantes, segundo Nemecek (2011).

Os processos serão representados por meio de fluxos, com a finalidade de melhorar o manejo do produto e de evitar que ocorram perdas, as quais poderiam ser reaproveitadas de forma eficaz. Para Chehebe (1997), a ferramenta de análise do ciclo de vida avalia de forma global a produção de um produto ou uma tarefa em todas as suas fases. Desse modo, essa ferramenta mostra-se adequada aos objetivos da presente pesquisa.

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é mundialmente empregada para fins de avaliação de impactos de diversos produtos alimentares, e tem sido amplamente utilizada para determinar esses impactos em cenários e em sistemas agrícolas nos últimos anos (PRÉ SUSTAINABILITY, 2014).

A produção de banana tem destaque no cenário paraense. Prova disso são os municípios pesquisados do sudeste do Pará, como Novo Repartimento, com 6.500 cachos por hectare colhido, de acordo com dados do IBGE (IBGE, 2015).

As informações foram coletadas por meio de visitas *in loco* a plantios de bananas nesses municípios e também por meio de visitas de campo e realização de entrevistas com perguntas sobre o processo produtores e comerciantes, feirantes e trabalhadores rurais que compõem a cadeia produtiva do plantio da banana nessa região.

Na sequência dos capítulos, são apresentados dados desde plantio, tratamento de plantas, colheita, lavagem, armazenamento, transporte interno, venda e revenda da banana nessa região. No entanto, é necessário lembrar que todos esses processos geram impactos ambientais. Acerca desse assunto, Soussana (2014) chama a atenção para a importância da utilização da ferramenta do ciclo de vida para aumentar as chances de sustentabilidade dos sistemas alimentares.

1.2. Justificativa

A crescente preocupação ambiental de empresas e da sociedade com os impactos gerados pelos produtos produzidos e desperdiçados pela sociedade, a escolha da ferramenta ACV define as entradas e saídas dos processos, ao passo que os fluxos determinam etapas primordiais desse processo (e ainda as que não são necessárias nesse ciclo produtivo).

A proposta do presente trabalho é desenvolver uma metodologia para estimar o impacto desde o plantio até seu destino final, por meio do estudo da ACV. Para isso, faz-se necessário conhecer os índices de emissões da produção da banana e da sua cadeia produtiva.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como finalidade analisar o ciclo de vida da cadeia produtiva da banana na região do Lago de Tucuruí e seu entorno, por meio da aplicação da ferramenta ACV.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analisar a cadeia produtiva da banana;
- Quantificar impactos ambientais como pegada hídrica, pegada do carbono e energia da produção banana;
- Destacar as etapas do ciclo de vida da banana, responsáveis pelos impactos ambientais, e apresentar sugestões, melhores que as atuais para reduzir esses impactos negativos;
- Produzir informações de modo a fornecer alternativas e modelos que sejam sustentáveis, que sirvam de referência para o desenvolvimento de programas de políticas públicas focados no cultivo e na produção da banana e de seus derivados.

1.4. Estruturação do trabalho

O trabalho está estruturado em seis capítulos. O capítulo 1 corresponde ao marco introdutório. O capítulo 2 apresenta uma breve explanação sobre a ferramenta da ACV, descrevendo suas quatro fases. Apresenta-se a metodologia de quantificação de impactos ambientais e custos da banana, os tipos de impactos estudados e sobre a avaliação da importância desses impactos para a saúde humana para um determinado produto, processo ou serviço.

O capítulo 3 disserta sobre a banana e sua estrutura de produção. Assim, apresentam-se informações acerca de classificação, plantio, colheita, beneficiamentos possíveis, transporte até o varejo, perfazendo-se todo o percurso da banana desde o plantio até sua venda a atacado ou varejo.

O capítulo 4 descreve a metodologia proposta para a execução da Análise do Ciclo de Vida da banana no entorno do Lago de Tucuruí, utilizando-se as fases de objetivo, escopo, análise de inventário da produção de banana no Lago de Tucuruí e inventário de transporte e varejo dessa produção.

O capítulo 5 mostra os resultados e as análises do potencial de cultivo de banana na região do Lago de Tucuruí, além das emissões geradas pela produção da banana e a análise dos custos da produção da banana.

Por fim, o capítulo 6 expõe uma síntese do trabalho, ressaltando a importância do potencial de cultivo da banana no Estado do Pará e o potencial de beneficiamento do fruto e

de partes dele, evidenciando o desempenho energético do ciclo da banana. Esse capítulo também apresenta sugestões para trabalhos que possam futuramente promover o cultivo, a extração e o beneficiamento da banana como forma de oportunidade e de crescimento da cadeia da banana para o desenvolvimento do Estado do Pará e da Amazônia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

A Avaliação do Ciclo de Vida é definida pelas normas ISO 14040 e 14044, (Norma ABNT 2009b) como uma ferramenta metodológica que avalia o produto e os serviços desde sua concepção até seu destino final, incluindo a reciclagem e o destino final dos rejeitos e desperdícios do produto. A EPA (Environmental Protection Agency), dos Estados Unidos, estabelece a Análise de Ciclo de Vida como uma ferramenta avaliativa global sobre processos de produtos ou serviços por todo seu ciclo de vida (CHEHEBE, 1997).

Essa ferramenta faz com que os produtores busquem diferenciais, pois o mercado cada vez mais exigente faz com que as alterações sobreponham a concorrência pela qualidade do produto ou pelo serviço oferecido e ainda pelo diferencial de conscientização ambiental e pela preocupação com a sustentabilidade.

Os pesquisadores Takahashi e Morais (2000) enfatizam que o mercado está cada vez mais competitivo e, portanto, exige-se que a qualidade seja mensurada de forma padronizada, com controle de produtos e processos, para o melhor atendimento do mercado mundial globalizado. Assim, a ferramenta da ACV vem sendo usada com grande amplitude para controle e mensuração de desempenho de processos e sistemas ambientais nas organizações, como método de angariar visibilidade e notoriedade no mercado (TAKAHASHI e MORAIS, 2000).

A aplicação dessa ferramenta é útil para a obtenção de uma abordagem completa do processo do produto, desde seu crescimento até sua utilização total. Segundo Zeller et al. (2014), a ACV tem como primordial abordagem a preocupação com os impactos causados ao meio ambiente, ao que um determinado produto gera e sua produção faz, de modo que esses impactos sejam transpostos de uma fase para outra.

Ainda de acordo com a pesquisa de Zeller et al. (2014), diversos tipos de ACV são aplicados a diferentes situações e ambientes, podendo considerar avaliações sociais, econômicas e de sustentabilidade. Tal variabilidade, característica peculiar, torna laborioso o desenvolvimento da sua metodologia.

As normas ISO 14000, editadas pela ISO (International Organization For Standardization – Organização Internacional para Padronização), são um conjunto de normas técnicas criado para a padronização da gestão ambiental, que visa à redução e ao

controle de impactos ao meio ambiente. A ISO 14001, pertencente à série 14000, é considerada uma importante certificação às empresas com visibilidade internacional. Segundo Lopes et al. (2009), a ISO permite verificar se empresa está comprometida com a responsabilidade social, com a sociedade, por meio de suas políticas públicas, trazendo um esquema sistematizado nas organizações em questões ambientais.

A série de normas ISO contempla as áreas do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), além de rotulagem e de auditorias ambientais e Análise do Ciclo de Vida de produtos ou serviços, a qual será abordada por este estudo.

De acordo com Chehebe (2002), as normas ISO, em sua definição de ciclo de vida, instituíram parâmetros para comunicação dos efeitos. O objetivo desses critérios é propiciar aos usuários uma ferramenta de suporte à tomada de decisões. São também utilizadas para subsidiar os setores de *marketing* de empresas na rotulagem ambiental e declaração ambiental de produtos. Além disso, destaca-se sua importância na definição dos indicadores ambientais das suas organizações e no fato de ser uma ferramenta que realiza uma avaliação sistematizada de quantificação das transferências de energia e de materiais no ciclo de vida do produto (LOPES et al., 2009).

Com as mudanças realizadas após a fusão das ISO, um novo grupo foi criado (em junho de 2002) para revisar as normas ISO 14040/41/42/43 e formar um senso comum para a padronização. Segundo Finkbeiner et al. (2006), a unanimidade foi atingida na forma de quatro objetivos primordiais, a saber: a compilação das normas em apenas dois documentos, a manutenção do conteúdo técnico, o consenso e os requisitos. A Tabela 2.1 mostra o antigo modelo:

Tabela 2.1 – Normas ISO 14040 – Avaliação do ciclo de vida.

Nº: ano	Título da Norma
14040:1999	Avaliação do ciclo de vida – princípios e estruturas.
14041:1998	Avaliação do ciclo de vida – objetivos e escopo, definições e análise de inventários.
14042:2000	Avaliação do ciclo de vida – avaliação de impacto de ciclo de vida.
ISO/TR 14043:2000	Avaliação do ciclo de vida – interpretação dos resultados de um estudo de avaliação do ciclo de vida.
ISO/TS 14048:2002	Avaliação do ciclo de vida – informações sobre a apresentação de dados para um estudo de avaliação do ciclo de vida.
ISO/TR 14049:2002	Avaliação do ciclo de vida – exemplos para a aplicação da norma ISO 14041:1998.

Fonte: Bastos, 2009 (Adaptado).

De acordo com Finkbeiner et al. (2006), a consolidação da fusão das quatro fases em um único documento (ISO 14044) só ocorreu para que se possibilitasse maior entendimento da norma. Assim, o novo documento tornou-se referência, pois nele estão contidas todas as fases da ACV, bem como os requisitos técnicos.

No Brasil, a Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV) foi criada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em conjunto com o Ministério de Ciência e Tecnologia, com algumas empresas privadas e universidades. Ela visa à preparação e à formação do uso de ferramentas, fomenta intercâmbios de informações e apoia pesquisas sobre a ACV, qualificando e treinando pessoas, de modo que a aplicabilidade aconteça de forma adequada e correta (ANDRADE, 2006 apud ZOLDAN, 2008).

O Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT, 2006) estabelece que a ACV é uma técnica para avaliação dos aspectos e impactos relacionados a produtos ou serviços, compreendendo as etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas, que entram no processo produtivo, até a disposição do produto final, abordando a produção de energia, os fluxogramas das atividades, o transporte, o consumo de energia não renovável, os impactos relacionados com o uso ou aproveitamento de subprodutos, o reuso do produto e questões relacionadas à disposição, recuperação ou reciclagem de resíduos e embalagens.

Com isso, a execução dessa ferramenta possibilita uma melhor gestão de recursos aplicados ao processo produtivo, a mensuração de custos, além de manter os indicadores ambientais controlados e minimizar os desperdícios de produtos, o que resulta na redução dos impactos gerados ao meio ambiente.

2.1.1. Ferramenta da Análise do ciclo de vida

O primeiro estudo que se tem referência foi desenvolvido no ano de 1965, nos Estados Unidos. A empresa Coca-Cola fez um estudo intitulado “Resource and Environmental Profile Analysis” (Análise do perfil de recursos e meio ambiente), no qual queria saber quais as embalagens que seriam menos prejudiciais ao meio ambiente, em termos de emissões, diminuindo, assim, os desperdícios de recursos na fabricação. Esse estudo de pesquisa consistia no inventário das matérias-primas e dos combustíveis utilizados e das cargas ambientais do processo produtivo de cada embalagem (REPA) (CURRAN, 1996).

Faz parte da ferramenta da ACV a quantificação dos possíveis impactos ambientais e de saúde, bem como a avaliação dos aspectos relevantes dos produtos, observando-se os que podem ser retirados ou melhorados em todo seu ciclo de vida. Piekarski (2015) afirma que todos os fluxos inerentes ao processo de massa e energia devem ser quantificados e avaliados durante seu ciclo de vida, desde o princípio da cadeia até destinação final de um produto.

Diversos estudos recentes vêm sendo publicados sobre a ACV de produtos alimentares oriundos de regiões tropicais da América Latina, África e Ásia. Assim, diversos pesquisadores da área consideram que a ACV quantitativa, em conjunto com a melhoria de práticas desde o plantio, passando pelo processamento e pela distribuição, possibilitarão a minimização de impactos ambientais de produtos alimentares (INGWERSEN, 2012).

Uma revisão elaborada por Ruviano et al. (2012) mostra que pouco tem sido feito em culturas de frutas. Além disso, são raras as pesquisas que tratam da cultura da banana, com algumas exceções, como uma que estudou bananas, mamão e goiaba no sul da China, na qual se calculou a energia gasta em cada cultivar (LU et al., 2009).

A ACV, de acordo com a ISO 14040, é composta de quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados (conforme representação esquemática da Figura 2.1):

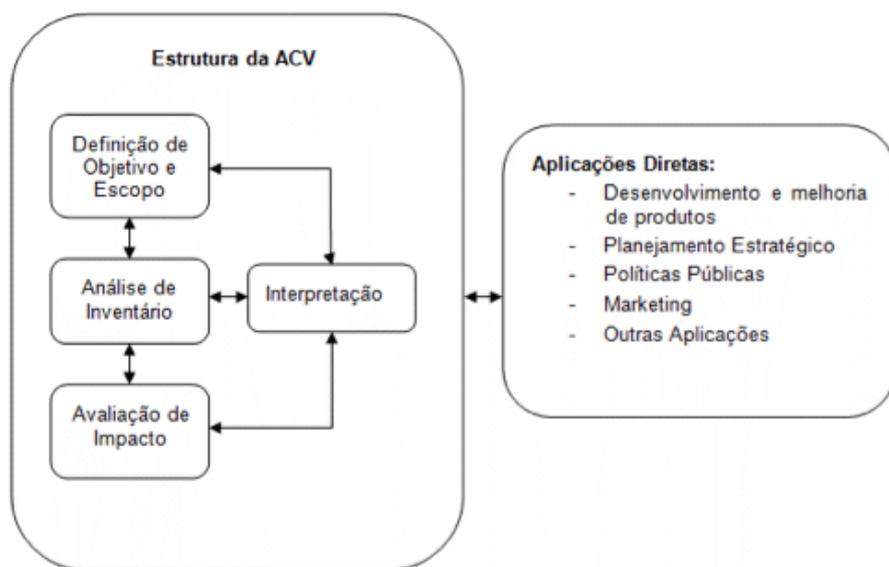


Figura 2.1 – Fases da avaliação do ciclo de vida.
Fonte: ISO 14040 (ABNT, 2009).

Os estudos da ACV, consoante às ideias de Chehebe (1997), demonstram que na etapa inicial são definidos os objetivos e limites alcançados, além da possibilidade de avaliar o impacto gerado ao meio ambiente. Na segunda etapa, é realizado o inventário de todas as entradas e saídas, por meio de fluxos e coleta de dados.

Na terceira etapa, procede-se à avaliação dos impactos e comparam-se seus resultados com as emissões, quantificando os recursos da unidade funcional. Nesse momento da análise, segundo Nemecek (2011), é necessário que se conheçam as consequências ambientais da utilização de técnicas em sistemas agrícolas. Por exemplo, a aplicação de fertilizante gera efeitos bons e/ou ruins e alterações que estão ligadas diretamente ao rendimento e à qualidade de produtos.

Na última etapa, é feita a interpretação dos resultados, na qual é realizada a avaliação dos impactos e das possíveis melhorias no processo produtivo. Quando a ACV é utilizada para comparar produtos, essa etapa é a que recomenda qual produto deve ser ambientalmente preferível, além de identificar oportunidades de melhoria de desempenho ambiental no ciclo de vida desses produtos estudados. Nessa etapa da interpretação, objetiva-se identificar resultados, atingir as metas do estudo, explicar sobre as limitações e propiciar as recomendações do sistema (ABNT, 2009).

Conforme Notarnicola et al. (2017), devido à variabilidade de dados para a realização de estudos de Análise do ciclo de vida, constatou-se que em sistemas agrícolas existe a necessidade de padronização de alguns dos aspectos para a diminuição dessa variabilidade. Tais aspectos contemplam metodologias de gestão diferentes, além de solo, clima e cultivares diferenciados, o ciclo de vida de produtos adequados à sazonalidade e as características peculiares àquela cultura e aos sistemas de produtos.

2.1.1.1. Definição de objetivo e escopo

O objetivo da ACV é determinado pela meta e pela aplicação pretendida, pelas motivações e pelo público que irá atingir ao final do estudo (ABNT, 2009). De acordo com Bastos (2009), na primeira etapa, faz-se um plano com objetivos, determinando os limites que se deseja alcançar e a forma metodológica de obtenção de dados. O escopo compreende a abrangência que o estudo terá.

De acordo com Zhou et al. (2011), nessa fase devem ser definidos o sistema a ser estudado, seus limites, a unidade funcional utilizada e as fronteiras do sistema, conforme apresentados a seguir:

– Sistema do produto: definido por um conjunto de processos elementares, ligados por fluxos de produtos intermediários, que se desencadeiam em uma ou mais funções definidas (ABNT, 2009a). A função é a característica preponderante de um sistema. A Figura 2.2 mostra as entradas e saídas de um sistema em seus níveis de ciclo de vida e as possíveis medidas do sistema de produto (USEPA, 2006):

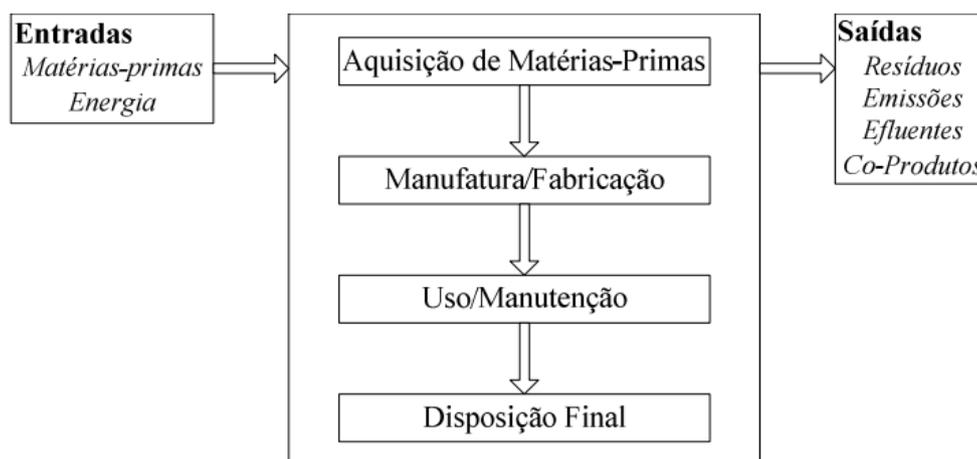


Figura 2.2 – Estágios do ciclo de vida de um Sistema de Produto.
Fonte: USEPA, 2006.

– Fronteiras do sistema do produto: faz a conexão entre o sistema do produto e o meio ambiente e outros sistemas do produto.

– Unidade funcional: trata-se da unidade básica que irá ser considerada pelo sistema do produto. O desempenho será quantificado com essa referência no estudo ACV, gerando comparações entre sistemas diferenciados. Segundo Almeida e Gianetti (2006), a unidade funcional relaciona as unidades do estudo com os dados de inventário é uma unidade que servirá de base para a realização do sistema.

– Limites do sistema: de acordo com Curran (1996), é o meio ambiente que faz a separação e a distinção da fronteira de um sistema e do produto. As entradas no sistema de produto são recursos naturais, que podem ser insumos, e recursos energéticos e materiais. A saída são os recursos materiais e energéticos liberados para o ambiente na forma de rejeitos (emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos). Conforme Bastos (2009), os “limites do sistema estabelecem o contorno que delimita os subsistemas a serem estudados. Os limites da ACV são geralmente apresentados em fluxogramas que indicam a sequência dos processos relacionados ao ciclo de vida do produto”.

– Fluxo de referência: resulta no valor quantitativo do produto que seja indispensável para cumprir a função, sempre levando em consideração a unidade funcional adotada no sistema.

2.1.1.2. Análise de inventário

Após a definição dos objetivos e do escopo, é necessária a análise do inventário visando à obtenção dos dados do sistema. Trata-se da coleta de dados realizada e os cálculos necessários para gerar o número da diferença do que entra e do que sai no sistema em termos de materiais e energia. De acordo com Almeida e Goannetti (2006) apud Bastos (2009), a análise de inventário irá mensurar o gasto energético e as emissões durante o ciclo de vida do produto, considerando que cada fluxo de massa que entrar deverá ser o mesmo a sair do sistema. Esse fluxo se dará na forma de produto, resíduos ou emissões.

Com o estudo do inventário, será feita a determinação do fluxo de processamento do produto, a destinação de resíduos e as quantidades de saída do sistema, tudo isso a partir do desenvolvimento de algumas fases, apresentadas na sequência.

2.1.1.2.1. Coleta de dados

A coleta de dados refere-se às informações mais importantes do sistema estudado. Recomenda-se a utilização de questionários para facilitar a coleta padronizada de dados.

2.1.1.2.2. Procedimento de cálculo

Os procedimentos de cálculo são importantes para gerar os resultados, a partir dos dados levantados em cada processo, considerando a unidade funcional do sistema.

2.1.1.2.2.1. Cálculo dos custos de produção

Para determinação do cálculo do custo de produção de um determinado produto agrícola, a estrutura do Custo Total de Produção (CTP), que tem a finalidade de mensurar os gastos e benefícios dessa cadeia. A metodologia utilizada foi desenvolvida pelo Instituto de Economia Agrícola de São Paulo e empregada por Matsunaga et al. (1976) e por Dourado et al. (1999). Tal método agrupa os custos em duas categorias, a saber:

– Custo Operacional Efetivo (COE), que são os custos variáveis e correspondentes à soma das despesas mecanizadas, às operações manuais e aos insumos. São os custos desde o preparo do solo até a colheita.

– Custos Indiretos (CI), são os custos fixos das despesas indiretas. Em outras palavras, custos que o produtor tem antes do plantio, como o custo da terra, os impostos, a depreciação de máquinas e as retiradas de dinheiro para o sustento familiar.

Dessa maneira, o Custo Total da Produção (CTP) é a soma dos dois custos:

$$CTP = COE + CI \quad (2.1)$$

2.1.1.2.2.2. Cálculo do desempenho econômico

O desempenho econômico da exploração é determinado pelos índices econômicos: Ponto de Nivelamento (PN), Margem de Segurança (MS) e relação custo benefício (B/C).

Segundo Marion (2001), o ponto de nivelamento é definido como o ponto em que as vendas sobrepõem os gastos (fixos e variáveis), ou seja, é a condição na qual os gastos se tornam iguais à receita da produção, sem prejuízo ou lucro. Assim, o ponto de nivelamento é o ponto estável da exploração e é dado pela relação:

$$PN = (\text{Custo total da exploração} / \text{Preço unitário da venda do produto}) \quad (2.2)$$

A margem de segurança, segundo Garrison e Noreen (2001), pode ser identificada no limite até o ponto em que os preços dos produtos possam cair e os preços dos insumos possam subir sem afetar e gerar prejuízos. Assim, tem-se:

$$MS = (\text{Custo Total Produção (CTP)} - \text{Receita}) / \text{Receita} \quad (2.3)$$

Já o retorno sobre o investimento será calculado de acordo com Araujo et al. (2003), que mensuram a eficiência geral:

$$TR (\text{Taxa de Retorno}) = \text{Receita} / \text{custo total (CTP)} \quad (2.4)$$

A taxa de retorno é a lucratividade de empreendimento, quanto mais alta for essa taxa, maior será a rentabilidade do negócio.

2.1.1.2.3. Alocação

A alocação é a possibilidade de diversos processos produtivos industriais utilizarem a reciclagem em um de seus subprocessos, produzindo assim mais de um produto. A ABNT, (2004) determina que as etapas dos processos e a transferência de materiais e energia e os impactos ao meio ambiente devem ser alocados aos diferentes produtos de acordo com métodos estabelecidos claramente.

2.1.1.2.4. Avaliação de impacto

Serão avaliados os resultados significativos da análise dos Inventários do Ciclo de Vida do sistema de produto ou serviços, com o objetivo de garantir uma melhor compreensão e a interpretação dos impactos ambientais competentes (ABNT, 2001). Existem os elementos relevantes (obrigatórios) e os opcionais na fase de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) (ABNT, 2009). Os obrigatórios dividem-se em três:

- Seleção das categorias de impacto: o foco principal é a importância ambiental, por isso os indicadores considerados na seleção são definidos a partir da unidade funcional e respeitam o conhecimento detalhado de processos e procedimentos ambientais.

- Classificação: é a categorização e o agrupamento dos resultados da análise do inventário nas diferentes espécies de impactos apurados e identificados. A classificação torna possível destacar as demandas ambientais.

- Caracterização: nessa fase ocorre o cálculo dos resultados dos indicadores, em que, de acordo com Myllyviita et al. (2012), será quantificada cada colaboração dos danos ambientais e os resultados dos indicadores serão convertidos para unidades usuais que contribuam para o resultado.

A norma ISO 14041 estabelece que, para o recolhimento de dados para se fazer um inventário, este pode ser o mesmo da etapa de Avaliação do Ciclo de Vida e é denominado de Inventário do Ciclo de Vida (ICV), definido na norma 14040 da série ISO.

2.1.1.3. Avaliação do impacto do ciclo de vida

Segundo Almeida e Giannetti (2006), o principal ponto da avaliação do impacto do ciclo de vida é identificar a importância da redução dos impactos ambientais gerados, extraídos da análise de inventário. O foco deve ser sempre a redução desses impactos e a diminuição da geração de poluentes. Posteriormente, os dados devem ser analisados com o fim de se obter informações sobre a gravidade dos impactos, os quais serão classificados, caracterizados e valorados visando à obtenção dos dados concretos das emissões.

De acordo com outros estudos de avaliação do ciclo de vida em sistemas agrícolas na Suíça, Nemecek et al. (2011) afirmam que algumas técnicas adotadas para redução de impactos ambientais podem prejudicar outros, como a substituição de recursos minerais por fertilizantes orgânicos reduz o uso de insumos, porém, por outro lado, aumenta a perda de nutrientes do produto. Aconselha-se a prática de uma avaliação mais completa de todo o ciclo de vida, evitando deslocamento de cargas ambientais de uma atividade para outra.

Com esse intuito, escolheu-se estudar os impactos causados a sistemas agrícolas, que possam afetar a produção, bem como buscar métodos de reduzi-los para melhorar a emissão dos efeitos gerados.

2.1.1.3.1. Pegada hídrica

A utilização, o consumo e a preservação da água são uma constante preocupação mundial, visto que sua disponibilidade depende muito da localidade. Em contrapartida, fazer bom uso da água é de primordial importância, por isso a pegada hídrica vem sendo utilizada como um aliado para definir como o volume total de água doce utilizado pode ser minimizado ou melhor aproveitado nos processos.

Segundo Dantas (2012) apud Ferreira (2014), a pegada hídrica manifestou-se em 1993 com o conceito de água virtual, em estudos de John Anthony Allan, no qual ela seria o volume de água virtual incluso a um determinado produto. Esse conceito difere do de pegada hídrica que surgiu em 2002, nos estudos de Hoekstra (2002), o qual explica que a pegada hídrica oportuniza não só o produtor saber o gasto de água, com seu uso direto, mas também permite a ele mensurar o seu uso indireto.

A ISO 14046 fornece requisitos e orientações para o cálculo e a elaboração de relatórios de pegada hídrica como uma avaliação independente – ou como parte de uma avaliação ambiental mais ampla (BSI, 2013). As apropriações hídricas do homem ocorrem

pelos usos dos volumes de água destinados a suas atividades domésticas, agrícolas e industriais. Esses consumos não podem exceder a taxa de reposição natural dos recursos hídricos.

A pegada hídrica divide-se em três formas: pegada hídrica a verde, que se refere ao uso humano do fluxo que se evapora da superfície terrestre, resultado, em sua maior parte, do cultivo agrícola ou da produção florestal; a pegada hídrica azul, que corresponde ao uso consuntivo do fluxo de escoamento, isto é, à captação do escoamento da bacia, na medida em que esse fluxo não retorna à bacia na forma de vazão de retorno, e a terceira é a pegada hídrica cinza, que é um indicador do grau de poluição da água, o qual pode estar associado a uma etapa do processo.

A Figura 2.3 mostra um esquema no qual fica explícita a pegada de um processo como base para todos os tipos de cálculo de pegada:

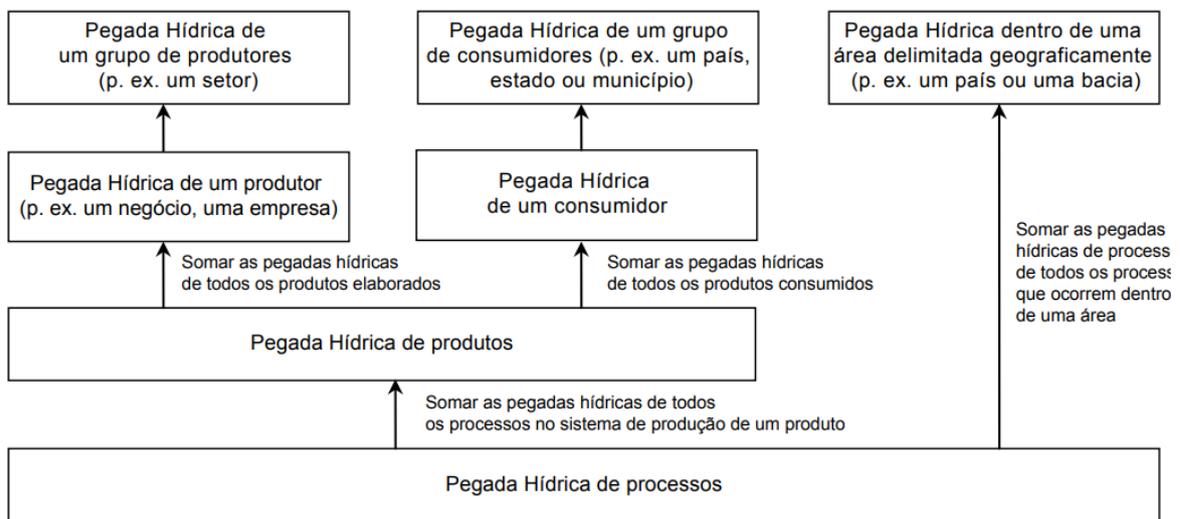


Figura 2.3 – Pegadas hídricas de processo como unidade básica para todas as outras pegadas hídricas.

Fonte: Hoekstra et al., 2011.

A pegada hídrica de produtos finais (de consumo) pode ser somada sem que haja dupla contabilidade. Isso se deve ao fato de que a pegada hídrica dos processos é sempre e exclusivamente alocada em um único produto final ou, quando um processo contribui para mais de um produto final, a pegada hídrica de um processo é dividida entre os diferentes produtos finais.

A maioria dos cálculos de pegada hídrica é o somatório do consumo de água (azul, verde e cinza). Nesse contexto, será de melhor efeito para o meio ambiente um produto com uma pegada hídrica menor.

A água verde é acessível apenas por meio do solo e da ocupação dele, pois lá ela fica armazenada ou permanece temporariamente na superfície do solo ou na vegetação. Conforme explica Ferreira (2014), essa água que permanece no solo não necessariamente será totalmente aproveitada pelas plantas, todavia, é uma água produtiva e uma parte dela irá evaporar, por isso será contabilizada como perda e também entrará no cálculo da pegada hídrica. Na verdade, a pegada hídrica verde é o volume da água da chuva consumido durante o processo de produção (HOEKSTRA et al., 2011).

A água azul é superficial ou subterrânea e é principalmente aproveitada em ciclos de vida de produtos agroalimentares como água de irrigação na agricultura e processamento de água nas fábricas. A utilização da água para irrigação em plantios e na indústria compete com a água para uso doméstico.

Já a pegada hídrica cinza refere-se ao volume de água eficaz que faça suprir a poluição gerada; dessa forma, corresponde ao volume de água capaz de diluir os poluentes de uma quantidade de água, que, ao ser assimilada, sua qualidade retorna aos padrões mínimos de consumo aceitáveis.

Segundo Ferreira (2014), as empresas estão cada dia mais preocupadas em associar o cálculo da pegada hídrica com a ACV, pois o auxílio no entendimento dos impactos e a melhor de utilização de recursos favorecem os processos.

Conforme Hoekstra et al., (2011), a estimativa é feita com base no consumo e na poluição da água em todas as etapas da cadeia produtiva. O método de cálculo de pegada de um produto é único e não possui grandes variações quanto ao tipo de produto, seja ele derivado dos setores agrícola, industrial, seja derivado de serviços.

A pegada hídrica total de uma planta que esteja em processo de formação consiste na somatória das componentes verde, azul e cinza:

$$PH_{proc} = PH_{proc,verde} + PH_{proc,azul} + PH_{proc,cinza} \quad (2.5)$$

[volume/massa]

Expressam-se os processos pegadas hídricas em m³/t, equivalente a litro/kg.

A pegada hídrica verde do processo de formação do plantio (PH_{proc,verde}, m³/t) é obtida a partir da Demanda Hídrica da Cultura (DHC verde, m³ /ha) dividida pela produtividade da cultura (Prtv, t/ha):

$$PH \text{ proc.verde} = \frac{DHC_{verde}}{Prtv} \quad (2.6)$$

Onde:

DHC – Demanda Hídrica da Cultura (DHC verde, m³ /ha).

Prtv – produtividade do plantio (t/ha).

A componente verde da Demanda Hídrica da Cultura (DHC, m³/ha) é calculada com base na evapotranspiração diária acumulada (ET, mm/dia), o que significa que a evapotranspiração pode ser estimada por meio de um modelo baseado em dados climáticos, de acordo com a equação 2.7, que utiliza dados do seu ciclo completo de desenvolvimento:

$$DHC_{verde} = 10 \cdot \sum_{d=1}^{pdc} ET_{verde} \quad (2.7)$$

Onde:

- ET_{verde} representa a evapotranspiração da água verde e a evapotranspiração da pegada azul também utiliza-se esta fórmula (ET_{azul} a evapotranspiração da água azul).

- O valor 10 é o fator de conversão da profundidade da água em milímetros em volumes de água por superfície terrestre, em m³/ha.

- O somatório é feito ao longo do período, desde o primeiro dia do plantio (d=1) até o dia da colheita (pdc refere-se à duração do período de desenvolvimento da cultura em dias). Visto que diversos tipos de cultura podem ter distintos períodos de desenvolvimento, esse fator pode influenciar significativamente o cálculo da água utilizada pela cultura.

A componente azul (PH_{proc,azul}, m³/t) é calculada de acordo com o volume de água despendido na irrigação:

$$PH \text{ proc.azul} = \frac{CA_{azul}}{Prtv} \quad (2.8)$$

Onde:

CAazul – Consumo de água azul (m³/ha).

Prtv – produtividade do plantio (ton/ha).

A pegada hídrica azul refere-se somente à evapotranspiração da água utilizada na irrigação do plantio obtida pelo EVT da planta após irrigação. A demanda Hídrica de consumo se dará pela ETc que é a Evapotranspiração da cultura obtida pela equação (2.9):

$$ETc = Kc \cdot Eto; \text{ (mm/mês)} \quad (2.9)$$

Onde:

ETc: Estimativa de balanço hídrico do solo; (mm/mês).

Kc: coeficiente da cultura.

Eto: quantidade de água a ser reposta, através da irrigação (mm).

Dessa maneira será determinado o consumo necessário de água azul que a planta precisa para um crescimento satisfatório.

A pegada hídrica cinza é obtida a partir da divisão da carga poluente (L, em massa/tempo) pela diferença entre a concentração do padrão ambiental de qualidade da água para um determinado poluente (a concentração máxima aceitável c_{max} , em massa/volume) e sua concentração natural no corpo d'água receptor (c_{nat} , em massa/volume):

$$PH_{cinza} = \frac{(\alpha \cdot TQ) / (C_{max} - C_{nat})}{Prtv} \quad (2.10)$$

[volume/tempo]

Onde:

PHCinza = Pegada Hídrica Cinza (m³/t).

α = Fração de lixiviação.

TQ = Taxa de aplicação de químicos por hectare (kg/ha).

C_{max} = Concentração máxima admissível do poluente no meio aquático receptor (kg/m³).

C_{nat} , = Concentração natural do poluente considerado no meio aquático receptor (kg/m³); P = Produtividade da cultura (t/ha).

Prtv= produtividade da cultura.

A pegada hídrica cinza é calculada para o poluente mais crítico, ou seja, o poluente que produz os maiores volumes de água poluída. Os poluentes oriundos dos cultivos de plantas, usualmente, são compostos por fertilizantes (nitrogênio, fósforo, dentre outros), pesticidas e inseticidas. Nesses casos, segundo recomendações da metodologia, deve ser considerado apenas o fluxo de resíduos para corpos hídricos, que se trata apenas de uma parcela do total de aplicação de fertilizantes e inseticidas na cultura (HOEKSTRA et al., 2011).

Após isso, o somatório de todas as estimativas dos componentes verde, azul e cinza resultará na pegada hídrica total utilizada no sistema.

2.1.1.3.2. Pegada de carbono

De acordo com a ISO 14067, define-se pegada de carbono como a proporção do impacto quanto se altera climaticamente o meio ambiente, devido à influência das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) que afetem direta e indiretamente a atmosfera, ou seja, são as emissões de GEE quantificáveis, de forma direta e indireta, liberados na atmosfera como resultado da atividade de um ciclo de vida da empresa de um produto.

Segundo Dowdey (2013), a pegada de carbono mensura a quantidade de CO₂ que se produz na realização de atividade do cotidiano, podendo ser a pegada individual ou a pegada do produto, do serviço, da indústria ou do país. A pegada individual mede a emissão de Gases do Efeito Estufa em atividades rotineiras, como transportar-se ao trabalho, tomar banho com chuveiro elétrico e viajar de avião. Todas essas atividades possuem algo em comum: o uso de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás.

Isso também ocorre quando o cálculo é realizado para produtos e serviços, por meio do qual a pegada de carbono também pode ser medida. Mensurar as emissões de GEE em seu ciclo de vida é detalhar as emissões desde a produção da matéria-prima até seu destino final (DOWDEY, 2013).

Nos processos agrícolas, as emissões geradas, como manejo de esterco, cultivo, colheita, devem seguir alguns parâmetros específicos estabelecidos pelo programa Protocolo Brasileiro de Gases de Efeito Estufa, ou Greenhouse Gas Protocol Brasil (GHG Protocol Brasil), o qual apresenta as Diretrizes Agrícolas Brasileiras e a Ferramenta de Cálculo.

No cálculo existe o fator de emissão ou remoção de GEE, que é um valor referente às emissões ou remoções de GEE com uma atividade associada. Esses fatores são estabelecidos cientificamente e, no Brasil, várias instituições disponibilizam esses fatores,

como o Programa GHG Protocol Brasil, o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, ou Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC), de 2006.

O Cálculo de emissões e remoções de GEE em produtores agrícolas segue uma fórmula simplificada que seria a combinação das informações sobre as atividades, chamadas de dados da atividade, com os fatores que relacionam os dados a quantidades de emissões ou remoções por atividades, os fatores de emissão. A equação básica (2.11) é apresentada a seguir:

$$\text{GEE Emissões} = \text{Dados da atividade} \times \text{Fator de Emissão} \quad (2.11)$$

Para obtenção da quantidade de nitrogênio (N) presente em cada um dos diferentes fertilizantes sintéticos nitrogenados, recomenda-se a utilização da Tabela Padronizada ou rótulo de embalagens, conforme exemplificado na Tabela 2.2, a seguir:

Tabela 2.2 – Exemplo de tabela padronizada – Quantidade de nitrogênio.

Fertilizante	Quantidade de fertilizante aplicada (kg)	Porcentagem de N no fertilizante	Quantidade de N aplicada como fertilizante nitrogenado (kg)	Fator de Emissão ²	Emissão (kg N ₂ O)
<i>Ureia</i>	500	44%	220	0,0275	6,050
<i>Fosfato Diamônico (DAP)</i>	1.000	16%	160	0,0275	4,400
<i>NPK 10-10-10</i>	300	10% ³	30	0,0275	0,825
<i>NPK 04-14-08</i>	100	4% ¹	4	0,0275	0,110

Fonte: IPCC, 2006.

Ressalta-se que as emissões de N₂O relativas ao uso de fertilizantes sintéticos podem ser diretas ou indiretas (através da deposição atmosférica de N volatilizado e da lixiviação e deposição de N no solo). Desse modo, o FE já considera estas emissões diretas e as indiretas de N₂O em decorrência da utilização de fertilizantes sintéticos. Nesse caso, FE é o fator de emissão utilizado no Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2010), equivalente a 0,0275.

O passo posterior será definir o Potencial de Aquecimento Global (PAG), ou Global Warming Potential (GWP), em que cada emissão de GEE seguirá a conversão das emissões ou remoções para identificar a quantidade de CO₂ equivalente, em toneladas (tCO₂ e), de acordo com a equação 2.12:

$$\begin{aligned} & \text{Equação para converter as emissões de GEE em toneladas de} \\ & \text{CO}_2 \text{ equivalente Emissões de GEE} \\ & = \sum \frac{\text{Emissões do GEE (unidade de massa, km, unidade de volume)}}{\text{fator de emissão (CO}_2 \text{ equivalente por unidade da atividade)} \times (\text{GWP})} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Os resultados dos somatórios dos GEE obtidos nos cálculos realizados devem ser reportados em toneladas para cada tipo de GEE e também em tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) correspondente, utilizando os potenciais de aquecimento global apropriados para essa conversão (conforme o relatório *Fifth Assessment Report*, do IPCC – AR5). A partir da Equação 2.12, foram determinadas as emissões dos poluentes NO_x, CO, CO₂, HC e RCHO, por tipo de combustível, cujos valores são apresentados na Tabela 2.3:

Tabela 2.3 – Emissões totais de poluentes (x10⁶ t/ano) por tipo de combustível.

Emissões (x10 ⁶ t/ano)	Poluentes				
	CO	HC	NO _x	RHCO	CO ₂
Combustível					
Gasolina C	8,03	0,804	0,752	0,0203	196,70
Etanol	0,045	0,0058	0,0047	0,00041	0,00242
Pesados Diesel	65,93	N/A*	73,26	N/A*	56,41
Médios Diesel	0,038	N/A*	0,033	N/A*	6,57
Total	74,05	0,81	74,05	0,021	259,68

Fonte: CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ (2005)

*N/A: Valores de Fatores de Emissão não disponíveis na literatura para tais poluentes.

2.1.1.3.3. Emergia

O professor Haward T. Odum, da Universidade da Flórida, desenvolveu uma linguagem de sistemas em forma de diagrama, por meio da qual as interações das forças (matéria, energia, dinheiro, informação) devam ser transformadas em emergia solar (sej), uma unidade comum denominada emergia, ou energia solar incorporada em cada fluxo. Para tal é necessário transformar todos estes fluxos (kg, J, \$, bites) usando o fator de conversão conhecido como transformidade, um valor específico para cada fluxo. Os fluxos de emergia provêm dos recursos naturais (renováveis e não renováveis) e da contribuição da economia (materiais e serviços).

Emergia define-se pela energia equivalente acessível, de forma direta ou indireta, que, segundo Odum (1996), mensura a riqueza existente. Suas unidades são expressas em joules solares (sej) e as unidades da transformidade solar são em joules solares por Joule

(sej/J). Energia é toda a energia necessária para produzir um certo produto, recurso ou serviço.

-Energia = Soma da energia necessária

A transformidade na contabilidade ambiental é o passo que possibilita a soma das energias. Com isso, as forças devem ser convertidas em seu equivalente de energia solar, usando-se para isso o fator denominado transformidade.

-Transformidade é a soma da energia necessária pelo valor calórico do produto em (sej/J).

Exemplifica-se, na Figura 2.4, a transformidade da madeira, onde 16E14 J de energia solar recebida por área é dividida pela média anual de energia produzida por área, valor de 8 E10 Joule, resultando 20.000 sej/J. A transformidade pode ser expressa em outras unidades, entre elas tem-se: semj/unidade monetária, semj/kg de produto, semj/kg de componente do produto.

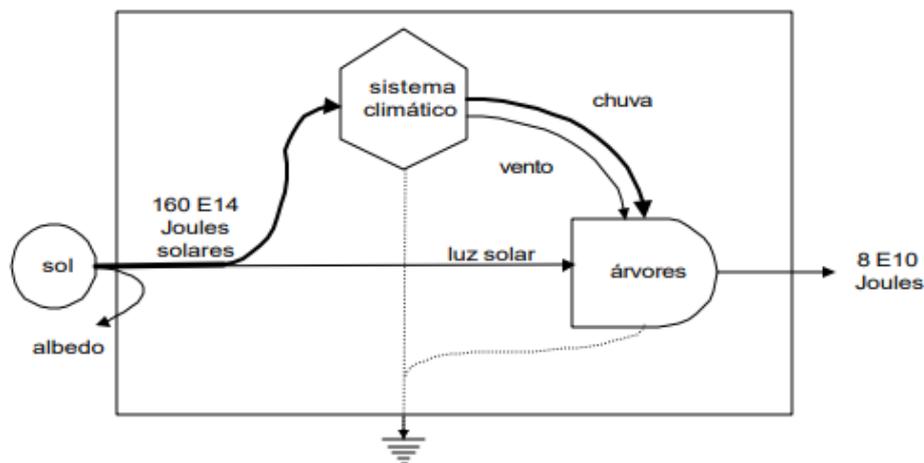


Figura 2.4: Cálculo da transformidade da madeira.

$$\begin{aligned}
 \text{Transformidade} & \uparrow \frac{\text{Média anual de energia solar recebida / área}}{\text{Média anual de energia produzida / área}} \\
 \text{Transformidade} & \uparrow \frac{16 \text{ E14 Joules de energia solar / ha ano}}{8 \text{ E10 Joules da madeira / ha ano}} \uparrow 20000 \frac{\text{sej}}{\text{J}}
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

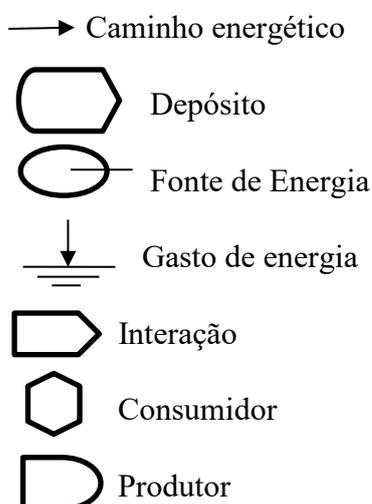
Em Odum (1996), quanto maior a disponibilidade de um recurso na natureza, menor será seu preço, uma vez que ele está relacionado diretamente com sua oferta na natureza. Assim, a riqueza real dos recursos renováveis do meio ambiente é inversamente proporcional aos custos, por isso o preço em dinheiro não representa o valor do trabalho agregado ao

recurso. Por outro lado, a energia expressa em dólares significa a real destinação da natureza e da economia humana no recurso.

A energia, quando medida em moeda, mensura o poder de compra daquele item (em dólares), pois o intuito do cálculo seria a reposição do que foi prejudicado, a fim de preservar propriedades existentes nos recursos da natureza. Um exemplo concreto em casos agrícolas é a fertilidade do solo, em que o trabalho da natureza deve ser gratificado e acertadamente valorizado pelo mercado. Dessa maneira a energia solar equivalente é convertida em dólares emergéticos (em\$) fazendo uso da razão de energia por dólar (seJ/\$). A razão é obtida dividindo-se o valor emergético de todos os recursos utilizados em um dado ano pelo valor do Produto Interno Bruto (PIB) da economia local (o dinheiro que circula na economia nesse ano). Esse índice contabiliza o poder de aquisição. A energia pode ser convertida em dólares emergéticos dividindo a energia do recurso pela “transformidade do dólar”. O termo dólares emergéticos (em\$) permite determinar esse valor do valor monetário (dólares, \$).

Para obter o valor da energia solar equivalente de um recurso, faz-se necessário conhecer seu fluxograma completo do processo, a partir das etapas de elaboração do diagrama do sistema, da tabela de energia e do cálculo dos índices de energia, que servirão para comparar sistemas, prever tendências e sugerir alternativas que disponibilizariam mais energia, que seriam mais eficientes e mais prósperas. Assim, tem-se o seguinte detalhamento na Figura 2.5:

- a) Elaboração do diagrama de sistemas: a linguagem é representada em forma de símbolos que expressam as forças que nos rodeiam em um diagrama, Odum, 1996:



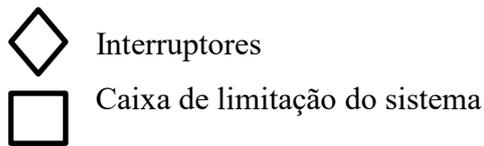


Figura 2.5 – Representação das forças de um diagrama de energia.

Esses símbolos possibilitarão a construção de um diagrama de gasto energético do sistema e todos os componentes apresentarão um comportamento, como representado na Figura 2.6, na qual vemos o resumo do sistema:

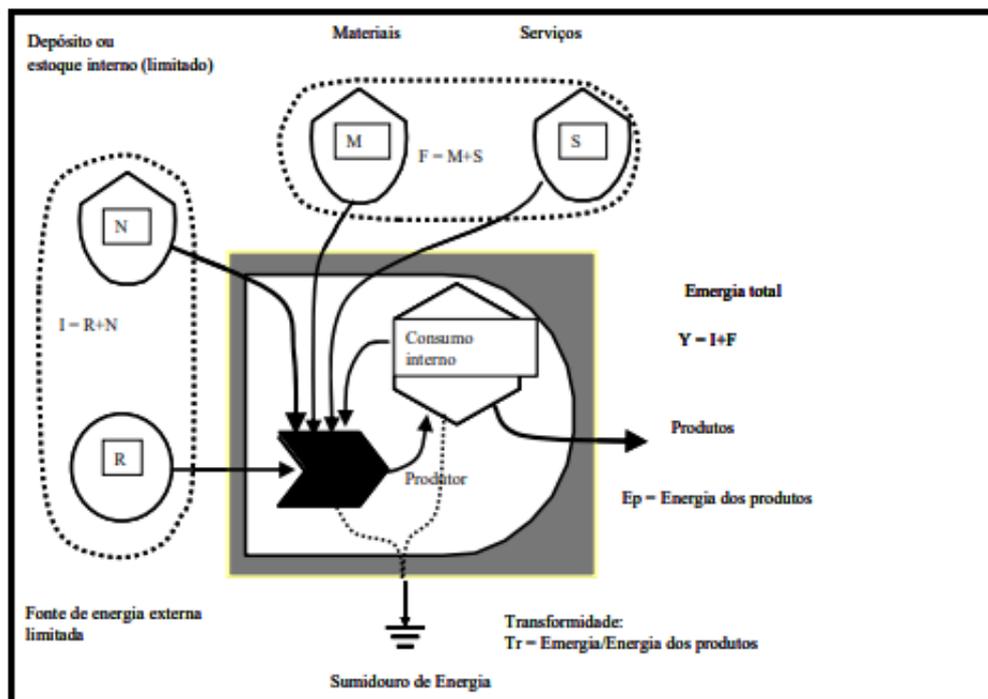


Figura 2.6 – Exemplo genérico de um diagrama tradicional de energia.

Fonte: Ortega, 2005.

- b) Elaboração da tabela emergética: nessa tabela serão colocadas todas as entradas do sistema em função da energia solar gasta por cada elemento. Os dados coletados farão parte da tabela emergética e passarão por cálculos de análise de índices emergéticos. Assim, a primeira coluna (i) será a nota que corresponde ao número do item; a segunda (ii), o nome do item; a terceira (iii) será o fluxo obtido por meio de memória de cálculo; a quarta (iv) será a unidade de medida utilizada; a quinta (v), a intensidade emergética que será representada por seJ dividido por Joule ou kg, ou moeda, e, por fim, a Energia, que será a multiplicação do fluxo pela intensidade emergética.

2.1.1.4. Interpretação

A interpretação dos resultados compreende a fase em que são geradas as conclusões para que o estudo forneça recomendações que contribuam para a diminuição de emissões e impactos ambientais, neste estudo serão considerados: cálculo da pegada hídrica, cálculo da pegada de carbono e energia. Contudo, as interpretações realizadas devam gerar conclusões, levando-se em conta as limitações do trabalho enfrentadas, além de fornecer recomendações que contribuam com a minimização de impactos ambientais (PIEKARSKI et al., 2012).

Segundo Piekarski et al. (2012), as interpretações dos resultados constituem a fase mais importante, uma vez que a partir dela se chegará às conclusões, as quais permitirão a identificação de pontos-chave que precisem de mudanças, melhorias no processo produtivo, sempre tendo em vista a preservação do meio ambiente.

2.2. Outros estudos de ACV

Vários estudos sobre os impactos ambientais sobre produtos alimentares relatam a importância de se conhecer os impactos gerados pelas técnicas adotadas. Assim foi o estudo de impacto ambiental da produção de leite, que considerou a metodologia “cradle-to-farm”, ou seja, da produção até o portão da fazenda, e incluiu o mapeamento de diversos processos do ciclo produtivo do leite (MEUL et al., 2014).

Muitas pesquisas nessa área afirmam que custos de produção e impactos ambientais de cultivos são minimizados com a utilização de sistemas de cultivo orgânico. Esse foi o caso de maçãs orgânicas, produto que tinha um potencial de aquecimento global menor. Nemecek et al. (2011) também se referem a estudos nos quais se nota uma diminuição de demanda energética por unidade de produto, por exemplo, os estudos de Refsgaard et al. (1998) e Cederberg e Mattsson (1998), para a produção de leite; e os de Mattsson (1999) para a alimentação infantil (BAILEY et al., 2003).

Quando se trata de cultivos frutíferos, pode-se mencionar o abacaxi, fruto sobre o qual se desenvolveu um estudo no qual se adotaram técnicas de pesquisa envolvendo diversos produtores da Costa Rica, os quais responderam questionários com dados de produção, incluindo combustíveis, fertilizantes, pesticidas, uso da água, modelos de máquinas agrícolas e uso, produção, cronograma de colheita, distância e meios de transporte para a unidade de embalagem e venda, semelhante a este estudo realizado com bananas. O

resultado de energia do abacaxi provém principalmente de insumos para a produção agrícola (INGWERSEN, 2012). Estudos de autores apontaram resultados semelhantes em frutas tropicais, incluindo bananas em Guadalupe (INGWERSEN, 2012) e bananas, mamão e goiaba em estudos no sul da China (LU et al., 2009), demonstrando dados sobre energia e demais impactos gerados.

Para Nunes et al. (2009), o estudo da ACV deve contemplar todas as fases de consumo e descarte; as perdas ocorrem dependendo do método de armazenamento durante o transporte e a observação desses fatores propicia a redução de impactos do ciclo de vida do produto.

3. A LAVOURA DA BANANA

3.1. Caracterização da produção de banana no Brasil e no mundo

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de banana, porém menos de 3 % de sua produção é exportada. Em 1996 e em 1998, alcançou a posição de segundo produtor mundial, perdendo este posto apenas para o Equador, que o ultrapassou com diferença de 7,5 % no ano de 2000 (EMBRAPA, 2001). A produção da banana tem destaque mundial e seus maiores produtores no ano de 2013 foram a Índia (28,1 %), a China (10,1 %), as Filipinas (8,6 %), o Equador (7 %), o Brasil (6,9 %) e a Indonésia (5,8 %) (FAO, 2013). A banana é o segundo fruto mais consumido do mundo, perde somente para a laranja (SOUZA e TORRES FILHO, 1997).

A bananicultura pode ser encontrada em todos os continentes, sendo que a produção de cultivares e o comércio chegam a ultrapassar mais de 115 (cento e quinze) países. Várias cidades e comunidades no mundo têm o cultivo da banana como forma de subsistência e como fonte de renda para suas famílias (VIEIRA, 2011).

Alguns dos motivos que fazem o cultivar ser bastante difundido são o fácil acesso, o custo do plantio e da produção, a venda fácil, o preço acessível. As bananas são consideradas uma boa fonte de carboidrato e têm a vantagem de serem consumidas na maioria das vezes na forma *in natura*.

No entanto, a bananicultura é uma cultura de alta perecibilidade, uma vez que o fruto rapidamente se estraga. Assim, o seu manuseio, a colheita, o transporte e a venda devem ser feitos de forma cuidadosa e rápida, de modo que o produto chegue ao destino final em perfeito estado de conservação, evitando, assim, perdas significativas.

No Brasil, segundo o IBGE/LSPA (2014), o consumo da banana foi de aproximadamente 6,8 milhões de toneladas e o rendimento médio, de 14,2 ton/ha em 2014. Apesar de não ser um país exportador desse produto, o Brasil teve uma alta produção, se comparada com a mundial.

3.2. Banana no Brasil, no Norte e no Pará

No ano de 2014, o Brasil teve 523.797 hectares de área plantada de banana e obteve 487.902 de área colhida, quantitativo que significa 93,14% de aproveitamento do seu plantio

(MAPA, 2014). Esses dados evidenciam a alta produtividade e o reaproveitamento da plantação desse produto.

Nas três últimas décadas, a produção de banana aumentou significativamente, passando de 35 milhões de toneladas em 2009 para 107 milhões de toneladas em 2011 (IBGE, 2014). Esse aumento de produtividade deve-se principalmente às novas tecnologias implementadas no campo.

Cultivada na maioria dos estados brasileiros, a banana tem destaque no cenário nacional no Estado da Bahia, seguido pelos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Pará, conforme dados apresentados na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Produção brasileira de banana em 2015.

Estados	Área colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento (t/ha)
Bahia	71.220	1.068.341	15,00
São Paulo	48.695	998.038	20,50
Minas Gerais	45.598	795.900	17,45
Santa Catarina	29.564	710.183	24,02
Pará	46.079	595.527	12,92
Outros	234.820	2.676.502	11,40

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal, 2015.

A Bahia é o Estado que lidera a produção de banana em toneladas e em área colhida, seguida por São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Pará. O estado do Pará possui grande área colhida, chegando a ficar na terceira posição.

Ao compararmos os dados da produtividade brasileira do ano 2011 com os de 2012, quando houve uma safra de área colhida de 480,8 mil hectares, em 6,8 milhões de toneladas e um rendimento de 14,2 ton/ha, observa-se que houve um decréscimo de produtividade de 0,82% na área colhida, um acréscimo na produção de 1,05% e um aumento de 1,89 % no rendimento médio por hectare (ton/ha). (IBGE, 2015).

Quando se observa o cenário nacional, a região norte tem seu destaque, com o Estado do Pará em quinta colocação, com 595.527 toneladas e um rendimento de 12,92 toneladas por hectare (ton/ha). (IBGE, 2015).

O Estado do Pará já esteve no topo, como líder nacional na produção de banana, seguido por São Paulo, Bahia, Amazonas e Minas Gerais, chegando à produção de 77.662 toneladas no ano de 2000 (IBGE, 2000). Depois, em 2001, o Estado de São Paulo assumiu a liderança como produtor de bananas, apresentando o número de 1.105.827 de toneladas do

produto; no ano de 2006, a Bahia, que lidera o *ranking* nacional nos dias atuais, ganhou a liderança nacional de produção de bananas, registrando 1.182.941 de toneladas. A Tabela 3.2 mostra a liderança paraense até o ano 2000:

Tabela 3.2 – Produção de banana nas Unidades Federativas da Amazônia Legal e dos principais Estados produtores – 1990/2003 (t).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Brasil	550.561	554.052	562.358	557.980	572.619	557.799	496.171	541.236	532.220	547.835	566.336	6.177.293	6.689.179	6.800.981
Norte	80.795	78.930	81.648	94.619	102.660	103.391	114.320	118.573	133.606	145.403	145.564	980.207	1.256.774	1.265.869
Rondônia	13.826	16.085	24.323	29.156	26.084	25.889	4.484	4.860	6.006	5.918	5.867	56.037	46.443	56.058
Acre	6.218	8.235	8.738	8.531	6.856	9.283	4.451	4.781	5.423	7.692	7.501	43.625	52.087	57.918
Amazonas	4.251	6.122	3.188	4.212	5.258	5.526	45.021	45.026	45.419	47.855	47.855	106.019	377.379	378.800
Roraima	644	581	464	-	1.240	2.000	1.965	2.185	278	3.080	3.080	28.000	23.720	29.250
Pará	43.363	38.110	37.959	45.430	56.421	55.018	54.659	57.925	72.621	77.155	77.662	712.417	723.694	705.268
Amapá	123	157	143	118	146	147	465	425	450	496	480	2.808	2.460	2.275
Tocantins	12.370	9.640	6.833	7.172	6.655	5.528	3.275	3.371	3.409	3.207	3.119	31.301	30.991	36.300
Maranhão	11.591	12.132	12.728	13.135	13.191	14.915	11.703	11.189	12.965	12.134	11.694	118.173	126.755	128.839
Bahia	83.694	79.431	87.051	84.907	74.301	68.563	63.027	62.220	53.669	51.827	58.752	717.220	763.901	783.431
São Paulo	64.770	73.905	58.644	60.070	54.550	51.950	57.055	54.180	63.000	64.000	58.701	1.105.827	1.151.600	1.182.585
Mato Grosso	26.113	26.497	28.254	24.622	22.847	18.309	13.962	34.669	22.334	19.093	16.556	119.623	53.360	70.328

Fonte: Dados básicos do IBGE, 2015.

A causa principal da queda na produção do Pará é o compartilhamento de cultivares, além dos baixos investimentos tecnológicos e o incentivo ao investimento em áreas destinadas à pecuária. Apesar de o Estado do Pará já ter sido um grande produtor e exportador de banana, nos dias atuais a maior parte do produto consumido é importado da região Nordeste e do Estado de Tocantins (HOMMA et al., 2001).

A bananeira caracteriza-se por adaptar-se a clima tropical úmido, preferindo áreas inferiores a 10° de latitude ao sul e ao norte da linha do Equador. Ela adapta-se facilmente ao nível do mar, em altitude menor do que 100 metros. Deve-se evitar plantá-la em regiões onde o clima seja menor que 19°C, necessitando de, no mínimo, 100 mm de água ao mês. A região Norte possui clima favorável ao plantio de banana, pois a região não é sujeita a sofrer fortes ventanias, que podem causar danos às plantações. Na Tabela 3.3, pode-se verificar a importância do cultivo de banana para a economia regional:

Tabela 3.3 – Produção de banana (2014).

Discriminação		Área destinada à colheita (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (R\$ 1.000,00)
Brasil	Banana	484 430	475 976	6 844 491	14 380	5 790 992
Norte	Banana	85 410	83 485	1 017 583	12 189	1 061 044
Pará	Banana	46 119	46 079	595 527	12 924	595 128

Fonte: IBGE, 2015.

A produção de banana no Pará é a líder da região Norte, tendo mais da metade de participação em toneladas produzidas, representando quase 10 % da área colhida nacional.

3.3. Participação do Sudeste do Pará na produção brasileira de banana

O sudeste do Pará passou por significativas transformações após grandes projetos serem implantados naquela região. Em 1970, com a construção da hidrelétrica de Tucuruí, a região do Lago recebeu milhares de migrantes de outros estados do país, que buscavam empregos (RIANI, 1997). Dentre os projetos implantados naquela região, destaca-se o programa grande Carajás, que movimentou grandes obras de engenharia, como rodovias, ferrovias, hidrelétricas, pontes, que movimentaram a região nesse período, resultando em processos migratórios de famílias e trabalhadores em busca de terras e bens sociais, pois viram no Pará a inclusão e a oportunidade que não tiveram em seus estados de origem.

Assim, 292 projetos de assentamentos do Incra foram implantados no Sudeste do Pará. E o caminho encontrado para esses assentamentos foi o de capacitar a atividade de plantio como forma de sustentabilidade. As florestas foram sendo derrubadas e as áreas de plantio foram surgindo, plantações de mandioca, arroz, milho, feijão e banana surgiram nessa região.

As doenças nos bananais constituem um grave problema, pois afetam a produção e a preservação do seu cultivo. A produção de bananas já sofreu com doenças como o mal-de-panamá (*Fusarium oxisporum* f.sp. *cubense*) e a sigatoka-amarela [*Mycosphaerella musicola* Leach (fase sexuada) ou *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton (fase assexuada)], que foi identificada na Ilha de Java em 1902 e constatada no Brasil em 1944, na região amazônica (CORDEIRO e MATOS, 2000).

A doença da sigatoka afetou uma quantidade de 100 plantas dos bananais, pois sua propagação é pelo vento. Segundo Homma et al. (2001), as manchas espalham-se logo pelo bananal, afetando folhas com manchas pretas até provocar a morte da planta, que não consegue reservas para formar frutos, pois fica sem energia e seus frutos perdem valor no mercado.

A falta de conhecimento dos produtores faz com que não busquem mudas sadias e retirem-nas de locais contaminados pelo mal-do-panamá ou pela sigatoka-amarela e negra. Desse modo, as doenças resistem e proliferam-se. A dificuldade de combater a doença também se deve ao pouco acesso à assistência técnica e a outros serviços e práticas que poderiam maximizar a produtividade e a estabilidade dos plantios (HOMMA et al., 2001).

O aparecimento do mal-do-panamá e da sigatoka-amarela, que não permite o cultivo da bananeira por dois anos na mesma área e com o tempo de pousio (tempo necessário para a terra descansar entre um plantio e outro), fazia com que outros cultivos fossem surgindo e também influenciavam muitos produtores agrícolas a vender suas terras para grandes produtores de gado, interessados em aumentar áreas de pastagens (HOMMA et al., 2001).

De todo modo, a produção de banana no sudeste do Pará teve rápida ascensão, não devido ao incentivo tecnológico, mas graças às ocupações naquela região, onde imensas áreas de mata fechada foram devastadas, nas quais inicialmente optou-se pelo cultivo da banana, de forma temporária, já que posteriormente essa atividade deu lugar para outros plantios e para a transformação do espaço em áreas de pastagens.

O desconhecimento pelos produtores do tratamento de pragas e a falta de informação no preparo de mudas, para não proliferar as doenças, fizeram com que muitas áreas fossem desmatadas. Além disso, a falta de organização dos produtores e o baixo acesso à assistência técnica fizeram com que os plantios perdessem sua produtividade.

No início da década de 1990, o município de Monte Alegre teve esse ápice na produção de banana, mas tal posição foi perdida com a expansão do mal-do-panamá e da sigatoka-amarela e negra, passando, assim, o posto para São Félix do Xingu (VENTURA, 2000). Com o passar dos anos, outros municípios tiveram em evidência no cenário paraense, como mostra a Tabela 3.4, com destaque para Novo Repartimento, que atualmente é destaque nacional.

Municípios à montante da localização da usina hidrelétrica de Tucuruí destacaram-se na produção agrícola em cenário nacional e contribuíram para que o Pará fosse inserido entre os maiores produtores de banana da região Norte.

No Estado do Pará, o município de Novo Repartimento, com 6.500 cachos por área colhida, tem seu destaque na produção e no plantio de banana. Ele é seguido pelo município de Itaituba, com 6.010 cachos por hectare colhido (IBGE, 2015). A Tabela 3.4 evidencia a quantidade significativa da produção de banana na região do Novo Repartimento e outros mais significativos da região norte:

Tabela 3.4 – Área colhida (ha) de banana (cacho), segundo as Unidades da Federação, Mesorregiões, Microrregiões e os Municípios produtores 2015.

Pará	Produção 2015
Novo Repartimento	6 500
Itaituba	6 010
Baixo Amazonas	4 196
Santarém	3 890
Altamira	3 870
Tucuruí	1 750
Total Pará	46 119

Fonte: IBGE, 2015.

A Tabela 3.5 destaca os principais municípios produtores de banana na região norte, quando se observa o cenário nacional, verifica-se que a nona posição nacional pertence ao município de Novo Repartimento/PA:

Tabela 3.5 – Área colhida, quantidade produzida, rendimento médio, variação da produção em relação ao ano anterior, participação no total da produção nacional e valor da produção de banana (cacho), segundo a importância dos municípios produtores – 2015.

	Brasil e Municípios	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Variação da produção em relação ao ano anterior (1) (%)	Participação no total da produção nacional (%)	Valor (1000 R\$)
	Banana (cacho)						
	Brasil	475 976	6 844 491	14 380	-1,6	100,00	5 790 992
1	Bom Jesus da Lapa – BA	8 500	171 000	20 118	31,3	2,50	234 270
2	Corupá – SC	5 312	152 014	28 617	1,1	2,22	59 474
3	Luiz Alves – SC	4 100	127 100	31 000	0,0	1,86	69 905
4	Cajati – SP	4 500	126 000	28 000	0,0	1,84	107 100
5	Sete Barras – SP	4 200	126 000	30 000	26,0	1,84	88 200

6	Wenceslau Guimarães – BA	6 100	115 900	19 000	0,0	1,69	93 879
7	Jaíba – MG	5 206	112 120	21 537	24,6	1,64	116 100
8	Missão Velha – CE	2 815	89 760	31 886	607,6	1,31	78 928
9	Novo Repartimento – PA	6 500	84 500	13 000	0,0	1,23	95 485
10	Jacupiranga – SP	3 000	75 000	25 000	0,0	1,10	63 750

Fonte: IBGE, 2015.

Nos dias atuais, a produção de banana acontece sem grandes avanços tecnológicos e maiores incentivos do governo. Na maioria das propriedades, a banana é uma produção combinada com outras espécies, tais como o cacau, a mandioca e o milho. Os maiores investimentos são para a pecuária e, conseqüentemente, os produtores migraram suas propriedades para esse ramo.

3.4. A região do Lago de Tucuruí

O Lago de Tucuruí tem em seu entorno municípios que fazem parte da região localizada no sudeste do Pará, a 450 km da capital Belém. Fazem parte dessa região os municípios afetados pela construção da barragem de Tucuruí. No reservatório e no seu entorno situam-se Nova Ipixuna, Jacundá, Itupiranga, Novo Repartimento, Goianésia do Pará e Breu Branco.

Essas localidades foram afetadas pela construção da Hidrelétrica desde o ano de 1984, data de sua inauguração. Conforme dados da Eletronorte (1984) apud Magalhães (1990), 32.871 pessoas foram deslocadas, além da população indígena residente na região. No entanto, Fearnside (1999) afirma que a hidrelétrica de Tucuruí bloqueou o rio Tocantins em 1974 e inundou 2.430 km², incluindo parte da área indígena dos Parakanã. A Figura 3.1 apresenta o mapa da região do Lago de Tucuruí:

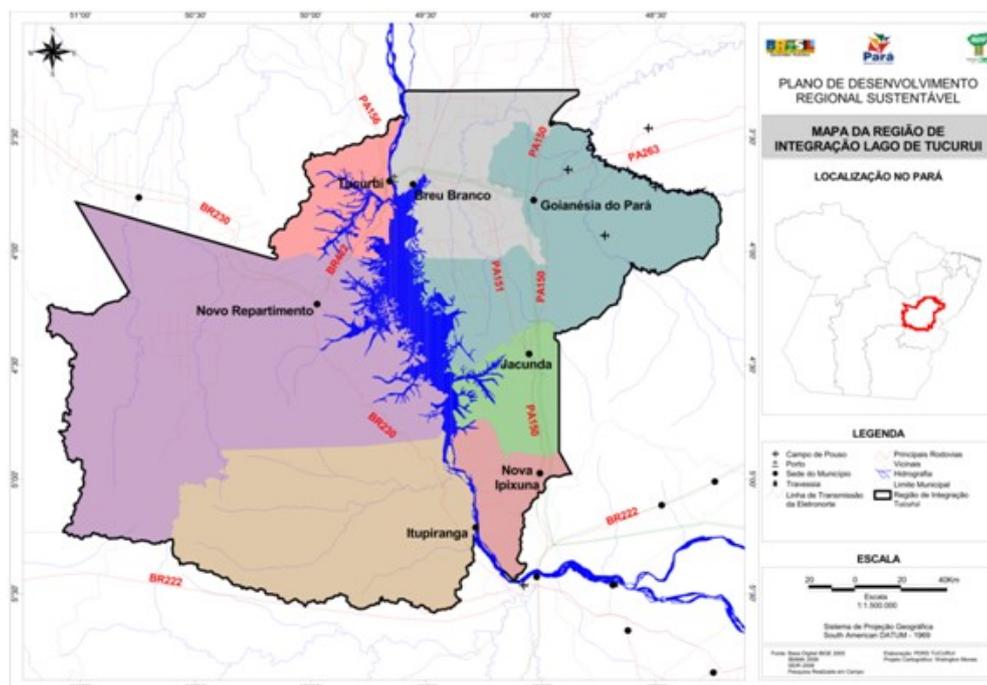


Figura 3.1 – Mapa da região do Lago de Tucuruí.
 Fonte: <http://www.museuvirtualtucuruí.com.br/hidreletrica>

Assim, muito mais famílias foram afetadas, além da quantidade detalhada no estudo da Eletronorte intitulado “Aproveitamento Hidrelétrico de Tucuruí: Estudos de Viabilidade”, realizado em 1974 (MAGALHÃES, 1990).

O plantio da banana surgiu fortemente nessa região em meados dos anos 1980 onde surgiram 292 projetos de assentamento do Incra, que receberam subsídios do governo federal, com a capacitação dos produtores, para ter a atividade de plantio como forma de sustentabilidade e geração de renda.

3.5. As bananas

As bananas estudadas neste trabalho pertencem à família *Musaceae* e têm o nome científico de *Musa spp* (EMBRAPA, 2012). Adaptam-se facilmente ao clima quente e úmido e são oriundas do sudeste asiático. Seu processo de propagação manifesta-se por rebentos ou mudas, conforme Figura 3.2. Presume-se que a bananeira chegou ao continente americano por volta do século XV, trazida por europeus (EMBRAPA, 2012).

Por ser uma planta de fácil brotação, tem seu ciclo de vida contínuo. Ao redor dela, encontram-se as chamadas “touceiras”. Dessa forma, a bananeira está sempre gerando raízes e folhas simultaneamente, chegando a ter uma vida de até dez anos de produtividade.

O seu caule, que também é conhecido por rizoma, permanece debaixo do solo e é sustentado pelo falso tronco na sua parte superior e, na sua parte inferior, por suas raízes. Esse rizoma caracteriza-se por formar as gemas de brotação, que se igualam ao número de folhas da bananeira. Uma planta chega a gerar de trinta a setenta folhas, que nascem em formato de “velas” e depois viram “cartuchos” e, ao se desenrolar totalmente, cessam o seu crescimento (EMATER, 1992).

O cacho da banana inicia seu aparecimento quando 60 % de suas folhas já saíram, despontando a partir do falso tronco. Este, por sua vez, é formado por bainhas. O “engajo” é a parte que começa no falso tronco e termina onde começa a penca da banana. Depois, segue com o nome “ráquis” e, no seu final nasce o “botão floral ou mangará”, que é o coração da planta. As flores que brotam primeiro na bananeira são femininas. Elas são comestíveis e formam as “pencas”. Os frutos e as flores masculinas ficam retidas no “coração da planta” (ou “mangará”) (EMBRAPA, 2012).

Segundo a Emater (1992), existem dois ciclos da banana. Um é chamado de vegetativo e é caracterizado pelo período entre o aparecimento da bananeira na superfície (filhote) até a colheita do primeiro cacho de banana. O outro é chamado de produtivo, no qual a bananeira gerará as bananas com diferença de poucos meses. Assim, a planta “mãe” dá seus frutos, depois é cortada, deixando sempre seu “filho” e “neto” para substituí-la. A Figura 3.2 destaca os componentes da bananeira:

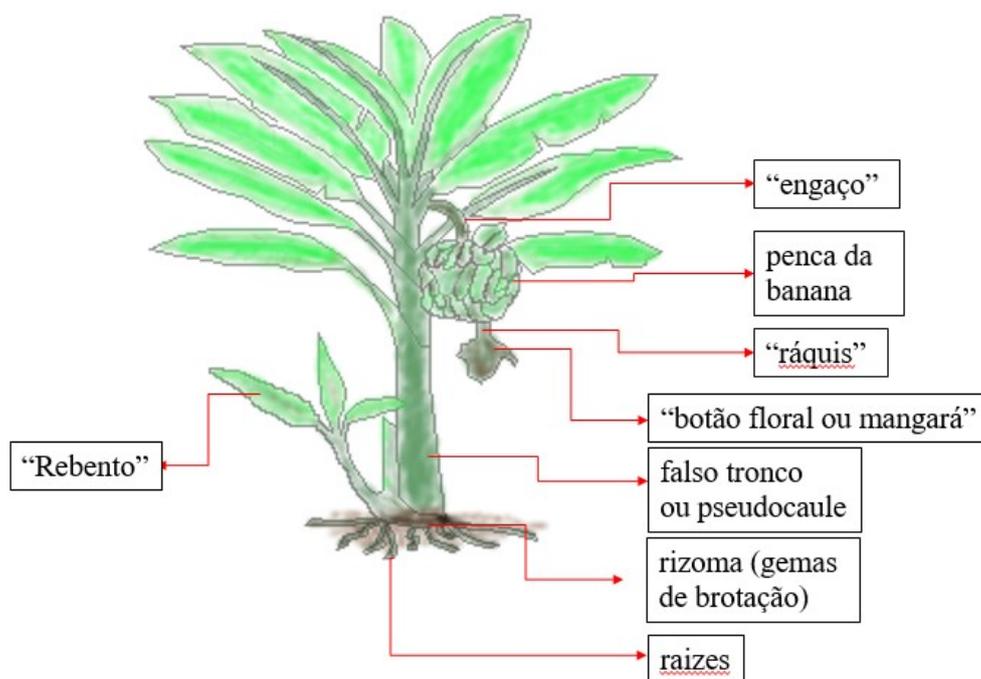


Figura 3.2 – Bananeira.

Ainda de acordo com a Emater (1992), são indicadas três formas de utilização de mudas para o plantio da bananeira: primeiro o rizoma, com indicativo para ser plantado em grandes áreas; segundo o “chifrinho” e o “chifre”, que são pequenas brotações de banana, com indicação para instalação de bananais de pequeno porte e, por último, o “chifrão”, uma espécie de brotação ainda maior, indicado para substituição de plantas. Podem ocorrer casos também de ser plantado o rizoma inteiro com rebento, porém essa prática só é indicada para a substituição do bananal inteiro, para tornar a plantação toda nova.

O fluxograma do processo de plantio da banana consiste no preparo do solo, (aração, gradagem e adubação do solo), seguido pela aquisição do material (mudas), pelo plantio, adubação de formação da planta (ZONETTI et al., 2002), depois pelos tratamentos culturais, que consiste nas capinas, desbastes e despalha da planta e tratamentos fitoterápicos, que se trata de aplicação de inseticidas e após isso, tem-se o corte do mangará (coração da planta) e a colheita, seguindo para lavagem e embalagem, por fim a venda. Essas etapas do subsistema do plantio até a venda da banana de acordo com a Figura 3.3:

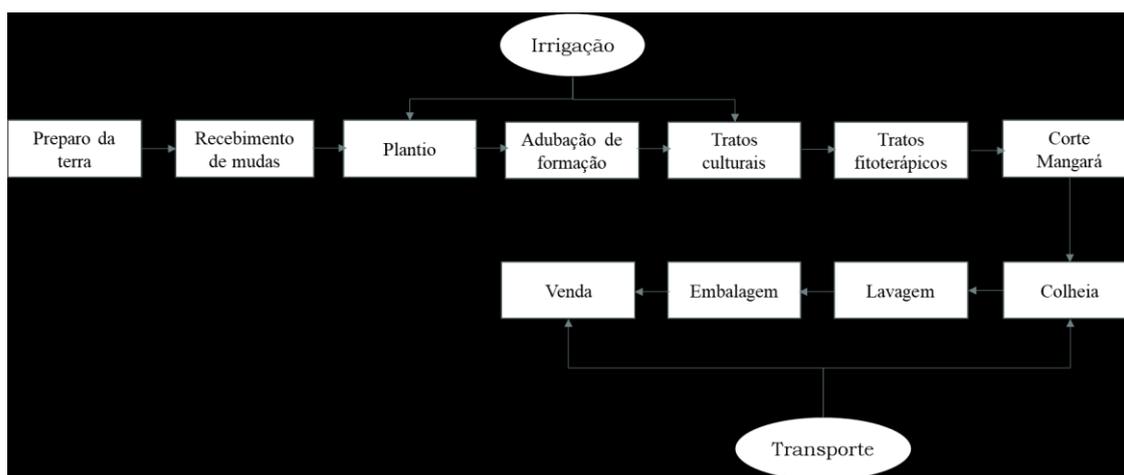


Figura 3.3 – Subsistema do plantio da banana.

Na fase do preparo da terra, deve-se considerar a aragem, gradagem e adubação orgânica ao solo, que descompactará o solo, facilitando o plantio. Após a aquisição de mudas sadias, acontece a fase de plantio, quando será realizada a sulcagem do solo, juntamente com a adubação química e orgânica. Depois disso, segue-se com os tratamentos culturais e com a adubação de formação, momento em que será feita a adubação química com adubos NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), que garantirão a nitrogação do solo.

Ainda nessa fase, segundo a Embrapa (2012), será realizado o desbaste de folhas e brotos resultantes do perfilhamento natural da bananeira. A capina e a despalha ocorrerão a

cada quinze dias, de acordo com a necessidade do terreno. A irrigação, quando necessária, deverá ser pelo método de microaspersão ou gotejamento, que resultará em plantio sadio.

Passados dez meses, acontecerá a colheita, que deve ser planejada para que os frutos sejam transportados, dentro da propriedade, para a lavagem e embalagem. E, depois, rumo aos pontos de venda, de maneira correta, para melhor conservação do fruto, a fim de evitar perdas.

Dessa forma, devem ser evitados terrenos pedregulhosos, uma vez que são rasos e não permitem a penetração de raízes. São preferíveis os terrenos areno-argilosos com boa profundidade, pois esses são mais férteis e contêm matéria orgânica. O desmatamento pode ser mecanizado ou manual. Associado a ele, deve ser feita a aração, gradagem e uniformização do terreno, sendo que a melhor época de plantio é o período de chuvas.

O espaçamento de plantio deve obedecer à espécie de bananeira plantada. As covas devem ter dimensões de 40 cm x 40 cm x 40 cm. Para enchê-las, deve-se colocar 20cm de terra misturados a 10 kg de esterco curtido. Ao plantar as mudas, deve-se firmá-las bem, sem deixar bolhas de ar no solo. Uma técnica utilizada no plantio da espécie de muda tipo “rebento” (chifrinho e chifre) e colocá-la dentro da cova já adubada. A muda tipo rizoma não deve ser abafada, deve ser coberta apenas dois ou três centímetros de terra para evitar raios solares.

Quanto aos tratos culturais da banana, Borges et al. (2012) afirmam que eles devem ocorrer periodicamente para evitar atraso no desenvolvimento da planta. Essas formas de tratamento são a capina, que deve ocorrer para que o bananal fique livre dos matos que dificultam os tratos no plantio; a despalha, que corresponde à atividade de retirar as folhas velhas com corte rente ao falso tronco, de baixo para cima e sempre antes do desbaste, o qual, por sua vez, corresponde a outra forma de tratamento e acontecerá para retirar o excesso de plantas ao redor da touceira, reduzindo o aparecimento de pragas. Nos desbastes, deixa-se uma planta mãe, um filho e um neto.

As adubações químicas devem acontecer 60 (sessenta) dias após o plantio e as orgânicas, uma vez ao ano. A colheita do primeiro cacho acontecerá entre o 80º e o 150º dia a partir do aparecimento das flores, e a banana deve ser colhida “gorda” e sem quinas. Para a industrialização, deve ser colhida “magra”, ou seja, com quinas aparentes. Após os frutos colhidos, estes devem ser levados com cuidado para o local de lavagem e armazenamento e seguem para venda a varejo ou atacado. As vendas a varejo ocorrem em supermercados e feiras, já a venda para atacado ocorre com intuito de processamento do fruto.

3.6. Beneficiamento da banana

A banana faz parte do dia-a-dia da população brasileira, o uso da banana na indústria gera diversos produtos industrializados e que enriquecem o produto, que além de poder fazer parte do cardápio na merenda escolar oferecida pelas escolas públicas da região também poderá ser vendida como lanche ou tira-gosto, na forma de doce, chips, bolo ou bebida. Por ser uma fruta de fácil acesso, os variados níveis da população brasileira consomem banana não só como sobremesa, mas como uma fonte de energia alimentar.

Rica em potássio, a banana serve como fonte energética para atletas, por possuir baixa acidez e ter textura adequada, serve de alimentação a bebês, um dos exemplos da Figura 3.4. A fim de evitar o descarte do fruto, variadas técnicas de reaproveitamento são difundidas, a partir das folhas, do pseudocaule, rizoma e do fruto deste na forma processada ou desidratada:

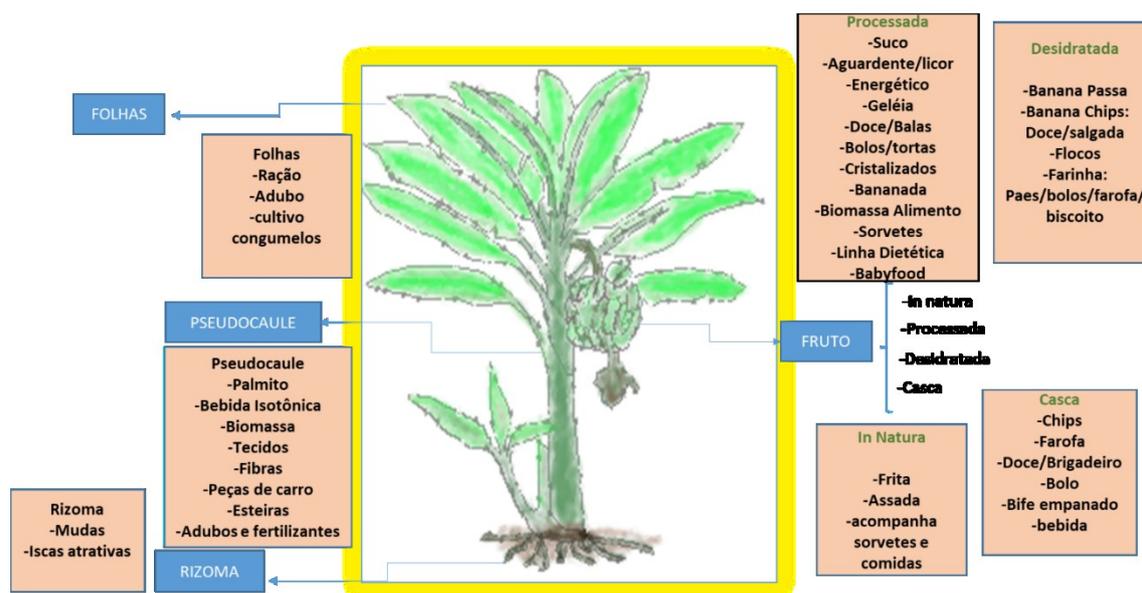


Figura 3.4 – Utilização da cadeia da banana.

Além das oportunidades comestíveis são múltiplas as utilizações não alimentares da banana, a partir do pseudocaule há possibilidade de utilização de fibras e de fabricarem-se tapetes, luminárias e tecidos; sua aceitação tem sido satisfatória na fabricação de papel feito artesanalmente, painel laminado, substituindo o MDF, já que, com o pseudocaule de duas bananeiras, é possível fabricar um metro quadrado do material. A ideia é agregar valor ao produto, gerando, conseqüentemente, maior receita e menos desperdícios. A seguir, detalham-se algumas das formas da banana processada.

3.6.1. Doce de banana – (Bananada)

O doce da banana é uma das formas processadas do fruto banana vistas na Figura 3.4. Para sua fabricação, a banana necessita de acidificação em processos específicos, nos quais serão alocados padrões de conservação para que aconteça o aumento da acidez, o que permitirá o uso de tratamentos térmicos menos invasivos para a conservação dos produtos.

O fluxograma do beneficiamento da banana para obtenção do purê consiste na recepção e seleção da matéria-prima, lavagem e higienização, descasque, trituração e peneiração, o cozimento e resfriamento, em seguida o envase, rotulagem e armazenamento do doce, mostrado na Figura 3.5. A fim de evitar o escurecimento do fruto após a retirada da casca, serão aplicados tratamentos antioxidantes (por exemplo, por imersão em solução diluída de ácidos orgânicos) e/ou branqueamento (tratamento térmico brando), com o objetivo de se evitar reações enzimáticas de escurecimento, de acordo com o fluxo:



Figura 3.5 – Produto: doce em massa de banana.
Fonte: Embrapa, 2006 (Adaptado).

3.6.2. Banana chips

Para o processamento da banana, na maioria das vezes é utilizada a banana madura, porém, no caso da banana chips e da farinha, será utilizada a banana verde ou semi-madura, pois o produto final requer que a banana tenha maior teor de amido (EMBRAPA, 2001).

O processo inicia-se com o descascamento das bananas, seguido pelo corte do fruto em fatias de 3-4 mm de espessura. As etapas seguintes são o tratamento antioxidante, remoção do excesso de água (por escorrimento ou centrifugação), fritura a 160-180°C (em gordura vegetal hidrogenada), remoção do excesso de óleo (por escorrimento ou centrifugação), salga (2 %, 3 % de sal), acondicionamento e armazenamento, conforme se demonstra na Figura 3.6, sobre o processo de fabricação da banana chips:

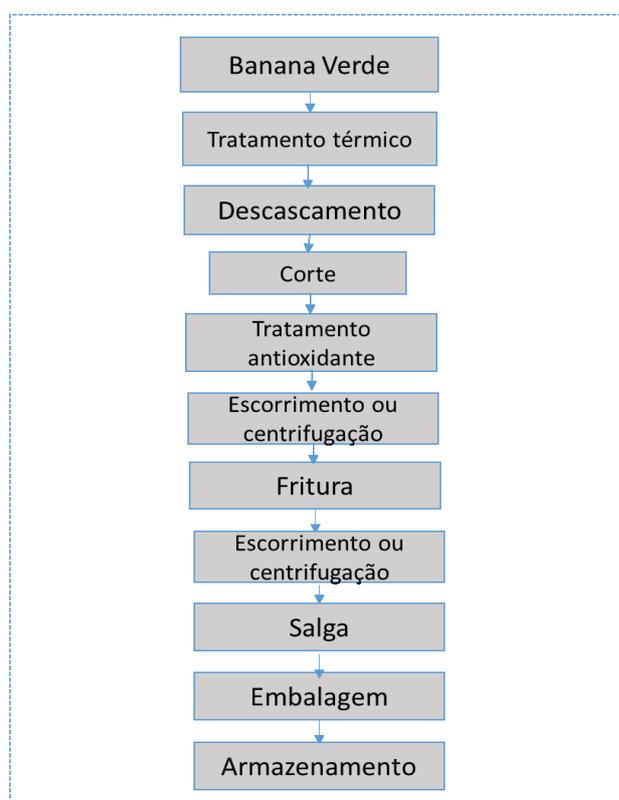


Figura 3.6 – Fluxograma de obtenção de chips de banana.
Fonte: Embrapa, 2008 (Adaptado).

3.6.3. Farinha da banana

A produção da farinha da banana mostra-se um empreendimento bastante promissor para o aumento de nutrientes de alimentos ou para a substituição da farinha de trigo. Dessa maneira, segundo Pessoa (2009), esse produto poderia ser utilizado na panificação, em alimentos infantis, doces, produtos dietéticos, fitness e de celíacos.

O processamento da farinha de banana, de acordo com Medina et al. (1985), começa com a lavagem da banana verde, acompanhada do descascamento e da sulfitação ou sulfuração, quando a polpa é extraída, mecanicamente ou por meio de despoldadora. Depois segue para secagem, em túnel aquecido a (à gás) 45°C, por um tempo inferior a uma hora, depois disso, a temperatura é aumentada para 55°C por quatro horas, até as rodela apresentarem 25-30 % de umidade. Nessa fase, aumenta-se novamente a temperatura, dessa vez para 65°C, a fim de uniformizar o produto, mantendo-se nessas condições durante algumas horas. Desse ponto, o produto é seco à temperatura de 70-75°C, até umidade aproximada de 6 a 8%.

Na sequência, as fatias em rodela são moídas e embaladas em recipientes impermeáveis ao vapor de água. O rendimento médio do processo pode variar, mas em média 100 kg de banana com casca resultam em cerca de 10 a 11 kg de farinha de banana. A Figura 3.7 apresenta todo esse procedimento de fabricação da farinha da banana:



Figura 3.7 – Fluxograma geral do processamento do produto para obtenção da farinha de banana.
Fonte: Medina et al., 1985 (Adaptado).

3.6.4. Balanço de massa do beneficiamento da banana

O rendimento do beneficiamento da banana é variável de acordo com o tipo de processamento designado à fruta. Conforme Nogueira (1992), para a determinação do rendimento da produção será empregada a equação 3.1:

$$\text{Rendimento total da produção} = (C/A) \times 100 \quad (3.1)$$

Onde:

A= Peso das pencas que entram para produção.

C = Peso do produto produzido.

O balanço de massa será determinado por meio de cálculos muito utilizados na engenharia química, os quais consistem basicamente no detalhamento de fluxos de massa de entrada e saída de um processo, cujo princípio se baseia na lei de conservação de massa, expresso pela equação 3.2:

$$\sum \text{Entrada} = \sum \text{Acúmulo} + \sum \text{Saída} \quad (3.2)$$

A massa acumulada no sistema representa a variação que ocorre no processo no conteúdo mássico.

4. EXECUÇÃO DA ACV

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) foi executada levando-se em consideração três fases da cadeia da banana, as quais são lavoura, venda do fruto *in natura* e beneficiamento industrial. Foram considerados, na cadeia produtiva, os insumos e materiais de entrada e, na saída, são gerados produtos e subprodutos e suas devidas emissões ao fim da cadeia. Não está no escopo desta pesquisa analisar impactos das fases de transporte externo, distribuição e consumo final da banana, pois não houve coleta de dados dessas fases.

Neste estudo, foram visitados municípios de Tucuruí, Novo Repartimento e Goianésia do Pará, os quais pertencem à região do Lago e desenvolvem o cultivo e a comercialização da banana em maior relevância. Foram coletados dados de três produtores e dois comerciantes da região, com o fim de aferir os potenciais ganhos e prejuízos da cadeia produtiva na região, visando melhorar o cultivo da banana, incentivar a cadeia a gerar mais renda aos produtores e a obter o melhor aproveitamento de todas as fases, desde seu plantio até a chegada ao seu destino final.

No desenvolvimento da investigação de campo, são apresentados dados desde o plantio, o tratamento de plantas, a colheita, a lavagem, o armazenamento, o transporte e a venda e revenda da banana na região. Também são obtidos os dados das perdas no processo, do gasto hídrico, das emissões de CO₂ e da energia despendida pelo seu cultivo.

As informações dos insumos e materiais utilizados na entrada, bem como as quantidades de energia elétrica consumida e de água utilizada, para produzir uma tonelada de banana *in natura*, foram obtidas junto à Emater, Embrapa e através das visitas em campo por meio de entrevista com produtores. Os dados referentes à preparação do terreno, ao plantio da banana, aos tratos culturais, à colheita, à embalagem, ao transporte interno e às emissões foram conseguidos em visitas de campo nas localidades dos produtores, com a utilização de questionários e dados da literatura.

As visitas às localidades de Novo Repartimento, a um assentamento em Tucuruí e a Goianésia do Pará aconteceram nos meses de maio e junho de 2017 e janeiro de 2018. A primeira localidade, próximo ao município de Novo Repartimento, foi escolhida com o fim de fazer o acompanhamento de um plantio novo da espécie banana da terra. A segunda localidade, em uma área de um assentamento em Tucuruí, foi selecionada visando estudar o mercado local e a terceira área da pesquisa foi no município de Goianésia, localizado a 106

km da barragem de Tucuruí, possuindo produtores de banana em grande escala, que sustentam diversos mercados da região sudeste do Pará.

4.1. Objetivo

O objetivo desse trabalho é realizar a Análise do Ciclo de Vida da banana na região do Lago de Tucuruí, por meio de coleta de dados e mapeamento dos processos, desde o plantio até a venda (produção ao varejo), evidenciando as oportunidades de beneficiamentos da fruta e ressaltando sua importância para a sociedade. Além disso, busca-se identificar os impactos ambientais gerados, a fim de minimizá-los e, assim, possibilitar a obtenção de investimentos ao Estado do Pará por meio do incentivo (linhas de crédito e informações técnicas sobre plantio) de empreendedores ou organizações que se interessem por essa área de produção.

4.1.1. Escopo

Com base na ferramenta ACV, o escopo contém a função do produto, a unidade funcional, o fluxo de referência, as fronteiras do sistema, do sistema de produto e dos critérios de alocação.

4.1.2. Função do produto. Unidade funcional. Fluxo de referência. Fronteiras do sistema, do sistema de produto e dos critérios de alocação

O objetivo de se plantar uma lavoura da banana é produzir, coletar e transportar a produção, de modo que chegue aos consumidores e/ou aos beneficiadores. Para fins de quantificação, a função do produto (unidade funcional) foi determinada como 1000 kg ou uma 1 t. Todos os inputs (entradas) do sistema e outputs (saídas) seguiram o padrão dessa unidade funcional preestabelecida.

As fases do ciclo de vida da cadeia da banana são a agricultura, a colheita, a lavagem, a embalagem e o transporte interno, as fases até o mercado consumidor não foram consideradas. Neste estudo não são detalhadas a fase de reaproveitamento de resíduos e a de perdas no processo produtivo, pois as perdas não são reaproveitadas nessa região. Na Figura 4.1 são mostradas as fases do ciclo de vida da banana, como um todo:

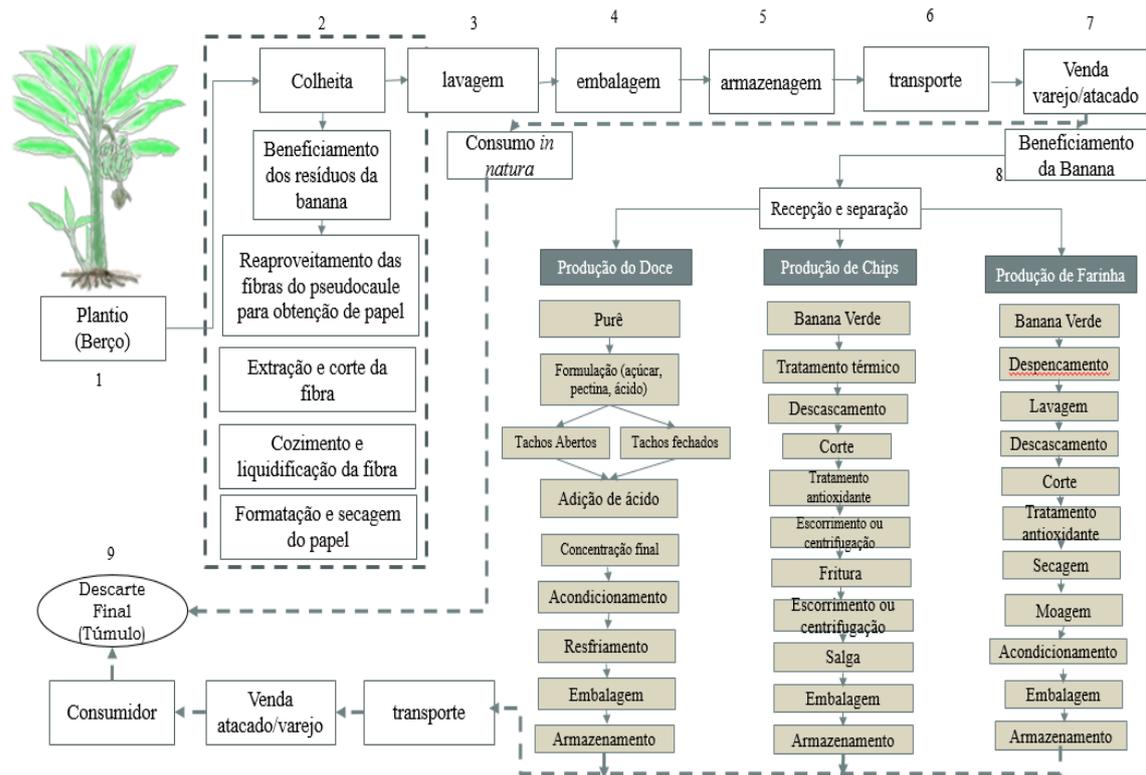


Figura 4.1 – Fluxo de vida da banana.

Consideram-se, nesta pesquisa, as fases que vão desde o plantio (berço) até a venda para consumo *in natura*. Ainda consideram-se, na fase de beneficiamento, três tipos de produtos processados a partir da banana são eles: a fabricação do doce, da banana chips e da farinha da banana. O detalhamento do reaproveitamento do pseudocaule não faz parte desse estudo (que está pontilhado no desenho do processo na Figura 4.1).

4.1.2.1. Função produto

A função produto tem em sua definição a composição dos subsistemas que compõem a produção da banana, os fluxos tecnológicos. Ela representa os fluxos de entrada e saída de cada subsistema. Neste estudo, é representada pelas fases de plantio, colheita, venda ao consumidor, seja ele varejista ou atacadista, seguindo destino ao beneficiamento. As perdas do processo, na maioria das vezes, são descartadas, mas já existem estudos que comprovam que seu reaproveitamento pode ser muito eficaz, isso ocorre também com os resíduos de plantio, que podem servir para diversos tipos de beneficiamentos, como a produção de fibras a partir do pseudocaule da bananeira, porém neste trabalho não será

estudado o tratamento de perdas e resíduos. A Figura 4.2 mostra o subsistema da função produto do ciclo da banana:

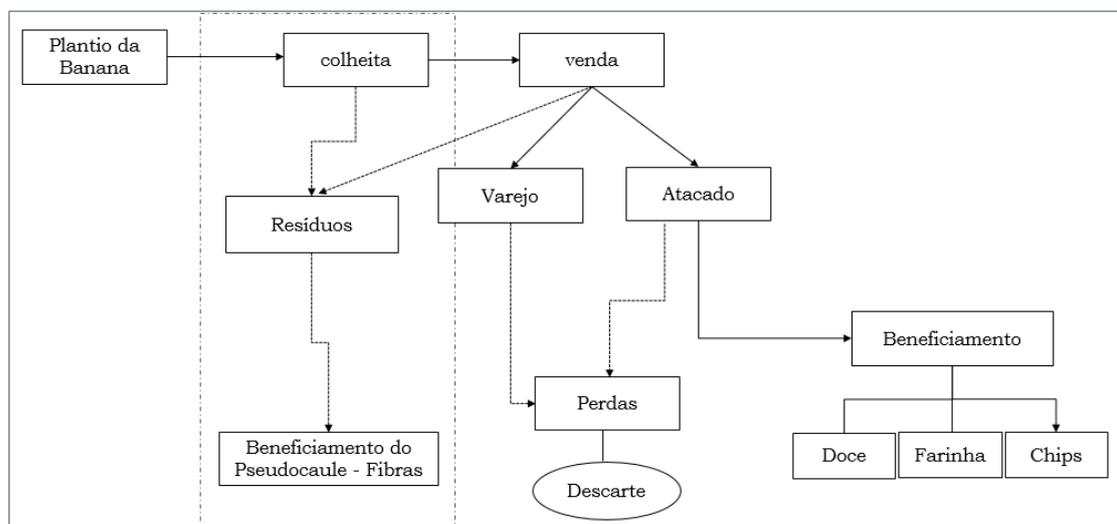


Figura 4.2 – Subsistemas da função produto.

4.1.2.2. Subsistema do plantio da banana

Os aspectos ambientais da produção da banana e as emissões atmosféricas, pelo uso de energia nas fases de irrigação e pelo uso de combustíveis nos transportes interno, serão contabilizados em seus subsistemas.

Os fluxos identificados são da produção de banana para venda em varejo e atacado (beneficiadores). Na entrada do fluxo estão os insumos, a adubação de plantio, os fertilizantes e o óleo diesel para máquinas e tratores. E, na saída, a banana, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 3.3, que detalha o subsistema do plantio da banana.

4.1.2.3. Subsistema do beneficiamento da banana *in natura*

Diversos são os produtos que podem ser obtidos da banana. As entradas do subsistema de beneficiamento são a banana, os insumos para fabricação de produtos alimentares, a energia necessária para processá-los, a água e os recursos humanos (mão de obra) executantes dos serviços. Na saída do subsistema, estão os produtos beneficiados, como doce da banana, banana chips e farinha. Nesse momento também podemos contabilizar impactos gerados nos processos. O pseudocaule e o reaproveitamento de perdas para outros

tipos de produções não serão contabilizados nesse subsistema. A Figura 4.3 apresenta o fluxo de massa e energia da banana:

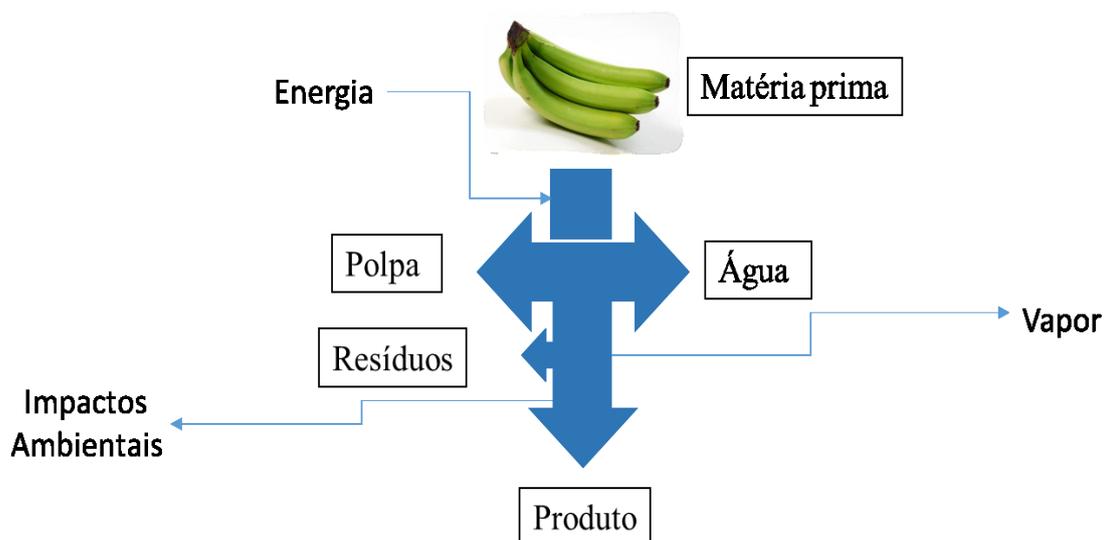


Figura 4.3 – Fluxo de massa e energia da banana.

O fluxo de massa gerado pelo sistema representado gera produto, libera energia, vapor e impactos ambientais. Na entrada da matéria-prima (a banana), extravasam água, resíduos e resultam em polpa ou produto processados.

4.1.2.4. Unidade funcional

No sistema estudado, consideramos o fluxo do plantio à venda, venda a varejo ou atacado e do plantio ao beneficiamento. Nesse contexto, as unidades funcionais consideradas são uma tonelada de banana por hectare. Os impactos ambientais para a produção da cultura da banana serão avaliados para 1000 kg de banana.

4.1.2.5. Limites do sistema

As unidades funcionais são produzidas e transferidas por meio de produtos ou subprodutos até o destino final, ainda não considerado nessa etapa. O sistema avaliado levará em consideração as etapas do plantio à venda no varejo e no atacado, do plantio ao beneficiamento, que será subdividido em beneficiamento do fruto e beneficiamento do pseudocaule, este, por sua vez, não detalhado no estudo.

4.1.2.6. Fluxo de referência dos critérios de alocação

A banana será quantificada em relação ao seu valor comercial nos mercados da região e em relação aos demais subprodutos – o doce da banana, a banana chips e a farinha da banana – obtidos no beneficiamento da banana. Como mostrou a Figura 3.4, que detalha formas de uso da banana, suas possibilidades de utilização são inúmeras.

4.2. Análise de Inventário

O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) é composto por subsistemas de vários dados coletados por meio de entrevistas com produtores, comerciantes e vendedores de banana da região e por meio de aplicação de formulário (Apêndice 1). Nesse inventário, informações primárias sobre processos e distribuição da produção de banana serão consolidadas.

As visitas ocorreram em parceria com órgãos do governo estadual e municipal: Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARÁ) em Novo Repartimento, Goianésia, Tucuruí e a Secretaria de Agricultura do município em Tucuruí e Goianésia do Pará, respectivamente.

4.2.1. Propriedade A

A primeira propriedade visitada está localizada no município de Novo Repartimento, ficando a 80 km do centro urbano. O produtor de bananas modificou o foco do seu plantio no ano de 2017. Nos anos anteriores, eram plantadas as espécies banana prata, maçã e nanica. Atualmente, a espécie plantada é a banana da terra, a maior da espécie, que chega a pesar 500 g e pode medir até 30 cm (TODA FRUTA, 2009).

A banana da terra é uma fruta vastamente encontrada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A preferência por essa espécie deu-se pela resistência ao clima, por ser uma planta favorável ao sombreamento de outras espécies, como cacau, milho e abóbora, podendo-se, assim, consorciar seu plantio; além disso, o custo de seu cacho é mais vantajoso, quando comparado ao preço da banana prata e da nanica.

O produtor A experiente em plantios, escolheu essa espécie devido ao retorno financeiro, pois seu cacho (pesa aproximadamente 10 kg) chega a custar de R\$ 5,00 a R\$ 8,00 a unidade. O plantio teve início em janeiro de 2017 e contou com instruções técnicas

de uma engenheira agrônoma da ADEPARÁ e com conhecimentos advindos da formação profissional do próprio produtor, que foi técnico em agropecuária da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), onde trabalhou por um longo período, antes de dedicar-se integralmente ao plantio de frutas.

Antes de tratar propriamente das análises dos custos, faz-se necessário caracterizar a exploração da cadeia da banana naquela região, que se concentra nas unidades familiares e em terrenos na maioria das vezes provenientes da reforma agrária, e a distribuição do produto focaliza-se apenas no mercado local.

A maioria das propriedades que tem segmento familiar possui um trabalhador permanente e todas contratam trabalhadores temporários para as atividades que demandam muita mão de obra. Nesse polo de produção, o sistema típico de condução dos bananais é em fileira e o produtor investiu, em oito hectares de terra própria, um plantio de 9.000 (nove mil) pés de banana da terra, utilizando mudas produzidas por ele mesmo, com auxílio de cinco pessoas, trabalhando em escalas variáveis, de acordo com a necessidade. A fazenda localiza-se próximo à comunidade de Belo Monte, no município de Novo Repartimento, distante 498 Km da capital do Pará.

Com plantio no início de 2017, a colheita era esperada para os meses de outubro e novembro de 2017, com finalidade de venda ao mercado externo do Estado do Pará, onde os preços e o reconhecimento da espécie são mais valorizados.

Na Propriedade A, para a preparação do solo, foram utilizadas operações mecanizadas, por isso foram considerados os gastos com combustíveis, reparos e manutenção, óleo lubrificante e tratorista. Já para as despesas com reparos e manutenção de equipamentos, foram consideradas taxas variando de 5 a 10% sobre o valor do equipamento novo. Esses custos fazem parte do COE, verificado na Tabela 4.1, adiante. A seguir são detalhadas essas etapas.

– Operações manuais: foi considerada a quantidade de mão de obra variável, de acordo com os serviços, calculando-se o número de homens/dia (HD) para executá-la. Para a mão de obra comum, foi estabelecida a diária de R\$ 31,00 (trinta e um reais), valor referente ao salário mínimo do ano vigente (2017), estabelecido sob o valor mensal de R\$937,00 (novecentos e trinta e sete reais).

– Insumos: os preços médios foram coletados no comércio de Tucuruí, em junho de 2017, e multiplicados pelas quantidades dos insumos utilizadas.

– Juros de custeio: será considerada a taxa de 2,5 %a.a. (juros de custeio PRONAF 2016/2017) sobre a metade das despesas com operações e insumos.

– A depreciação dos bens fixos (irrigação, máquinas e equipamentos), ou seja, os que prestam serviços por mais de um ciclo produtivo, foi calculada utilizando-se o método linear.

– Acerca da remuneração do capital investido, foi considerada uma taxa de 6%a.a. sobre o capital médio empatado na atividade.

O produtor rural dono da Propriedade A conta com o auxílio de cinco pessoas no preparo da terra, no plantio, na adubação, na limpeza da área, na colheita e no tratamento do produto para a venda.

Após a limpeza da área e amostras colhidas do solo, foi aplicado gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), por recomendação para correção de camadas subsuperficiais. Assim, aplicou-se a dose de 25 % da necessidade de calagem (NC) inicial. A aplicação do calcário pode ser feita na área total ou na cova de plantio.

A irrigação utilizada foi a natural, por isso os meses de janeiro e fevereiro foram escolhidos para o plantio, pois se recomenda o plantio no período chuvoso, compreendido no Pará entre os meses de dezembro a maio, segundo dados de pluviosidade (Climate-data.org, 2018), propiciando-se o crescimento das espécies. A capina aconteceu de forma periódica; após seis meses do plantio, ocorreu o primeiro desbaste de folhas, as quais foram alocadas aos pés da planta para reforçar a adubação.

Assim, o bananal precisa ficar isento do mato ao redor, e as folhas afetadas pelo aparecimento de pragas devem ser retiradas para o melhor desenvolvimento da espécie. As próprias folhas da bananeira são utilizadas para enriquecimento da planta, como se pode observar na Figura 4.4:



Figura 4.4 – Bananeira da Propriedade A.

Na primeira visita feita ao bananal, presenciou-se o crescimento do primeiro ciclo e a fase da despalha das plantas e a limpeza do terreno em volta de cada bananeira. Durante o processo, foram eliminadas as folhas velhas, mortas ou quebradas e ainda aquelas afetadas por pragas.

4.2.1.1. Custo da produção de banana

O custo da produção da banana é baseado na estrutura do Custo Total de Produção (CTP)¹, de acordo com metodologia do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo e empregada por Matsunaga et al. (1976) e por Dourado et al. (1999). Os valores referentes à Propriedade A estão descrito na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 – Plantio de Banana – 8 hectares em Novo Repartimento – 05 funcionários (em média).

Preparo da terra	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Aração	HM	01	180	180
Gradagem	DH	05	31	155
Calagem	DH	05	31	155
Sulcamento	DH	05	31	155
Adubação	DH	05	31	155
Plantio	DH	05	31	155
Transporte Interno	HM	01	180	180
Irrigação	DH	05	31	155

¹ O Custo Total de Produção foi obtido conforme a equação 2.1.

Tratos culturais (manual)	Unidade	Quantidade	Preço unitário R\$ (diária)	Preço total
Controle de ervas daninhas	DH	05	31	155
Desfolha	DH	05	31	155
Desbaste	DH	05	31	155
Adubação intermediária	DH	05	31	155
Eliminação do coração	DH	02	31	62
Colheita	DH	05	31	155
Subtotal				2.127,00
Subtotal x (8 hectares)				17.016,00
Insumos (por cova)	Unidade	Quantidade	Preço unitário R\$	Preço total R\$
9000				
Cloreto de potássio 100g	KG	900	6,95	6.255,00
FTE 100g	KG	240	6,00	1.400,00
Água (Poço artesiano)	MIL/M³	0	0	0
NPK 200g	KG	1.800	4,80	8.640,00
Subtotal				16.295,00
Custo Operacional Efetivo (COE)				18.422,00
Subtotal COE x (8 hectares)				147.376,00
Custos Indiretos	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Custo da terra	ha/mês	0	0	0
Administração	ha/mês	12	1000	12.000,00
Impostos e taxas	ha/mês	12	90,00	1.080,00
Depreciação de Maquinas	ha/mês	12	95,97	1.151,64
Subtotal				14.231,64
Custos Indiretos (x 8 hectares)				R\$113.853,12
Custo Total da Produção				32.653,64
CT x (8 hectares)				261.229,12

O custo de implantação e produção estimado para a cultura da bananeira, em Novo Repartimento (Pará), pode ser verificado na Tabela 4.1. Nela, verifica-se que o Custo Operacional Efetivo (COE) foi de R\$ 147.376,00 (cento e quarenta e sete mil e trezentos e setenta e seis reais) R\$ 18.422 (dezoito mil e quatrocentos e vinte e dois reais) para cada hectare, já que são oito hectares plantados, possivelmente devido ao maior número de mudas por área, maior quantidade de insumos gastos e maior quantidade de mão de obra no pomar.

4.2.1.2. Custo unitário da banana da terra

O custo unitário do quilograma da banana por hectare de terra foi calculado de acordo com Instituto de Economia Agrícola de São Paulo e empregada por Matsunaga et al. (1976) e por Dourado et al. (1999), demonstrados na tabela 4.2. E o custo total (CTP) foi de R\$ 32.653,64 (trinta e dois mil e seiscentos e cinquenta e três reais e sessenta e quatro centavos), para um hectare e R\$ 261.229,12 (duzentos e sessenta e um mil e duzentos e vinte e nove reais e doze centavos), já que são oito hectares de plantio.

Tabela 4.2 – Estimativa do custo de formação e produção por hectare de banana da terra na densidade de 1.125 plantas/ha (espaçamento 2,0 m x 2,0 m) em Novo Repartimento (PA). Janeiro de 2017. Produtividade: 15 toneladas/ha².

Custo 1ha	Produtividade kg/ha (A) ³	Margem total da produção R\$/ha (B) ⁴	Custo total de produção (C) ⁵	Ponto de nivelamento (C/P)	Margem de segurança (C-B)/B %	Relação custo benefício (C/B)
1,0 há	15.000	54.000	32.653,64	2,18	-0,40	0,60
8,0 há	120.000	432.000	261.229,12	2,18	-0,40	0,60

A produtividade dos cachos estimada por área, no primeiro ciclo produtivo, foi de 15 t/ha e 120 t na sua produção total nos 8 (oito) hectares. Segundo Sandrini et al. (1991), quando se cultivou Nanicão sem irrigação, no Mato Grosso do Sul, a produtividade foi de 33,54 t/ha no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e de 50,23 t/ha, no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. Scarpare Filho e Kluge (2001) estimaram uma produtividade de 45,38 t/ha, em um espaçamento de 2,0 m x 3,0 m, sem irrigação, em bananal localizado em Piracicaba, São Paulo.

A fim de fazermos a análise econômica da atividade, verificamos a receita bruta, que, segundo Martin et al. (1998), é calculada a partir da receita esperada e do rendimento por hectare, por um preço de venda pré-determinado. Assim, tem-se: Produtividade da banana em kg/ha x preço de venda do produto em R\$/kg. Considerando o valor unitário de R\$ 3,60 (três reais e sessenta centavos), a receita bruta teve o valor de R\$ 54.000,00 (cinquenta e quatro mil reais) por hectare e R\$ 432.000,00 (quatrocentos e trinta e dois mil reais) por toda a produção. O lucro operacional caracteriza-se pela diferença entre a receita bruta e o custo operacional efetivo, gerando um valor de R\$ 21.346,00 (vinte um mil trezentos e quarenta e seis) por hectare e R\$ 170.770,88 (sento e setenta mil e setecentos e setenta reais e oitenta e oito) por toda a produção.

4.2.2. Propriedade B

Outro local de realização da pesquisa de campo, denominado de “Propriedade B” neste estudo, localiza-se no município de Goianésia do Pará, a 103 km da Hidrelétrica de

² COE = 147.376; CI = R\$113.853,12; CTP = COE + CI = 261.229,12.

³ Produtividade média de um hectare. (No estado do Pará 1 alqueire é considerado 2,72 hectares.)

⁴ Margem Total: Preço x Quantidade Comercial.

⁵ Custos efetuados p/ obtenção da produção.

Tucuruí. A Propriedade B possui diversos cultivares. Experiente e conhecido produtor na região, ele é proprietário de 10 (dez) “alqueires”³, ou seja, ele possui 27,2 ha, valor que corresponde a aproximadamente 272.000 m² de terreno para plantação.

A espécie cultivada nessa propriedade são as mudas de sia 18 (Caipira Tapimeo), que foram doadas pela Embrapa. Com o uso desta espécie, são gastos poucos insumos para combater pragas. O quilograma da banana é vendido em mercados e feiras de Goianésia, Jacundá e Marabá, e tem o preço médio de R\$ 2,50 (dois reais e cinquenta centavos). Já a caixa de 20 quilos custa em média R\$ 35,00 (trinta e cinco reais).

O plantio é realizado com o espaçamento 2 m x 1,5 m superadensado. Para essa atividade, conta-se com cinco ajudantes, que trabalham no regime de diária e recebem, como pagamento, o valor correspondente pelo dia de serviço prestado, tendo-se por base o salário mínimo brasileiro atual. A quantidade de mudas plantadas em novembro de 2016 foi de 13.000 (treze mil) pés e sua colheita aconteceu 10 (dez) meses depois, em agosto 2017, e acontece regularmente de duas a três vezes ao ano, gerando 20 kg de banana por planta. A venda do produto é feita em mercados e feiras da região e para a merenda escolar da prefeitura, para a qual o produto é vendido por R\$ 1,00 (um real) a unidade do fruto, aumentando, assim, a renda dos que trabalham naquele plantio.

Na Propriedade B, para a preparação do solo, foram utilizadas máquinas mecanizadas e operações manuais variáveis. De acordo com os serviços, calculou-se o número de homens por dias trabalhados (HD) para executar a atividade. Para a mão de obra comum, o produtor informou que foi estabelecida a diária de R\$ 60,00 (sessenta reais).

Os insumos utilizados foram 20 kg de esterco orgânico (gado e galinha) por pé, uma vez ao ano, e 150 g por pé da espécie 4/14/8 NPK, por muda plantada.

Nessa propriedade já foi implantado o sistema de irrigação, o qual teve um custo de R\$ 150.000 (cento e cinquenta mil reais). Esse sistema abastece uma área de 2,5 alqueires, ou 6,8 hectares, ou 68.000 m², por meio de bombas que funcionam à noite, durante oito horas consecutivas, no período não chuvoso de maio a dezembro. O custo de produção aumenta em razão do alto custo de energia elétrica. Sua conta chega a custar R\$1.132,00 (um mil cento e trinta e dois reais) por mês a mais, devido à atividade de irrigação dos bananais.

Na Figura 4.5, pode-se ver o plantio de banana da Propriedade B, consorciado com limão e laranja:



Figura 4.5 – Bananal consorciado da Propriedade B.

4.2.2.1. Custo da produção de banana

A seguir estão os custos de plantio da Propriedade B, equação 2.1, em que a mesma metodologia de Matsunaga et al. (1976) foi utilizada para a definição do custo unitário do quilograma da banana, detalhando processo de preparo da terra, plantio, além de seus insumos e custos, expressos na Tabela 4.3:

Tabela 4.3 – Plantio de banana – 6,8 hectares em Goianésia do Pará – 05 funcionários (em média).

Preparo da terra	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Aração	HM	01	180	180
Gradagem	DH	05	60	300
Calagem	DH	05	60	300
Sulcamento	DH	05	60	300
Adubação	DH	05	60	300
Plantio	DH	05	60	300
Transporte interno	HM	01	120	120
Subtotal				1.800

Tratos culturais (manual)	Unidade	Quantidade	Preço unitário R\$ (diária)	Preço total
Controle de ervas daninhas	DH	05	60	300
Desfolha	DH	05	60	300
Desbaste	DH	05	60	300
Adubação intermediária	DH	05	60	300
Eliminação do coração	DH	02	60	120
Colheita	DH	05	60	300
Subtotal				1.620
TOTAL				3.420,00

Insumos (por cova) 13000 pés	Unidade	Quantidade	Preço unitário R\$	Preço total R\$
Água (Irrigação artificial)	MIL/M³	0	0	0
Custo com energia Irrigação	KW/H	8 h x 30 dias x 10 meses	0,59 ⁶	11.320,00
NPK 150 g	KG	98 sacas	130,00 ⁷	12.740,00
Subtotal				13.872,00
Custo Operacional Efetivo (COE)				186.864,00
	Unidade	Quantidade (Ha)	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Custo da terra	ha/mês	27,2	80,00 ⁸	2.173,00
Administração	ha/mês	12	1.000 ⁹	12.000,00
Impostos e taxas	ha/mês	12	90,00	1.080,00
Depreciação de máquinas	ha/mês	12	95,97 ¹⁰	1.151,64
Subtotal Custos indiretos				R\$111.551,55
Custo Total da Produção				298.415,55

⁶ Tarifa verde utilizada pelo produtor rural seria 0,094. Tarifa B1 residencial convencional: R\$ 0,59. Consideram-se os custos de preparação da terra com auxílio de cinco pessoas na mão de obra.

⁷ Saca com 20 kg de NPK; são gastos 150 g por cova.

⁸ Proprietário de 10 alqueires = 27,2 ha, calcula-se 80,00/ano/ha.

⁹ O escritório é o mesmo local da residência.

¹⁰ Possuem um trator Girico de 10 anos de uso, 5 % a 10 % equipamento novo.

4.2.2.2. Custo unitário da banana

O Custo Total de Produção (CTP) – nos moldes da equação 2.1 – na Propriedade B, observando-se desde o preparo da terra, os tratos culturais, a colheita e o custo da terra até os equipamentos, foi de R\$ 298.415,55 (duzentos e noventa e oito mil e quatrocentos e quinze reais e quinze centavos), ficando R\$ 37.301,94 (trinta e sete mil e trezentos e um reais e noventa e quatro centavos). Seu Custo Operacional Efetivo (COE) é de R\$ 186.864,00 (cento e oitenta e seis mil e oitocentos e sessenta e quatro reais) para 6,8 hectares plantados e R\$ 17.292,00 (dezessete mil e duzentos e noventa e dois reais), o gasto por hectare. Esses números mostram que uma produção bem planejada pode atingir um bom rendimento e uma ótima produtividade.

Assim, se a banana for vendida por R\$ 35,00 (trinta e cinco reais) a caixa de 20 kg, em um plantio de 13.000 (treze mil) pés, com uma produtividade de 30 kg por planta (conforme informações colhidas na propriedade, já descritas anteriormente), sem considerar as perdas, sua produtividade anual seria de 390.000 kg, ou 390 toneladas, ou 19.500 caixas, quantidade que perfaz um total de R\$ 682.500,00 (seiscentos e oitenta e dois mil e quinhentos reais) de receita bruta, como descrito na Tabela 4.4, a seguir:

Tabela 4.4 – Estimativa do custo de formação e produção por hectare de banana ‘tapimeo’. 13.000 plantas (espaçamento 2,0 m x 1,5 m) em Goianésia do Pará – Janeiro, 2018.
Produtividade: 390 toneladas¹¹

Custo 1 ha	Produtividade kg/ha (A) ¹²	Margem total da produção R\$/ha (B) ¹³	Custo total da produção (C) ¹⁴	Ponto de nivelamento (C/P ¹⁵)	Margem de segurança (C-B)/B %	Relação custo benefício (C/B)
1,0 ha	57.352	100.367	R\$37.301,94	0,65	-0,63	0,37
6,8 ha	390.000	685.500	R\$298.415,55	0,77	0,34	1,34

¹¹ COE = 186.864,00; CI = R\$111.551,55; CTP = COE + CI = 298.415,55.

¹² Produtividade média de um hectare.

¹³ Margem Total: Preço x Quantidade Comercial.

¹⁴ Custos efetuados p/ obtenção da produção.

¹⁵ Preço da caixa R\$ 35,00 com 20 kg – R\$ 1,75.

A produtividade dos cachos estimada por área, no primeiro ciclo produtivos, foi de 5.735 t/ha e 390 t, sua produção total nos 6,8 hectares. Considerando isso, o custo do quilograma da banana Tapimeo seria de: $P = (CTP)/P$; $P = R\$ 1,75$.

4.2.3. Propriedade C

A terceira localidade onde esta pesquisa foi realizada denominou-se de Propriedade C, a qual se localiza antes da cidade de Goianésia do Pará. Ela pertence a um produtor que trabalha há oito anos com plantio consorciado de banana, açaí e outras variedades. A espécie cultivada é “Tapimeo”, resistente à sigatoka-negra e outras pragas. A limpeza da área e correção do solo aconteceram no mês de novembro de 2017 e a abertura das covas, em janeiro de 2018.

Em seu plantio, o proprietário utilizou mão de obra de 04 (quatro) a 06 (seis) pessoas. No decorrer da entrevista, ele explicitou que, quando o plantio é mecanizado, esse número de trabalhadores é suficiente para desenvolver a atividade.

A adubação do plantio ocorreu com utilização de 10 kg de esterco bovino e 300 g de superfosfato simples por cova. Posteriormente, a adubação em cobertura, feita em coroa na projeção da planta, ocorreu após 60 (sessenta) dias com 60 g de NPK 10.28.20 e, no segundo ano, 1 kg a 1,5 kg por planta de NPK acrescentado de boro (B), pois o boro participa no transporte de açúcares e na formação das paredes celulares.

O dono da Propriedade C trabalha com o uso de ferramentas tecnológicas para auxiliá-lo em seu plantio e possui um histórico desde o seu primeiro plantio em 2009, quando foram plantadas 8000 (oito mil) mudas em 05 (cinco) hectares com espaçamento 3cm x 2 cm. A produção de banana teve peso médio de 8 kg/cacho. A partir do segundo ano, as bananas já pesavam de 15 a 18 kg/cacho em média. Desde 2015, o espaçamento foi alterado para 6 x 3 cm e, nos dias atuais, o produtor conta com um plantio de 10 hectares de banana consorciada. Assim, surge a necessidade de, a partir do terceiro ano de plantio, fazer-se o arranquio e ir eliminando a banana, mudando-a para outra área. Essa técnica evita o sombreamento.

Esse plantio da Propriedade C conta com irrigação do tipo microaspersão, o qual faz a irrigação em um tempo de 45 (quarenta e cinco) minutos por hectare, levando até sete horas e trinta minutos de funcionamento para aspergir todo o bananal. O custo inicial, com a implantação de microaspersores, foi de R\$ 8.000 (oito mil reais) por hectare, porém gera

um custo de R\$ 3.000,00 (três mil reais) mensais, sendo R\$ 30.000,00 em dez meses de produção com gasto de energia elétrica.

Além de tratores para o preparo da terra, a Propriedade C conta com trator fruteiro de pequeno porte, que auxilia no transporte interno, e com caminhão próprio para o transporte externo. Após a colheita, a penca de bananas segue para um galpão de beneficiamento, onde o fruto é despencado e imerso em solução de hipoclorito de sódio. Utiliza-se com a lavagem cerca de 80 a 100 litros de água por lavagem de 4.000 kg do fruto, que, depois de seco, seguirá para pesagem e armazenamento em caixas plásticas do tipo “basquetas”.

A caixa tem 18 kg em média e seu mercado consumidor encontra-se em mercados e feiras de Goianésia do Pará, Tailândia e região pelo preço de R\$ 28,00 (vinte e oito reais) e por R\$ 1,00 (um real) a R\$ 1,50 (um real e cinquenta centavos) o quilo da banana. A Figura 4.6 mostra a imagem aérea do plantio de bananas da Propriedade C.



Figura 4.6 – Vista aérea do bananal consorciado da Propriedade C.
Fonte: Arquivo do produtor C, 2018.

O produtor realiza a capina de seu plantio mensalmente e a despalha (limpeza da planta), 2 (duas) vezes ao mês. Dessa forma, o bananal fica livre de pragas e de outras intempéries. Ele faz ainda a cobertura do solo com resíduos vegetais de bananeiras (folhas e pseudocaules), sem a utilização dessas partes da banana para beneficiamento, por considerar que isso aumenta os teores de nutrientes no solo, principalmente potássio (K) e cálcio (Ca), além de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

4.2.3.1. Custos da produção de banana

A Tabela 4.5 demonstra os cálculos do custo de produção, utilizando-se a equação do CTP (2.1), para se adquirir o quilograma da banana.

Tabela 4.5 – Plantio de banana – 10 hectares em Goianésia do Pará – 06 funcionários (em média).

Preparo da terra (plantio)	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Aração	HM	06	111,1	666,6
Gradagem	DH	06	111,1	666,6
Calagem	DH	06	111,1	666,6
Sulcamento	DH	06	111,1	666,6
Adubação	DH	06	111,1	666,6
Plantio	DH	06	111,1	666,6
Transporte interno*	HM	01	140 x 4sem x 12 meses	6.720
Subtotal				10.720
Tratos culturais (manual)	Unidade	Quantidade	Preço unitário R\$ (diária)	Preço total
Controle de ervas daninhas (capina)	DH	06	133,33	800
Desfolha	DH	06	133,33	800
Desbaste	DH	06	133,33	800
Adubação intermediária	DH	06	133,33	800
Colheita	DH	06	133,33	800
Subtotal				4.000
TOTAL				14.720,00

Insumos	Unidade	Quantidade	Preço unitário R\$	Preço total R\$
5.500 mudas				

Água (Irrigação artificial)	Litros	6.045	0	0
Custo com energia Irrigação	Kw/H	12h x 30 dias x 8 meses	0,59 ¹⁶	30.000,00
Superfosfato Simples	1 Kg	300 g x 5.500	1,104	4.981,00
NPK 150g	Kg	150 g x 5.500	0,13 ¹⁷	752,40
Subtotal				8.733,00
Custo Operacional Efetivo (COE) x 10 hectaes				59.186,40
	Unidade	Quantidade (Ha)	Preço unitário (R\$)	Preço total(R\$)
Custo da terra	ha/mês	27,2	80,00 ¹⁸	2.176,00
Administração	ha/mês	12	1.000 ¹⁹	12.000,00
Impostos	ha/mês	12	90,00	1.080,00
Depreciação de Máquinas	ha/mês	12	191,6 ²⁰	2.300,00
Subtotal Custos Indiretos				17.680,00
Custo Total da Produção				76.866,40

4.2.3.2. Custo unitário da banana

O produtor rural C consorcia a banana com açaí e tem conseguido controlar seus gastos. Com isso, calcula sua margem de lucro de cada item cultivado. O preço total (CTP), desde o preparo da terra, os tratamentos culturais, a colheita, o custo da terra até os equipamentos, foi de R\$ 76.866,40 (setenta e seis mil e oitocentos e sessenta e seis reais e quarenta centavos), em dez hectares de plantio, sendo R\$ 7.686,64 (sete mil seiscentos e oitenta e seis reais e sessenta e quatro centavos) por hectare cultivado. Seu COE (custo operacional efetivo) é de R\$ 59.186,40 (cinquenta e nove mil e cento e oitenta e seis reais e quarenta centavos), em 10 (dez) hectares, e cerca de R\$ 5.918,64 (cinco mil e novecentos e dezoito reais e sessenta e quatro centavos) corresponde a seu gasto por hectare. Portanto, se a banana tem preço médio de R\$ 1,50 (um real e cinquenta centavos), o quilograma, e sua

¹⁶ Tarifa verde utilizada pelo produtor rural seria 0,094. Tarifa B1 residencial convencional: R\$ 0,59. Consideram-se os custos de preparação da terra com auxílio de 05 pessoas na mão de obra.

¹⁷ Sacca com 25 kg de NPK = R\$ 90,00; são gastos 150 g por cova.

¹⁸ Proprietário de 10 alqueires = 27,2 ha: calcula-se 80,00/ano/ha.

¹⁹ Entende-se como: água, luz, internet.

²⁰ Possuem um trator fruteiro valor: R\$ 46.000,00 (5 % a 10 % equipamento novo).

produtividade por hectare é de 30.250 kg, a sua receita por hectare será de R\$ 45.375 (quarenta e cinco mil e trezentos e setenta e cinco reais) e, ainda, R\$ 453.750,00 (quatrocentos e cinquenta e três reais mil e setenta e cinco centavos) será sua receita total por ano. Demonstra-se na Tabela 4.6 o custo de 1 hectare de banana produzido:

Tabela 4.6 – Estimativa do custo de formação e produção por hectare de banana ‘Tapimeo’ nas 5.500 plantas (espaçamento 6,0 m x 3,0 m) em Goianésia do Pará
Produtividade: 302.250 toneladas.

Custo 1 ha	Produtividade kg/ha (A) ²¹	Margem total da produção R\$/ha (B) ²²	Custo total da produção (C) ²³	Ponto de nivelamento (C/P)	Margem de segurança (C-B)/B %	Relação custo benefício (C/B)
1,0 ha	30.250	45.375,00	7.686,64	0,17	-0,83	0,17
10 ha	302.250	453.750,00	76.866,40	0,17	-0,83	0,17

A produtividade dos cachos estimada por área, no primeiro ciclo produtivo, foi de 30.250 t/ha e 302.250 t sua produção total nos 10 (dez) hectares. Considerando isso, o custo do quilograma da banana Tapimeo seria de: $P = (CTP)/P$ (produtividade); $P = R\$1,42$ (preço).

4.3. Avaliação dos impactos do ciclo de vida (AICV)

Nessa fase, serão estimados os impactos ambientais do cultivo e processamento da banana. Segundo Nemecek (2011), vários estudos compararam os impactos ambientais de cultivos a fim de reduzir suas incidências e melhorar os já existentes. Acerca do mesmo assunto, Soussana (2014) pondera que, se a sociedade utilizar uma ferramenta em prol do ciclo de vida, ela conseguirá reduzir impactos e aumentar a sustentabilidade dos sistemas alimentares.

4.3.1. Estudos dos impactos ambientais da produção da banana

Uma análise dos impactos das práticas de cultivo da banana e de seus indicadores foi realizada segundo o estudo de impactos ambientais de Ingwersen (2012), o qual

²¹ Produtividade média de um hectare.

²² Margem Total: Preço (1,50 o Kg) x Quantidade Comercial.

²³ Custos efetuados p/ obtenção da produção.

demonstrou em seus estudos preocupações ambientais com o sistema de agricultura do abacaxi e estimou os impactos gerados, incluindo demanda de energia, emissões de carbono, pegada de água ponderada-stress, erosão do solo, emergência, toxicidade humana e dos ecossistemas, com modelos por ele criados. Nesse contexto, fizemos uma adaptação do modelo proposto por Ingwersen (2012), de acordo com a realidade da região do Lago de Tucuruí estudada.

De acordo com Notarnicola et al. (2017), a Environmental Product Declarations (EPD), que fornece a declaração ambiental de produto e de desempenho ambiental de produtos ao longo de toda sua vida, orienta que estudos resultados de ACV sejam representados com cálculos de médias ou médias ponderadas, para evitar variabilidade de dados. No entanto, não foram encontradas EPD sobre bananas.

4.3.1.1. Cálculo da pegada hídrica

Para o cálculo da pegada hídrica, utiliza-se a equação 2.5, de acordo com estimativa de consumo de água em todo o processo de plantio até a colheita da banana. A pegada hídrica total depende do cálculo da somatória da pegada verde, azul e cinza e baseia-se no modelo adaptado de Hoekstra et al. (2011).

Utilizou-se a metodologia de Hoekstra et al. (2011), a partir do cálculo da equação 2.6, que determina a divisão do DHC (Demanda Hídrica da Cultura) pela produtividade de cada propriedade visitada; o DHC é determinado utilizando-se a equação 2.7. Para encontrar o valor da Evapotranspiração solicitado na equação, utilizaram-se dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), estimando a média do período de ciclo do plantio de cada propriedade visitada, como visto na Tabela 4.7, que demonstra a evapotranspiração da região de Tucuruí:

Tabela 4.7 – Dados da Evapotranspiração de Tucuruí

Evapotranspiração Tucuruí (mm)		
MESES		Dias
JAN	124,6	31
FEV	103,9	28
MAR	145,7	31
ABR	160,1	30

MAI	184,9	31
JUN	180,6	30
JUL	186,6	31
AGO	192,9	31
SET	198,3	30
OUT	204	31
NOV	193,9	30
DEZ	174,2	31
TOTAL	2049,7	365
média/mês	170,8	

Fonte: INMET, jan.-dez., 2017 (Adaptado).

Para a determinação da PH verde foram considerados para o ciclo da banana dias variados de cada propriedade visitada de acordo com informações de cada produtor, assim também como produtividades variadas, descritos na Tabela 4.8, a seguir:

Tabela 4.8 – Propriedades, ciclo e rendimento de banana, com base em dados (1 ano).

Propriedade	1° Ciclo (dias)	Rendimento (kg/ha)
Propriedade A	362	15.000
Propriedade B	358	57.352
Propriedade C	319	30.250

O primeiro ciclo da bananeira define-se desde o plantio até sua colheita e chega a durar de 10 a 12 meses, segundo EMBRAPA, 2009. A região do Lago de Tucuruí tem Evapotranspiração média anual de 2.049 mm, concentrados maiores índices nos meses de dezembro a maio, sendo a temperatura média 27,4 °C e umidade relativa (UR) de 73 % a 93 %, de acordo com dados do Climate-data.org (2018).

A pegada hídrica azul foi contabilizada pela utilização de água explotada, seria o aproveitamento de águas subterrâneas, com base nos dados de necessidade hídrica da cultura (banana), de acordo com a estimativa de balanço hídrico do solo determinado pela equação 2.9, o que resultou em um gasto hídrico de 136,6 mm/mês. Esse valor será utilizado no cálculo da pegada hídrica azul, na equação 2.8, que divide o consumo hídrico utilizado pela cultura da banana água azul pela produtividade de cada propriedade de banana visitada.

A pegada de água cinza será determinada, de acordo com Hoekstra et al. (2011), por meio da divisão da carga do poluente (L, massa/tempo) pela diferença entre a concentração de qualidade da água presente no seu estado natural para um determinado

poluente (a concentração máxima aceitável C_{max} , em massa/volume) e sua concentração natural no corpo hídrico (C_{nat} , em massa/volume); a equação 2.10, determinará a quantidade de água necessária para neutralizar as poluições de nitrogênio (N), que é o insumo agrícola mais impactante causada pela produção da banana (HOEKSTRA et al., 2011).

Neste trabalho, atribuiu-se o valor de 10 % para a fração de lixiviação, recomendado por Hoekstra et al. (2011). O valor limite aceitável dos fertilizantes nitrogenados seguiu o padrão da legislação CONAMA 357/2005, classe 2 para águas doces, que é de 10 mg L⁻¹. Atribuiu-se o valor 0 (zero) para a concentração natural do nitrogênio no corpo hídrico, pois nesse estudo não houve avaliações, análise e espacialização de corpos hídricos ao entorno das áreas agrícolas. A taxa de aplicação de nitrogênio para banana de alta produtividade foi a recomendada por Belalcazar et al. (1990), um valor de 360kg/ha. A produtividade foi atribuída de acordo com a produção de cada propriedade visitada.

Os valores totais da pegada hídrica serão determinados pela somatória da pegada verde, azul e cinza, de acordo com a Tabela 4.9:

Tabela 4.9 – Valor total da pegada hídrica.

Tabela da pegada hídrica total - m³/t				
	PH verde	PH azul	PH cinza	TOTAL
PROP. A	113,87	91,07	24	228,94
PROP. B	29,81	23,84	6,28	59,93
PROP. C	56,56	45,23	11,92	113,71

A média da pegada hídrica na região é de 134, 20 m³/t de água por kg banana produzida, ou 134, 20 litros por kg de banana.

4.3.1.2. Cálculo da pegada de carbono

As Emissões de N₂O são relativas ao uso de fertilizantes sintéticos e podem ser diretas ou indiretas (por meio da deposição atmosférica de N volatilizado e da lixiviação e deposição de N no solo). Desse modo, o efeito estufa já considera essas emissões diretas e as indiretas de N₂O, em decorrência da utilização de fertilizantes sintéticos, no Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2010),

estabelecendo o valor equivalente a 0,0275. As bananas têm a mais elevada taxa de fertilização por hectare de todas as culturas alimentares.

A Tabela 4.10 apresenta os valores diretos e indiretos que compõem a pegada do carbono de cada propriedade visitada:

Tabela 4.10 – Resultado da pegada do carbono²⁴.

PC = dados da atividade x fator de emissão x GWP/ Un.Funcional	Propriedade A (CO2/tonelada)	Propriedade B (CO2/tonelada)	Propriedade C (CO2/tonelada)
Emissões diretas:			
Diesel gasto em transporte interno na propriedade	6,92	6,03	5,19
Embalagem plástica	6,27	4,10	3,58
Emissões adubação NPK	49,5	53,62	22,68
Emissões eletricidade	0	131,87	349,5
PC Total	62,69	195,64	380,96

Na observação das emissões diretas, consideramos as emissões de diesel de veículos no interior da plantação. O produtor A gasta R\$ 8.954,00 (oito mil e novecentos e cinquenta e quatro reais); o produtor B gasta R\$ 7.800,00 (sete mil e oitocentos reais) e o produtor C informou que gasta cerca de R\$ 6.720,00 (seis mil e setecentos e vinte reais) com combustível por ano. A partir desses dados de atividade, pode-se gerar um valor da pegada de carbono, multiplicada com fator de emissão no Brasil do diesel, que é de 2,63 CO2/litro, e divididos pela unidade funcional adotada 1 t colhida, conforme fórmula apresentada anteriormente. Considera-se o valor do litro em média de R\$ 3,40 (três reais e quarenta centavos), de acordo com a Petrobras (2018).

As embalagens que os produtores utilizam para levar as bananas até os pontos de venda são plásticas, com capacidade de 18 kg em média, e seu mercado consumidor encontra-se em mercados e feiras de Goianésia do Pará, Tailândia e região pelo preço de R\$ 28,00 (vinte e oito reais) e por R\$ 1,00 (um real) a R\$ 1,50 (um real e cinquenta centavos) o quilo da banana. As embalagens mais utilizadas no Brasil apresentam capacidade para 18 kg

²⁴ Produção primária: Prop. A = 54.000 kg/ha; Prop. B = 34.500 kg/ha; Prop. C = 30.250 kg/ha.

de bananas; seu fator de emissão corresponde a 3,09 kg CO₂ e/kg; apresentam dimensões internas de 515 x 325 x 295 mm. Essas embalagens têm como vantagens o fácil manejo, a facilidade de circulação do ar durante a climatização, a durabilidade (cerca de dez anos), a possibilidade de lavagem e desinfecção e o fato de ser retornável (LICHTEMBERG, 1999).

A eletricidade faz parte das emissões indiretas, é utilizada principalmente para a iluminação e para o funcionamento de bombas que extraem água de poços e fazem a irrigação que acontece 12h/dia nos períodos de seca, que compreendem oito meses do ano. O fator de emissão para a rede do Brasil é 0,064 g CO₂e/kw/h de 0,1165 kg CO₂e/kw/h (Internacional Energy Agency, 2011). Na avaliação proposta, consideramos o valor do kw/h no Pará, R\$ 0,59 (cinquenta e nove centavos de real), e a realidade de cada produtor de banana: o produtor A não utiliza irrigação e não gasta eletricidade em sua produção; o produtor B faz uso de irrigação e gasta R\$ 1.132,00 (um mil cento e trinta e dois reais) e o produtor C gasta R\$ 3.000,00 (três mil reais) e também faz uso de irrigação.

A outra principal fonte de emissão de gases de efeito estufa, associados com entradas agrícolas, são as operações de insumos agrícolas (adubação orgânica e fertilizantes). Será contabilizada para fertilizantes uma média para as três plantações estudadas, em que N, P e K foram estimadas pela combinação de fertilizantes simples ou duplas em quantidades para combinar com o N e P e relações de peso K dos fertilizantes reais, como utilizado no estudo realizado por Ingwersen (2012), porém em seu artigo foi utilizado banco de dados do *software* Ecoinvent.

O resultado da pegada de carbono de cada propriedade está relacionado com a unidade funcional de 1 t (uma tonelada) de banana produzida. A média de CO₂ do estudo é 213,09 CO₂/tonelada de banana.

4.3.1.3. Cálculo da emergia

Para fazer-se o cálculo de emergia, utilizam-se seguintes passos, apresentados por Odum (1996):

a) Elaboração do diagrama de sistemas: de acordo com a Figura 4.7, que demonstra o diagrama do estudo de plantio de bananas:

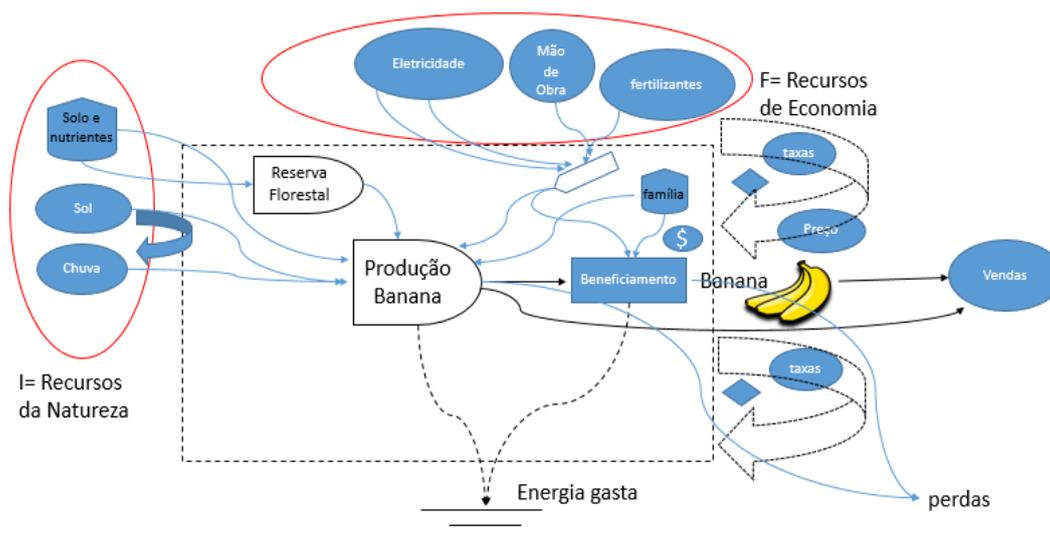


Figura 4.7 – Diagrama emergia da produção de banana nas Propriedades A, B e C.

De acordo com o diagrama representado, os itens que fazem parte do sistema estão relacionados ao solo, e suas interações emergéticas ocorrem no sentido da produção de fruta. Na saída do sistema, é gerado o produto que seguirá para os consumidores finais.

Os recursos da natureza (I) são recursos renováveis (R) somados aos recursos não renováveis (N), caracterizados neste estudo pelo sol, pela chuva e pelo solo. Os recursos de economia (F) são os recursos de mão de obra (M), somados aos recursos de serviços (S), caracterizados no nosso estudo por fertilizantes, eletricidade e mão de obra utilizada, combustíveis não entram na contabilização emergética, segundo Odum (1996). Nesse processo, $I + F = a$ Emergia incorporada do sistema.

b) Elaboração da tabela emergética: serão colocadas todas as entradas do sistema em função da energia solar gasta por cada elemento.

Na Tabela 4.11 será detalhado o gasto emergético em recursos renováveis ou não renováveis, recurso de economia (bens) e serviços da Propriedade A, de acordo com a Tabela 2.2, que ensina o cálculo da emergia.

Alguns itens serão considerados iguais para as três propriedades, como emergia solar e emergia da água.

A Propriedade A não apresentou alto consumo de energia, devido ao fato de ela não utilizar irrigação artificial. Ao final deste trabalho, estará a memória de cálculo (Apêndice 4) e o detalhamento do inventário da pesquisa do plantio de bananas.

Tabela 4.11 – Avaliação emergética da Propriedade A

Propriedade A												
Nota	Item	Fração renovável	Fluxo	Unidade	Intensidade Emergética	Referência	Energia renovável	Energia não renovável	Energia total	%	Energia(b)	
			(/ha/ano)	(/ha/ano)	(seJ/ano)		(seJ/ano)	(seJ/ano)	(seJ/ha/ano)		(Em\$/ano)	
RECURSOS DA NATUREZA (I)									3,73E+15	1,09		
	Renováveis (R)						3,62E+15	0,00E+00	3,62E+15	1,05	3,07E+02	
1	Sol	1	5,33E+13	J	1,00E+00	(a)	5,33E+13	0,00E+00	5,33E+13	0,02	4,52E+00	
2	Chuva	1	1,17E+11	J	3,06E+04	(a)	3,56E+15	0,00E+00	3,56E+15	1,04	3,02E+02	
Não Renováveis (N)									0,00E+00	1,12E+14	0,03	9,50E+00
3	Perda de Solo	0	9,04E+08	J	1,24E+05	(a)	0,00E+00	1,12E+14	1,12E+14	0,03	9,50E+00	
RECURSOS DA ECONOMIA (F)									3,40E+17	98,91	4,47E+30	
Materiais (M)							0,00E+00	3,87E+16	3,87E+16	11,26	9,13E+29	
4	NPK	0	2,25E+03	kg	1,72E+13	(a)	0,00E+00	3,87E+16	3,87E+16	11,26	4,57E+29	
5	Eletricidade	0	0,00E+00	J	1,65E+05	(a)	0,00E+00	1,65E+05	1,65E+05	0,00	1,95E+18	
Serviços (S)							0,00E+00	3,01E+17	3,01E+17	87,65	3,55E+30	
6	Mão de obra	0	2,55E+04	US\$	1,18E+13	(b)	0,00E+00	3,01E+17	3,01E+17	87,65	3,55E+30	
EMERGIA TOTAL (Y)									3,44E+17	100,00	4,47E+30	

Referências:

a) Fonte: Odum (1996).

b) Dólar Brasil considerado = 1,18E+13seJ/US\$, baseado em Sweeney et al. (2007).

*No fim deste trabalho está a memória de cálculo (Apêndice 4), a qual foi detalhada no inventário da pesquisa do plantio de bananas.

A partir da análise da tabela emergética, é quantificada a contribuição de cada insumo utilizado no plantio de bananas. Nesse contexto, os recursos da natureza representam cerca de 1,09 % da energia despendida nesse sistema. A maior dissipação de energia renovável da chuva, que significa 1,04%, devido aos altos índices pluviométricos.

Os recursos de economia representam cerca de 98,91 % de energia despendida do sistema, sendo o maior índice nos recursos de serviços, que geram 87,65 % de energia dissipada por meio do gasto com a mão de obra, enquanto que os materiais representam 11,26 % de energia dissipada, através dos fertilizantes utilizados.

A mão de obra que trabalha no sistema requer muitos tributos e valores a serem pagos, pois a quantidade de funcionários elevada reflete no aumento desses índices. Representando um fator positivo na energia despendida socialmente pelo benefício da geração de empregos.

A energia total gasta no plantio de bananas é de $3,44E+17$ seJ/ha/ano e sua unidade produtiva é de $27,52E+18$ seJ/ano, considerando-se a energia total de 8 hectares de terra cultivados.

Na Tabela 4.12, elaborada em consonância com a Tabela 2.2, será detalhado o gasto emergético em recursos renováveis ou não renováveis, o recurso de economia (bens) e os serviços da Propriedade B. Ao final deste trabalho, estará a memória de cálculo (Apêndice 4) da coluna descrita como fluxo.

Tabela 4.12 – Avaliação emergética da Propriedade B²⁵.

Propriedade B												
Nota	Item	Fração renovável	Fluxo	Unidade	Intensidade Emergética	Referência	Energia renovável	Energia não renovável	Energia total	%	Energia(b)	
			(/ha/ano)	(/ha/ano)	(sej/ano)		(sej/ano)	(sej/ano)	(sej/ha/ano)		(Em\$/ano)	
RECURSOS DA NATUREZA (I)									3,69E+15	0,82	3,13E+02	
Renováveis (R)									3,58E+15	0,80	3,03E+02	
1	Sol	1	5,33E+13	J	1,00E+00	(a)	5,33E+13	0,00E+00	5,33E+13	0,01	4,52E+00	
2	Chuva	1	1,15E+11	J	3,06E+04	(a)	3,53E+15	0,00E+00	3,53E+15	0,78	2,99E+02	
Não Renováveis (N)									0,00E+00	0,02	9,50E+00	
3	Perda de Solo	0	9,04E+08	J	1,24E+05	(a)	0,00E+00	1,12E+14	1,12E+14	0,02	9,50E+00	
RECURSOS DA ECONOMIA (F)									4,47E+17	99,18	6,98E+30	
Materiais (M)									0,00E+00	1,45E+17	32,28	3,43E+30
4	NPK	0	7,21E+03	kg	1,72E+13	(a)	0,00E+00	1,24E+17	1,24E+17	27,53	1,46E+30	
5	Eletricidade	0	1,30E+11	J	1,65E+05	(a)	0,00E+00	2,14E+16	2,14E+16	4,75	2,52E+29	
Serviços (S)									0,00E+00	3,01E+17	66,90	3,55E+30
6	Mão de obra	0	2,55E+04	US\$	1,18E+13	(b)	0,00E+00	3,01E+17	3,01E+17	66,90	3,55E+30	
ENERGIA TOTAL (Y)									4,50E+17	100,00	6,98E+30	

Referências:

a) Fonte: Odum (1996).

b) Dólar Brasil considerado = $1,18E+13$ seJ/US\$, baseado em Sweeney et al. (2007).

*No fim deste trabalho está a memória de cálculo (Apêndice 4), a qual foi detalhada no inventário da pesquisa do plantio de bananas.

Na análise emergética da Propriedade B, é possível identificar que os recursos da natureza foram de 0,83%, valor menor que o da Propriedade A, pois os índices pluviométricos das localidades são diferentes, e os índices pluviométricos de Novo Repartimento são maiores do que os de Goianésia, onde se localiza a propriedade B. O gasto emergético despendido com as chuvas é ainda o principal influenciador nesse índice, com 0,82%.

²⁵ Foram tomados como referências para a elaboração desta tabela os estudos de Odum (1996) e, com base em Sweeney et al. (2007), o dólar brasileiro foi considerado = $1,18E+13$ seJ/US\$.

Os recursos da economia despenderam 99,14 % de energia do sistema de plantio, dos quais 66,90 % foram com a mão de obra e 32,28 %, com materiais que possibilitaram a produção da banana. A mão de obra caracterizou maior representatividade pelos tributos pagos e pelos gastos com pagamento de trabalhadores. Nos materiais utilizados, fazemos a contabilidade dos insumos usados para plantio, como o NPK, que obteve a maior parcela – 27,53% – de energia despendida para plantio, enquanto que a eletricidade foi apenas de 4,75 % de energia, mesmo a Propriedade B possuindo irrigação artificial.

A energia total gasta na Propriedade B é de 4,50E+17seJ/ha/ano e a energia da unidade produtiva é de 1,2E+21 seJ/ano, considerando 27,2 hectares plantados nessa propriedade.

Na Tabela 4.13 a seguir, em cuja elaboração se utilizou o modelo de cálculo proposto na Tabela 2.2, será demonstrado o gasto emergético em recursos renováveis ou não renováveis, o recurso de economia (bens) e os serviços da Propriedade C. Ao final deste trabalho, estará a memória de cálculo (Apêndice 4) da coluna descrita como fluxo.

Tabela 4.13 – Avaliação emergética da Propriedade C²⁶.

Propriedade C											
Nota	Item	Fração renovável	Fluxo	Unidade	Intensidade Emergética	Referência	Energia renovável	Energia não renovável	Energia total	%	Energia(b)
			(/ha/ano)	(/ha/ano)	(seJ/ano)		(seJ/ano)	(seJ/ano)	(seJ/ha/ano)		(Em\$/ano)
RECURSOS DA NATUREZA (I)											
Renováveis (R)											
							3,58E+15	0,00E+00	3,58E+15	0,42	3,03E+02
1	Sol	1	5,33E+13	J	1,00E+00	(a)	5,33E+13	0,00E+00	5,33E+13	0,01	4,52E+00
2	Chuva	1	1,15E+11	J	3,06E+04	(a)	3,53E+15	0,00E+00	3,53E+15	0,42	2,99E+02
Não Renováveis (N)											
3	Perda de Solo	0	9,04E+08	J	1,24E+05	(a)	0,00E+00	1,12E+14	1,12E+14	0,01	9,50E+00
RECURSOS DA ECONOMIA (F)											
Materiais (M)											
							0,00E+00	5,43E+17	5,43E+17	64,05	1,28E+31
4	NPK	0	3,03E+04	kg	1,72E+13	(a)	0,00E+00	5,22E+17	5,22E+17	61,52	6,16E+30
5	Eletricidade	0	1,30E+11	J	1,65E+05	(a)	0,00E+00	2,14E+16	2,14E+16	2,52	2,52E+29
Serviços (S)											
6	Mão de obra	0	2,55E+04	US\$	1,18E+13	(b)	0,00E+00	3,01E+17	3,01E+17	35,52	3,55E+30
EMERGIA TOTAL (Y)											
									8,48E+17	100,00	1,64E+31

Referências:

a) Fonte: Odum (1996).

b) Dólar Brasil considerado = 1,18E+13seJ/US\$, baseado em Sweeney et al. (2007).

*No fim deste trabalho está a memória de cálculo (Apêndice 4), a qual foi detalhada no inventário da pesquisa do plantio de bananas.

²⁶ Foram tomados como referências para a elaboração desta tabela os estudos de Odum (1996) e, com base em Sweeney et al. (2007), o dólar brasileiro foi considerado = 1,18E+13 seJ/US\$.

Por meio da análise da tabela emergética 4.13, é possível verificar os insumos de todas as etapas do plantio na Propriedade C. Nota-se que os recursos da natureza tiveram o menor gasto emergético das três propriedades, com 0,44%, e seu maior contribuinte foi a chuva, devido ao nível de pluviosidade de Goianésia.

Os recursos da economia concentraram a maior representatividade, com quase 99,56 % de despendimento emergético, sendo que os materiais correspondem a 64,05 % desse valor. Nessa propriedade, o plantio obteve índices maiores que nas demais propriedades, pois foi empregado um maior quantitativo de adubação NPK de valor 61,52 %, elevando seu grau de representatividade. Já a mão de obra teve uma representatividade de 35,52 %, pois os funcionários não apresentam rotatividade na Propriedade C, sendo considerado um número suficiente para as atividades executadas. A Propriedade C pouco apresenta contratações extras nas demais fases de plantio até a colheita da banana.

A energia total do plantio da banana na Propriedade C foi de $8,48E+17$ seJ/ha/ano e a unidade produtiva, $8,4E+18$ seJ/ano, considerando-se, para esse cálculo da energia total, 10 hectares plantados nessa propriedade.

4.3.2. Cálculo do balanço de massa do beneficiamento da banana

O rendimento do beneficiamento da banana será determinado pela equação 4.1, baseada em Nogueira (1992), segundo o qual, de acordo com o processo produtivo, o rendimento do beneficiamento resultará em rendimentos diferentes.

$$\text{Rendimento total da produção} = (C/A) \times 100 \quad (4.1)$$

Nessa equação, “A” corresponde ao Peso das pencas que entram para produção e “C”, o Peso do produto produzido. A partir desse referencial, obtiveram-se os resultados demonstrados nas Figuras 4.8, para o doce de banana; 4.9, para a farinha de banana e 4.10, para os chips de banana, conforme sequência a seguir:

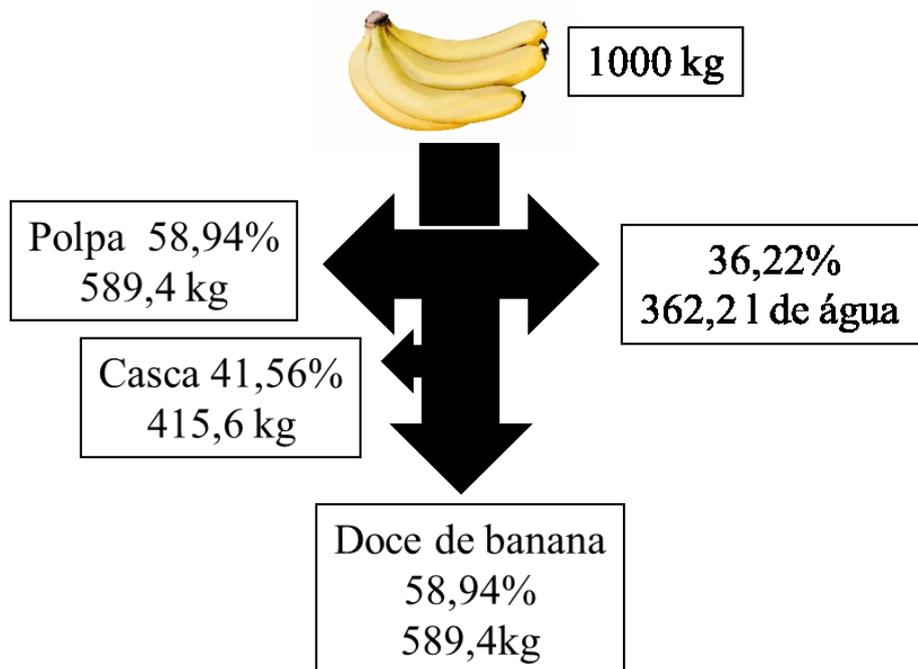


Figura 4.8 – Rendimento do doce da banana.

Na Figura 4.9, apresenta-se o demonstrativo do rendimento da banana beneficiada como farinha de banana:

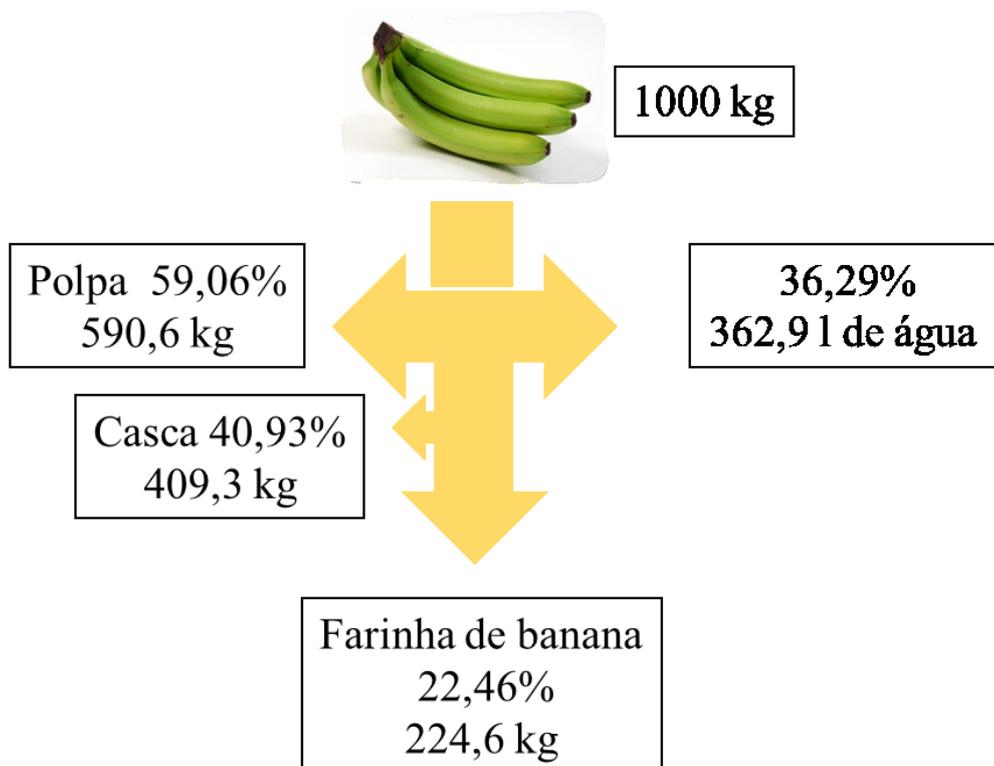


Figura 4.9 – Rendimento da farinha de banana.

Na Figura 4.10, há o resultado do rendimento da massa de banana quando beneficiada como chips de banana:

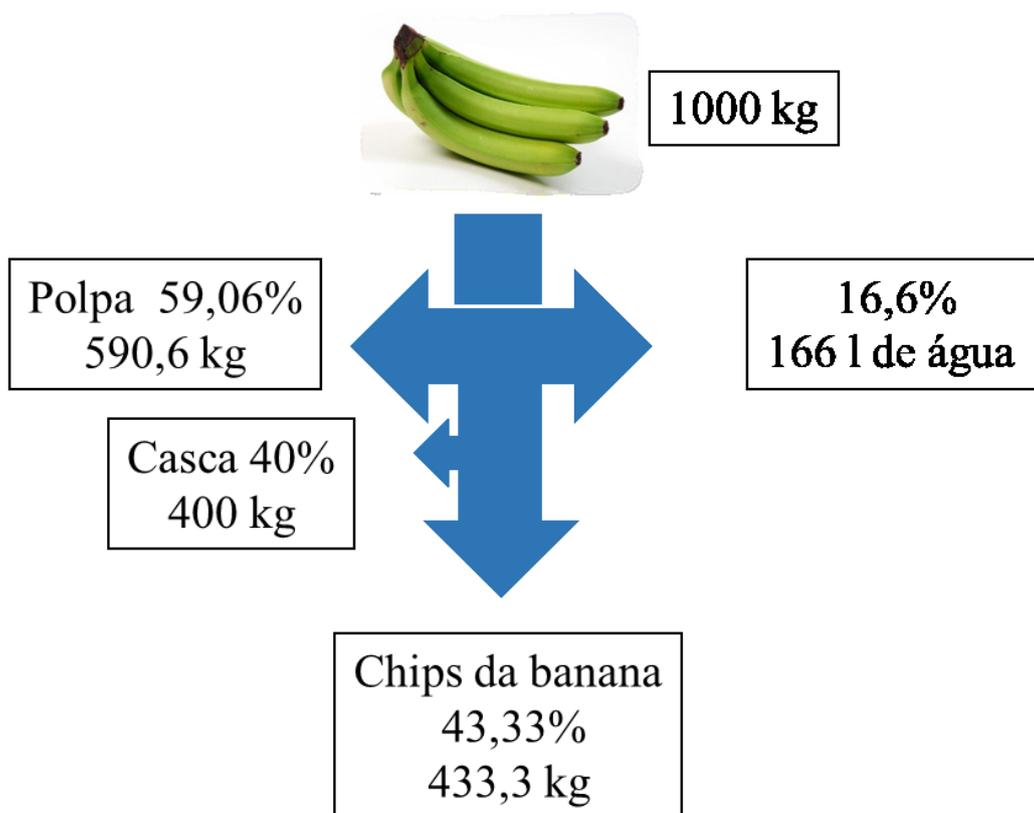


Figura 4.10 – Rendimento dos chips de banana.

Tabela 4.14 – Balanço de massa da banana beneficiada.

Balanço de massa de 1t de banana beneficiada							
	Quantidade	farinha da banana	%	doce da banana	%	chips da banana	%
Água evaporada	L	362,9	36,2%	362,2	36,20%	166,6	16,60%
Resíduos	Kg	409,3	40,9%	415,6	41,56%	400	40,00%
Produto	Kg	224,6	22,4%	589,4	58,90%	433,3	43,30%

Para o doce da banana, a Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco (1985) descreveu as seguintes formulações: para banana Nanica – 54,5% de polpa, 45,3% de açúcar, 0,2% de ácido tartárico, concentração até 80° Brix; para banana Prata – 55,5% de polpa, 44,4% de açúcar, 0,1% de ácido tartárico, concentração até 82° Brix. Outra

formulação foi proposta por Nogueira et al. (1992), na qual são misturados 62,5% de polpa de banana, 31,1% de açúcar e 0,4% de ácido cítrico dissolvido em 6% de água.

Para a farinha da banana, o rendimento depende do cultivo e da técnica utilizada. De modo geral, têm-se, por 100 kg de banana, 50 kg de polpa utilizável, que, após a secagem, resultarão em 10 a 11 kg de farelo com 6 a 8 % de umidade (BRASIL, 198-; MARTIN et al., 1985).

Para banana chips, em relação ao rendimento a partir do uso da banana verde, de modo geral, têm-se, por 100 kg de banana, 60 kg de fruta utilizável, que, após a fritura, resultarão em 40 kg a 11 kg de chips de banana, segundo Trindade et al. (2017) determinaram na macaxeira.

A viabilidade de beneficiamento também se mostrou favorável economicamente nas três formas beneficiadas.

4.3.3. Viabilidade econômica do beneficiamento da banana

Os dados basearam-se na pesquisa de Ducati et al. (2014), que realizaram estudo de viabilidade econômica na fábrica de doces de frutas da Empresa Alfa, localizada em Biguaçu, Grande Florianópolis, na comunidade de Sorocaba. Fazendo-se uma estimativa de implantação de uma indústria beneficiadora da banana, no Estado do Pará, para três tipos de subprodutos: doce da banana, farinha da banana e chips da banana, utilizou-se o estudo de Ducati et al. (2014) como norteador, com o objetivo de avaliar a viabilidade de implantação e analisar custos e benefícios da implantação industrial.

Além de detalhar o processo de fabricação dos subprodutos da banana, cabe ressaltar que, para a realização da análise do processo de fabricação dos subprodutos da banana, o conhecimento dos custos é imprescindível para a tomada de decisão com maior precisão por parte dos gestores e é importante para a empresa.

4.3.3.1. Custos da produção industrial da indústria beneficiadora de banana

Com base no estudo de caso, a empresa estimada contará com três processos produtivos: uma linha de produção de doces, uma de farinha e uma de chips da banana, nos quais se utilizará a banana *in natura* como matéria-prima.

Os custos fixos e variáveis para a implantação da indústria da banana serão descritos por tipo de processamento, na Tabela 4.15 a seguir. O detalhamento dos custos da

implantação da usina (maquinários e custos de implantação industriais) estão ao final do trabalho, no Apêndice 5.

A capacidade produtiva diária é de 1000 kg; utilizou-se a quantidade da unidade funcional estabelecida no ciclo de vida, esse quantitativo será de cada subproduto produzido, gerando um total de 3.168 t/ano, pois tem seu regime de trabalho de 8 h/dia resultando 176 h/mês, o que gera 176.000 t/mês.

Tabela 4.15 – Custos fixos e variáveis da produção de beneficiamento da banana.

Doce da banana		
Especificação	Valor (R\$)	R\$/t
Custos operacionais para a capacidade de 3.168 t/ano		
Custos Fixos	310.239,06	97,93
Depreciação dos equipamentos	3.957,50	1,25
Pró-labore mão de obra administrativa	133.326,48	42,09
Pró-labore da mão de obra industrial	166.423,08	52,53
Depreciação predial	4.000,00	1,26
Manutenção	2.532,00	0,80
Custos Variáveis	1.020.160,00	322,02
Matéria-prima	286.000,00	90,28
Material de embalagem	696.960,00	220,00
Combustíveis para transportes	4.200,00	1,33
Energia elétrica	28.000,00	8,84
Despesas comerciais	5.000,00	1,58
CTP (Custo Total da Produção)	1.330.399,06	419,95
Farinha da banana		
Especificação	Valor (R\$)	R\$/t
Custos Fixos	308.528,06	97,39
Depreciação dos equipamentos	2.246,50	0,71
Pró-labore mão de obra administrativa	133.326,48	42,09
Pró-labore da mão de obra industrial	166.423,08	52,53
Depreciação predial	4.000,00	1,26
Manutenção	2.532,00	0,80
Custos Variáveis	654.560,00	206,62
Matéria-prima	316.800,00	100,00
Material de embalagem	295.680,00	93,33
Combustíveis para transportes	5.400,00	1,70
Energia elétrica	31.680,00	10,00
Despesas comerciais	5.000,00	1,58
CTP (Custo Total da Produção)	963.088,06	304,01
Chips da banana		

Especificação	Valor (R\$)	R\$/t
Custos Fixos	308.814,06	97,48
Depreciação dos equipamentos	2.532,50	0,80
Pró-labore mão de obra administrativa	133.326,48	42,09
Pró-labore da mão de obra industrial	166.423,08	52,53
Depreciação predial	4.000,00	1,26
Manutenção	2.532,00	0,80
Custos Variáveis	578.280,00	182,54
Matéria-prima	250.000,00	78,91
Material de embalagem	295.680,00	93,33
Combustíveis para transportes	3.600,00	1,14
Energia elétrica	24.000,00	7,58
Despesas comerciais	5.000,00	1,58
CTP (Custo Total da Produção)	887.094,06	280,02

O custo unitário do produto final depende dos custos dos insumos, que variam em cada processo produtivo; depende ainda da margem de contribuição variável, pois, quanto maior for seu valor, maior será a rentabilidade do negócio, como demonstrado na Tabela 4.16 a seguir:

Tabela 4.16 – Custo unitário e margem de contribuição do beneficiamento da banana.

Doce da Banana		Farinha da Banana		Chips da Banana	
	R\$		R\$		R\$
Custo Unitário (1kg)	4,47	Custo Unitário (1kg)	13,38	Custo Unitário (1kg)	7,07
Capacidade instalada (t/ano)	3.168 t/a	Capacidade instalada (t/ano)	3.168 t/a	Capacidade instalada (t/ano)	3.168 t/a
Custo Unitário total (1kg)	2,47	Custo Unitário total (1kg)	13,91	Custo Unitário total (1kg)	7,30
Preço de Venda (sugerido 100%)	4,93	Preço de Venda (sugerido 100%)	27,82	Preço de Venda (sugerido 100%)	14,61
Custos Insumos - R\$		Custos Insumos - R\$		Custos Insumos - R\$	
Embalagem- Pote com 500 g	0,24	Embalagem- Saco para 1kg	0,20	Embalagem- Saco para com 500g	0,10
selo de vedação	0,03	selo de vedação	0,03	selo de vedação	0,03
Rótulo	0,01	Rótulo	0,01	Rótulo	0,01
caixa de papelão*	0,05	caixa de papelão**	0,06	caixa de papelão***	0,02
Banana	1,50	Banana	3,00	Banana	3,00
Açúcar	0,62			sal	0,01
Custo da materia prima (P/1kg)	2,58	Custo da materia prima P/(1kg)	13,38	Custo da materia prima P/ (1kg)	6,90
Custo da materia prima (500g)	1,29	Custo da materia prima P/(500g)	6,69	Custo da materia prima c embalagem (200g)	1,54
Custo da materia prima c embalagem (500g)	2,24	Custo da materia prima c embalagem (1kg)	13,68	Custo da materia prima c embalagem (1kg)	7,07
Contribuição Variável		Contribuição Variável		Contribuição Variável	
Preço de Venda (500g)	4,93	Preço de venda Sugerido (1kg)	27,36	Preço de venda Sugerido (1kg)	14,61
(-) despesas com insumos	3,23	(-) despesas com insumos	13,41	(-) despesas com insumos	6,94
Margem de Contribuição unitária	1,71	Margem de Contribuição unitária	13,95	Margem de Contribuição unitária	7,67
Imposto		Imposto		Imposto	
Preço de fabricação (500g)	2,24	Simple Nacional		Simple Nacional	
Alíquota	8,04%	Alíquota	0,08	Alíquota	0,08
Imposto	0,23	Imposto	0,23	Imposto	0,23
Preço Final	2,47	Preço Final com imposto	13,91	Preço Final com imposto	7,30
*Impostos: empresa com receita bruta de 540.000 a 720.000 : alíquota = 8,04% Fonte: fazenda.gov.br					
* os custos das embalagens, que representam cerca de 70% do insumo total.					
*Caixa valor R\$ 1,8 cabem 24 potes					
**Caixa valor R\$ 1,8 cabem 50 sacos					
***Caixa valor R\$ 1,8 cabem 50 sacos					
Fonte: Ducati, 2014 (adaptado)					

A próxima fase é a análise econômica da viabilidade de implantação da indústria de beneficiamento da banana, demonstrado na Tabela 4.17, baseada em Matsunaga et al. (1976) apud Dourado (1999). Essa análise determinará o ponto de nivelamento, a margem de segurança e a taxa de retorno do empreendimento, conforme se verifica a seguir:

Tabela 4.17 – Análise econômica do beneficiamento da banana.

	Produção (kg/mês)	Valor R\$	Despesas (mês)	Receita (mês)	Ponto de Nivelamento (PN)	Margem de Segurança (MS)	Taxa de Retorno (TR)
Doce da banana	176.000	R\$ 786.931,20	R\$ 110.919,08	R\$ 676.012,12	269.792,15	0,97	0,51
Chips da banana	176.000	R\$ 1.285.433,60	R\$ 73.947,84	R\$ 1.211.485,76	60.729,92	-0,27	1,37
Farinha da banana	176.000	R\$ 4.895.968,00	R\$ 481.696,03	R\$ 4.414.271,97	35.203,16	-0,78	4,58

Para melhor visualização do retorno do investimento na produção de subprodutos da banana, teremos a análise de custo para 1 kg de banana *in natura*, confrontado com 1 kg de banana beneficiado nas três formas estudadas na tabela 4.18 a seguir:

Tabela 4.18 – Preço do quilograma da banana *in natura* x banana beneficiada.

Espécie	Preço (1kg)	Kg necessários	Preço (kg)	Beneficiamento	Preço (1 kg)	Lucro	%
banana verde	R\$ 3,00	4,46	R\$ 13,38	farinha da banana	R\$ 27,82	R\$ 14,44	51,90
prata/nanica	R\$ 1,50	2,30	R\$ 6,90	chips da banana	R\$ 7,30	R\$ 0,40	5,53
		1,72	R\$ 2,58	doce da banana	R\$ 4,93	R\$ 2,35	47,68

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Interpretação do Ciclo de Vida

O cultivo da banana mostrou-se favorável economicamente nas três propriedades estudadas. A Propriedade A tem uma taxa de retorno de 60% por hectare de banana colhida. O ponto de nivelamento também confirma o razoável desempenho econômico da propriedade analisada, pois seu ponto de nivelamento é de 9.070 kg/ha para a receita se igualar aos custos. Esse mesmo desempenho pode ser observado no resultado da margem de segurança, que corresponde a -0,40, condição que revela que, para a receita se igualar à despesa, a quantidade produzida, ou o preço de venda do produto, pode cair em até 40%, que não prejudicará o produtor.

Na Propriedade B, o retorno sobre o investido é 37 %, e o ponto de nivelamento também confirma o ótimo desempenho da banana na propriedade, já que será necessária uma produtividade de 10.361,65 kg/ha para a receita se igualar aos custos. Assim, o resultado da margem de segurança, que corresponde a -0,34, revela que, para a receita se igualar à despesa, a quantidade produzida, ou o preço de venda do produto, pode cair em até 34 %.

Na Propriedade C houve 17 % de retorno sobre o investimento, e o ponto de nivelamento foi favorável, pois será necessária uma produtividade de 2.135,18 kg/ha para a receita se igualar aos custos obtidos. O desempenho pode ser observado no resultado da margem de segurança, que corresponde a -0,83, condição que revela que, para a receita se igualar à despesa, a quantidade produzida, ou o preço de venda do produto, pode cair em até 83 %.

Quando comparadas ao estudo realizado por Araujo (2003), referente à análise econômica de produção de banana na região do Submédio do São Francisco, as três propriedades obtiveram boas taxas de retorno de investimento, visto que aquela região teve taxa de retorno de 34 %, uma vez que a Propriedade A com 60 % é o dobro da propriedade do São Francisco, da propriedade B se aproximou mais, pois esta teve 37% de taxa de retorno e a propriedade C com 17% é a metade do retorno da propriedade do Submédio São Francisco. Considerando esses valores a propriedade B mostrou-se com valores bem parecidos ao estudo comparativo em questão. Além disso, no a propriedade C com 2.135,18 é a que tem menor ponto de nivelamento, confirma o razoável desempenho econômico, pois terá de alcançar produtividade de 2.135,18 kg/ha para a receita atingir os custos. Assim, sua

margem de segurança, que correspondeu a -0,83%, revela que, para a receita se igualar à despesa, a quantidade produzida, ou o preço de venda do produto pode cair em até 83 % que não gerará prejuízos ao produtor, representando a produção mais confiável de investimento, que obteve margem de 83 % de segurança.

Quanto aos impactos ambientais, o cálculo da pegada hídrica de cada propriedade foi medido a partir do gasto hídrico da necessidade da cultura cultivada, utilizando-se referências de dados do INMET, de acordo com Hoekstra (2011). Dessa forma, o estudo apontou que a Propriedade A, localizada em Novo Repartimento possui gasto hídrico total de 228.940 litros/t em 8 hectares de banana plantada (tamanho da propriedade A) e 15.000 kg/ha colhido.

A Propriedade B teve gasto médio de 59.930 litros/t de banana produzida, considerando-se o uso de irrigação artificial do modo de microaspersores, em uma área de 27,2 hectares e 57.352 kg/ha colhido, e a Propriedade C gasta, para produzir sua banana, em média 113.710 litros/t, em 10 hectares de terra de plantio de banana e 30.250 kg/ha de banana colhido.

A pegada hídrica, segundo Hoekstra (2011), é importante para determinar o consumo de água total ao longo de sua cadeia produtiva. Destacando-se a água azul, advinda de irrigação, e a água das chuvas, considerando-se que 90 % da água utilizada são necessários na fase de plantio e de formação do fruto. São os oito meses iniciais do ciclo da planta que utilizam a maior parte desse percentual, os outros 10 % correspondem à lavagem, que ocorre após a colheita. A Figura 5.1 mostra o percentual do gasto hídrico em cada Propriedade:

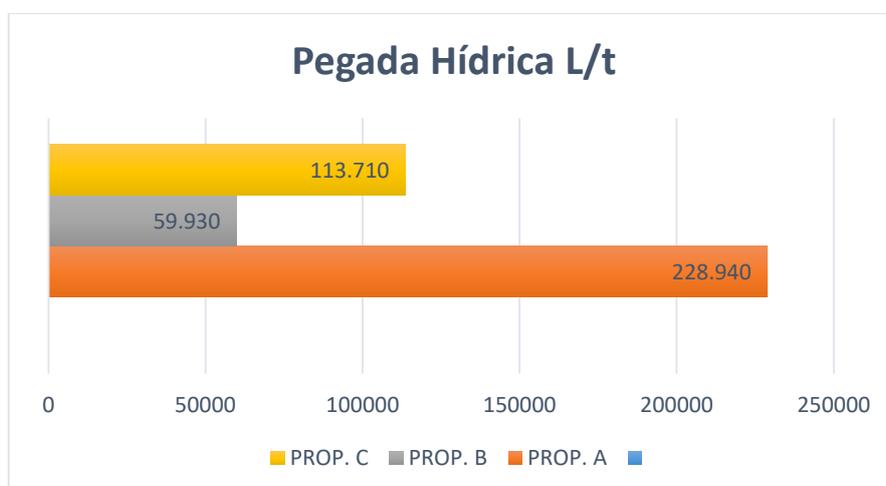


Figura 5.1 – Pegada Hídrica das Propriedades A, B e C.

A Propriedade A tem maior gasto hídrico que as Propriedades B e C, devido ao valor da evapotranspiração da localidade de Novo Repartimento ser maior e sua produtividade não ser tão alta. Porém, nos estudos de Hoekstra (2011), a banana teve gasto de 860 litros/kg, o valor que mais se aproxima é o da Propriedade A, neste estudo de caso.

A banana, por sua alta exigência hídrica na fase de formação do fruto, iguala-se a frutas como manga, laranja e maçã, que apresentam índices de gasto hídrico de 510 litros/6,25 kg, 120 litros/4,06 kg e 80 litros/4,06, respectivamente, segundo Ingwersen (2012). A partir do uso da Pegada Hídrica, as empresas, os produtores e a sociedade podem conhecer a importância dos gastos hídricos e quanto eles impactam ao meio ambiente, além disso, podem obter informações sobre a disponibilidade de água, e, a partir disso, tomar decisões com o objetivo de compensar as interferências de maneira eficaz.

Outro impacto estudado, a pegada do carbono, levou em consideração a emissão de CO₂ nas principais fases do plantio da banana. Na Propriedade A, foram emitidos 62,69 CO₂/t de banana produzida, aproximadamente 0,06 CO₂eq./kg de banana. Na Propriedade B, foram emitidos 195,64 CO₂/t de banana produzida, aproximadamente 0,19 CO₂eq./kg de banana. Na Propriedade C, foram emitidos 380,96 CO₂/t de banana produzida, aproximadamente 0,38 CO₂ eq./kg de banana. Nesse contexto, notou-se que mais de 98 % das emissões de carbono foram ocasionadas na fase de exploração agrícola, apresentada na (Figura 5.2):

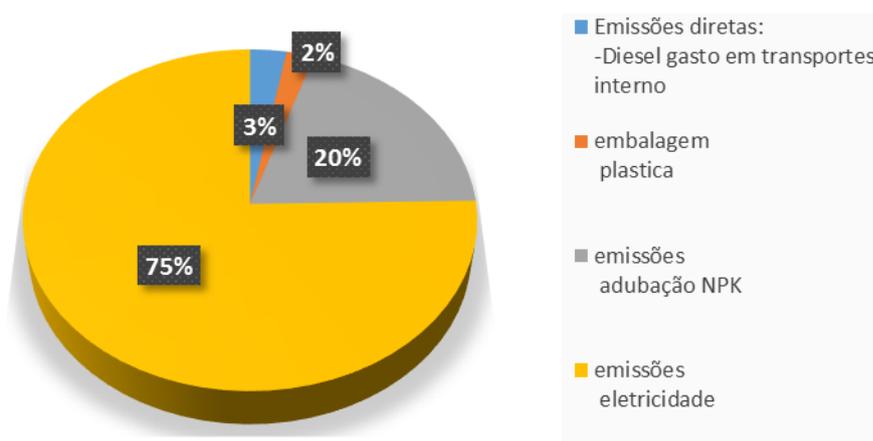


Figura 5.2 – Porcentagem da Pegada de Carbono das Propriedades A, B e C.

Mais da metade da pegada do carbono, cerca de 75% emitidos nas propriedades, vem das emissões com eletricidade, utilizadas para irrigação. Quando comparamos os valores, tem-se que a propriedade C a pegada foi 0,38 Kg CO₂ eq./kg de banana. Na

propriedade A esse valor é apenas 0,06 Kg CO₂ eq./kg de banana. Observa-se esse valor tão baixo é devido a falta de irrigação artificial, ou seja, ele é da ordem de aproximadamente 6,5 vezes menor do que da propriedade C. Cada propriedade, tem uma maneira específica de plantio e suas emissões resultam no meio ambiente. Economicamente, as propriedades que utilizam somente irrigação natural lucram mais, porém não se pode garantir o ano inteiro de safra, pois, no período de seca, a irrigação artificial é determinante, assim como no estudo de Ingwersen (2012), que utiliza cerca 75% para refrigeração de seus produtos e essa conservação é a causa da maior emissão de carbono do seu estudo. Cerca de 20 % das emissões do plantio das bananas vem do uso de fertilizantes, seguidos pelas emissões com uso do transporte interno, situação em que 3 % das emissões são de diesel e 2 % são emissões das embalagens plásticas que são retornáveis. O estudo de pegada de carbono de bananas de Svanes et al. (2013) indicou que 67 % das emissões são provenientes da fase de transporte, por contemplarem utilização de *containers* refrigerados durante o transporte para outros países, aumentando, assim, as emissões de GEE.

Na análise emergética realizada da produção da banana, partindo-se da definição de energia, que visa reconhecer todos os insumos diretos e indiretos que compõem a memória emergética de um produto ou serviço, medidos em seJ ou *emjoule solar*, foi contabilizado, por meio de coleta de dados, que os gastos na Propriedade A são de 3,44E+17 seJ/ano; na Propriedade B, são de 4,29E+17 seJ/ano e, na Propriedade C, são de 8,27E+17 seJ/ano, ou seja, a energia total despendida na Propriedade C é 2,4 vezes maior que a da Propriedade A e 1,9 maior que a da Propriedade B. Comparando-se os recursos da natureza da Propriedade A com os das demais propriedades, a energia foi o único recurso em que a Propriedade A se sobrepôs às demais propriedades.

Dessa forma, pode-se dizer que a Propriedade B e a Propriedade C fazem mais uso dos recursos da economia do que a Propriedade A, pelo fato de promoverem mais investimentos em mão de obra e em insumos para aumento da produtividade. A Propriedade C tem gasto maior com adubação do que com mão de obra, pois ela prefere investir no plantio e no período de formação do fruto, a fim de garantir a qualidade e a produtividade do plantio. A Figura 5.3 mostra o resumo da contabilidade emergética das três propriedades:

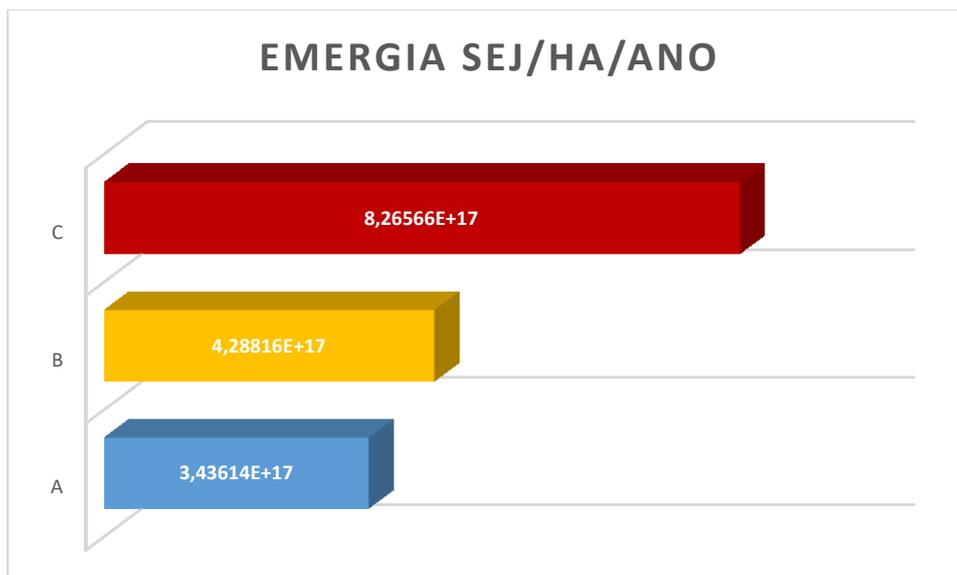


Figura 5.3 – Emergia nas Propriedades A, B e C.

No estudo realizado em bananas em Guadalupe, o gasto energético foi de $1,4E+11$ seJ/por porção e, nos estudos em banana, mamão e goiaba realizados no Sul da China por Lu et al. (2009) apud Ingwersen (2012), a emergência foi de $1,2E+11$, $4,7E+11$ e $2,3E+11$ seJ/por porção. Desse modo, verifica-se que os valores dos resultados do estudo realizado na China são maiores principalmente na fase agrícola, assim como neste estudo com bananas na região do Lago de Tucuruí.

5.2. Comparação com estudos de ACV

Diversos cultivares frutíferos, como os de abacaxi, maçã, mamão, laranja e manga, já tiveram a ferramenta ACV empregada, a fim de relacionar estudos de gestão e boas práticas de redução de impactos por seus agricultores. Segundo Notarnicola et al. (2017), mesmo que abordem de maneiras diferenciadas os estudos de ACV, faz-se necessária a aplicação dessa ferramenta.

Dos impactos mais relevantes apresentados em diversos desses estudos, a pegada hídrica é um importante fator de emissão medido, como mostra a Tabela 5.1, que apresenta os resultados de alguns cultivares frutíferos:

Tabela 5.1 – Resultados da PH da banana e de outros produtos.

Referência	Produto	PH litros/kg
Este trabalho (2018)	Banana	134 litros/kg
Blanke e Burdick (2009)	Maçãs	9,68 litros/ kg
Pimentel (2009)	Laranjas	29,55 litros/ kg
Ridoutt et al. (2009)	Manga	81,6 litros/ kg

Fonte: Ingwersen, 2012 (Adaptado).

Comparando com os demais cultivares frutíferos a banana se sobrepõe ao consumo de água em litros/kg. Assim a banana gasta 13 vezes mais água que as maçãs de Blanke e Burdick (2009), 4,5 vezes que as laranjas de Pimentel (2009) e 1,6 vezes mais que as mangas de Ridoutt et al. (2009), nota-se que esses cultivares dependem também de muita de água para serem produzidos. O fator complicativo é que eles também adotaram critérios de avaliação diferentes daqueles adotados neste trabalho.

A pegada de carbono da banana, em recente estudo realizado por Svanes et al. (2013), foi de 1,37 CO₂/ kg de banana produzido. Os pesquisadores relataram que os principais contribuintes para as emissões de GEE foram o transporte, que depende da utilização de *container* refrigerado, e locomoção de distâncias longas para chegar ao destino final. Ao compararmos esse estudo, que teve emissões médias de 0,213 CO₂ eq./kg, o valor mais próximo encontrado foi o do estudo com bananas de Lescot (2012) que ficou entre 0,324 e 1.124 de CO₂ eq./kg de emissões (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Comparação com outros autores.

Resultados da PC publicadas para produtos de fruta		
Referência	Produto	PC (CO ₂ eq. / kg)
Este trabalho (2018)	Banana	0,213
Svanes et al. (2013)	Banana	1,37
Machado et al. (2009)	Banana	11 g
Luske (2010)	Banana	1.123
Lescot (2012)	Banana	0,324 - 1.124
Davies et al. (2011)	Maçãs	0,21
Mordini et al. (2009)	Laranjas	0,08 - 0,33
Xiloyannis et al. (2011)	Kiwis	1,74

Fonte: Svanes et al., 2013 (Adaptado).

Nas três propriedades estudadas, as bananas tiveram resultados 0,062; 0,195 e 0,381 kg CO₂ – produto eq./kg, respectivamente, para 1 kg de banana produzida, e média de 0,214 kg CO₂ – produto eq./kg. Esses resultados aproximam-se do valor de Lescot (2012), (Tabela 5.2) e do valor de Davies et al. (2011), do estudo com maçãs.

5.3. Resultado do balanço de massa e do beneficiamento da banana

5.3.1. Resultado do balanço de massa

Observou-se que, nos três tipos de beneficiamento, o peso do produto beneficiado correspondeu a 40 % do peso do produto *in natura* e que a variação de água evaporada foi semelhante nos processos de fabricação da farinha e do doce da banana, porém mostrou-se inferior no processo da banana chips.

Já em relação ao rendimento do produto pronto, a produção do doce de banana mostrou-se mais favorável, pois ela gerou 589 kg de doce a cada 1000 kg de banana processados, enquanto a banana chips rendeu 533 kg e a farinha apenas 224 kg de produto acabado. Esses dados são semelhantes aos resultados obtidos por Borges et al. (2009), segundo o qual o produto beneficiado rendeu apenas 12,63 kg de farinha, num total de 87 kg de banana processados.

5.3.2. Resultado da viabilidade econômica do beneficiamento da banana

A estimativa de implantação da indústria de beneficiamento da banana mostrou-se muito favorável quanto ao rendimento econômico, social e de reaproveitamento do fruto.

Com o auxílio da utilização de irrigação, a banana é uma fruta de fácil acesso o ano todo, tem uma alta comercialização, mas também um alto índice de desperdício, por conseguinte, a sua industrialização auxilia no reaproveitamento da fruta madura e de seus resíduos.

Dentre os processos de aproveitamento do fruto, destacamos o doce da banana, que se mostrou economicamente viável, gerando um lucro de 48 % a cada quilograma produzido; destaca-se a farinha da banana, com 51% de lucro e, por último, a banana chips, com lucro de 6 % dos subprodutos estudados neste trabalho.

O investimento inicial requer estudo de compra de utensílios e metodologias adequadas de manejo do processo produtivo, porém ainda se encontram muitas dessas atividades de maneira artesanal, o que dificulta a absorção de um volume muito maior do produto, encarecendo o produto final.

Com capacidade de processar 3.168 kg de cada subproduto por dia, a fábrica de banana, que conterà três linhas de produção, produzirá 176.000 kg/mês de cada subproduto beneficiado.

O custo total de produção (CTP) do beneficiamento da banana apresentou maior índice na produção da banana doce, com valor de 1.330.399,06, enquanto o da farinha da banana apresentou valor de 963.088,06 e o da banana chips apresentou valor de 887.094,06. Isso resultou em 419,95 por tonelada produzida de doce, 419,95 por tonelada produzida de farinha e 280,02 por tonelada produzida de banana chips.

O custo unitário de produção de 1 kg de doce de banana produzido mostrou-se mais em conta, com valor de 4,40, seguido pela banana chips, que foi de 7,07 e depois pela farinha de banana, com valor de 13,38, para posteriormente ganhar o preço de mercado. Depois de associado o preço de venda sugerido, a margem de contribuição surge, reduzindo-se as despesas, mostrando-se mais favorável na farinha da banana, com valor de 13,95, seguida da banana chips, de 7,67 e, por último, do doce da banana, com valor de 1,71, evidenciando que quanto maior for a margem de contribuição, maior a possibilidade de ganhos no negócio.

A análise da taxa de retorno de 51 % de lucro por mês, para o doce da banana; 137% para os chips da banana e 45% para a farinha da banana (conforme descrição na Tabela 4.17) confirma o retorno do investimento. O ponto de nivelamento também confirma o bom desempenho econômico da implantação da agroindústria de beneficiamento analisada, pois será necessária uma produtividade de apenas 269.792,15 kg de doce de banana para a receita se igualar aos custos, ou seja, em menos de dois meses atingir-se-ia esse resultado. No caso da banana chips, 60.729,92 kg de chips da banana produzidos para a receita se igualar aos custos, ou seja, em menos de um mês isso aconteceria, e a farinha precisaria de 35.203,16 kg para a receita se igualar aos custos, quantidade que corresponde à produção de menos de um mês. Esses resultados provam o bom investimento nesse ramo de negócio.

Esse mesmo desempenho pode ser observado no resultado da margem de segurança, que corresponde a 0,97, condição que revela que, para a receita se igualar à despesa, a quantidade produzida ou o preço de venda do produto pode cair em até 97 %, que não prejudicará a fabricação do doce da banana, 27 % para a banana chips e 78 % para a farinha da banana.

5.4. Resultado Comparativo da ACV da banana

A análise do Ciclo de vida proporciona a visualização dos aspectos que precisam ser melhorados no processo e quais podem ser reduzidos, modificados e ainda, melhor explorados. De acordo com o fluxo inicial do estudo da ACV da banana na região do lago demonstrado na figura 4.1, onde verificou-se que desde o plantio algumas práticas poderiam ser melhoradas, sugere-se um novo formato de acordo com a figura 5.4 que sugere a mudança de algumas etapas como a de transporte interno, irrigação e utilização de fertilizantes.

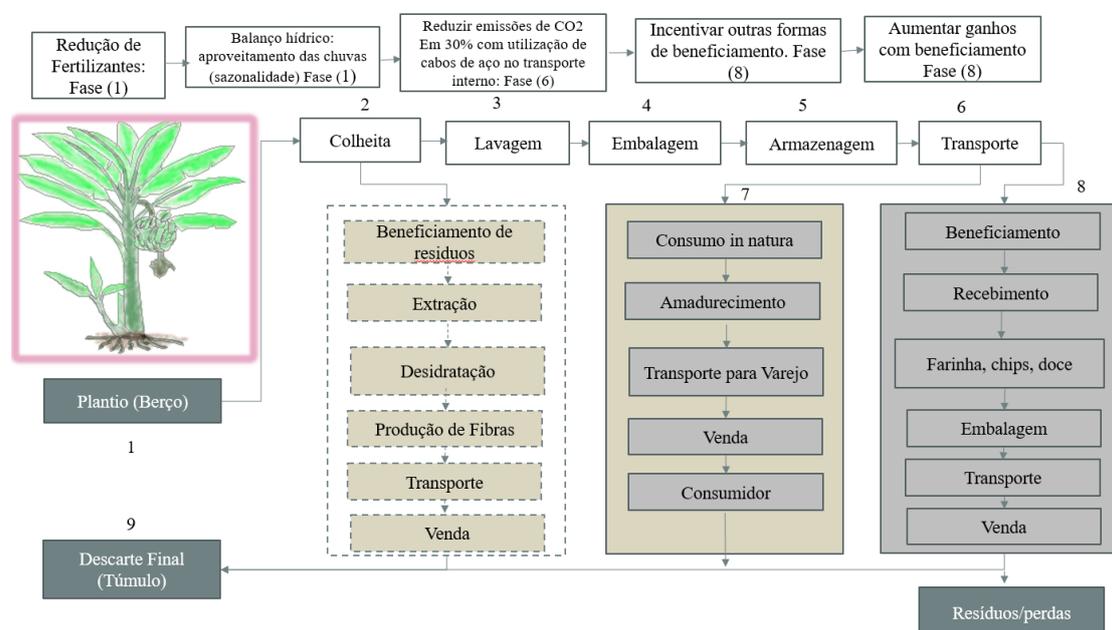


Figura 5.4 – Fluxo sugerido do estudo da ACV da banana

A Figura 5.4 sugere algumas alterações com base nos resultados adquiridos na pesquisa para o fluxo da ACV da banana. Nela evidenciam-se os processos que podem ser melhorados e minimizados, como a redução de fertilizantes em 15 %, adotado por Svanes et al. (2013), e o reaproveitamento da água de reuso para irrigação, como sugere Hoekstra et al. (2011) para a agricultura. Além da redução em 30 % de emissões de CO2 com a substituição do uso de cabos de aço no transporte interno da banana, evitando a utilização de tratores.

A necessidade mensal de água segundo a EMBRAPA, 2001 reitera que os maiores produtores de banana têm uma precipitação total anual de 1.900 mm, no decorrer do ano, ou

seja, representando 160 mm/mês e 5 mm/dia. Porém a região do estudo apresenta alta pluviosidade anual, e na prática isso não ocorre, devido a sazonalidade, segundo Fisch et al. (1990) a característica climática desta região próxima ao lago de Tucuruí tem em sua peculiaridade duas estações bem distintas, onde há um período de muita intensidade pluviométrica de dezembro a maio, com precipitação elevadas com valores 500-600 mm/mês, bem superiores aos determinados pelo estudo da EMBRAPA, 2001; e outro período seco de junho a novembro, com queda nas precipitações, com valores de 30 mm/mês, no entanto muitas das vezes não se faz necessário o uso de irrigação.

O Estudo pluviométrico de Sanches et.al, 2005 demonstra que as chuvas na região, ficam entre 25 a 5 mm/dia, o que não exigem a irrigação na maior parte do tempo, através do estudo da sazonalidade é possível realizar a irrigação de forma eficiente, afim de evitar o desperdício tanto da água, quanto da energia gasta com o bombeamento.

Recomenda-se que os plantios utilizem espaçamentos de 2 m² a 27 m² por planta (maiores densidades), onde a produção pode chegar a 28,7 T/ha (entre 5.000 e 3.332 plantas/hectare), enquanto que nas menores densidades é de 17,4 T/ha (1.666 plantas/hectare).

Além disso, evidenciou-se que o beneficiamento é uma fase importante para os ganhos dos produtores e sua verticalização deveria estar inserida como uma fase primordial no processo produtivo da cadeia da banana, e seus resíduos deveriam fazer parte da produção como um novo subproduto do processo, gerando mais renda e reduzindo impactos com menos geração de resíduos, melhorando a cadeia financeira e socialmente.

6. CONCLUSÃO

Este estudo foi realizado com o objetivo de analisar a cadeia produtiva da banana no Lago de Tucuruí, por meio do uso da ferramenta de ACV, a qual possibilitou o mapeamento do processo produtivo desde o plantio, venda até o seu possível beneficiamento, fomentando ainda o reaproveitamento de resíduos e estimulando a produção mais sustentável.

Dessa forma, os objetivos foram alcançados, uma vez que se conseguiu quantificar os custos da produção da banana e de seus subprodutos e avaliar os impactos gerados ao longo de sua cadeia produtiva e destacar como tais impactos influenciam ambientalmente na sociedade. Para esse fim, foi necessário conhecer a cadeia produtiva da banana e realizar a aplicação da ferramenta ACV nos processos que abrangem essa cadeia.

Foram sugeridas melhores práticas para a cultura da banana, desde o plantio até a venda. Desse modo, o agricultor poderá potencializar o beneficiamento do produto na região. Isto, evidenciará a viabilidade de uma agroindústria, para a produção de subprodutos da fruta e aprimoramento do sistema produtivo.

O trabalho também focou na preocupação com o meio ambiente, com o aquecimento global e no cuidado com emissões superiores aos índices permitidos nas normas.

Verificou-se, de acordo com os resultados obtidos, que a propriedade que mais utiliza energia elétrica é a propriedade C com a utilização da irrigação. No beneficiamento simulado, a farinha da banana é a campeã com gastos de energia. A etapa de descarte dos resíduos de beneficiamento da banana mostrou-se elevada nos processos produtivos, cerca de 40% da casca são desperdiçados, o que sugeriu sua utilização para produzir outros subprodutos, tais como ração e farinha.

As sugestões apresentadas fornecem alternativas e modelos sustentáveis, que sirvam de referência para o desenvolvimento de programas de políticas públicas focados no cultivo e na produção da banana e de seus derivados.

Os custos da produção da banana mostraram-se favoráveis, pois as taxas de retorno são baixas e sua margem de segurança é confiável. Além dos valores atrativos para seu beneficiamento, a produção de subprodutos da banana mostrou-se rentável. Enquanto isso, os impactos ambientais precisam ser reduzidos com práticas que demandem a redução da

utilização de água potável para irrigação, criando alternativas de utilização de água da chuva, ou aproveitando água de reuso.

A ferramenta ACV mostrou-se eficaz na avaliação da medição de impactos e contribuições de sistemas, porém tal metodologia ainda é pouco abordada na literatura. Seu método de cálculo não é rígido, o que permite que o autor possa buscar seus métodos de cálculos a fim de obter os dados que desejar.

Este estudo de produção da banana foi realizado a partir de métodos já utilizados por outros pesquisadores como Hoekstra, 2011, Odum, 1996 e Dowdey, 2013 que quantificaram apropriadamente o uso da água, energia e as emissões de CO₂ ao meio ambiente respectivamente. Utilizou-se esses fatores e mais o estudo financeiro baseado em Matsunaga, 1992 para calcular –se o retorno financeiro do ciclo de vida da banana, do seu plantio até seu beneficiamento.

É importante ressaltar que os subprodutos da bananicultura são pouco explorados no Brasil e na região norte, com a preocupação ambiental, a banana surge no cenário como uma fonte renovável de seus resíduos e biodegradável.

O governo, por sua vez, tem papel importante no desenvolvimento da bananicultura, com o desenvolvimento e a disponibilização de apoio técnico e financeiro, pois é importante identificar como principais fatores-chave de sucesso na produção e comercialização da banana *in natura* e industrializada, três fatores que devem ser considerados e são essenciais: produtividade, qualidade e planejamento.

A melhoria dos processos da cadeia da banana torna-se necessária, haja vista que a região do Lago de Tucuruí contém um dos maiores produtores nacionais de banana, que é o município de Novo Repartimento.

Possíveis extensões do trabalho podem estar relacionadas a: i) Necessidade de pesquisa de um modelo padrão da ferramenta ACV para aplicação em demais cultivares da região como: açaí, cupuaçu entre outras, ii) pesquisas voltadas para o agronegócio e incentivo enfatizando o custo/benefício da verticalização da produção primária; iii) Ressalta-se a necessidade de desenvolvimento de pesquisa em software com dados nacionais de fácil acesso e difusão em empresas e na agroindústria, para conhecimento de emissões e possíveis diminuições dos impactos sobre a biodiversidade, recursos hídricos e impactos de defensivos agrícolas, o que limita a validade dos resultados de aplicação da ACV .

Assim, ações de incentivo ao melhoramento de técnicas de plantio, cuidados, venda e beneficiamento fazem-se primordiais para que o mercado agroindustrial seja competitivo e gere renda e verticalização para a região.

Referências Bibliográficas

- [1] Abeliotis, K., Detsis, V., & Pappia, C. (2013). *Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece*. J. Clean. Prod. 41, 89-96.
- [2] Almeida, C., & Giannetti, B. (2006). *Ecologia Industrial*. São Paulo: Edgard Blucher.
- [3] Alves, E. J., Oliveira, M. de A., Dantas, J. L. L., & Oliveira, S. L. de (1997). Exigências climáticas. In E. J. Alves (Org.) *A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais* (pp. 35-46). Cruz das Almas: Embrapa CNPMF.
- [4] Alves, E. J., & Oliveira, M. (1999). Práticas culturais. In Alves, E. J. (Org.). *A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais*. 2a ed. Brasília: Embrapa-SPI /Embrapa-CNPMF, pp. 335-352.
- [5] Amorim, E. P., Reis, R. V. dos, Santos-Serejo, J. A. dos, Amorim, V. B. de O., & Silva, S. de O. e. (2008, agosto). Variabilidade genética estimada entre diplóides de banana por meio de marcadores microssatélites. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 43(8), 1045-1052. Recuperado de <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/viewFile/490/5614> Consultado em 13/09/17.
- [6] Andrade, H. *Avaliação do ciclo de produtos: transparência na gestão ambiental das empresas*. Recuperado de <http://ecoviagem.com.br> Consultado em 21.08.2017.
- [7] Araujo, I. L. P., Correia, R. I., & Araujo, E. P. (2003). *Análise dos custos de produção e rentabilidade da cultura da banana na região do vale no submédio São Francisco*. Petrolina, PE. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/131730/1/OPB2092.pdf> consultado em 15.03.2017.
- [8] Associação Brasileira de Ciclo de Vida. ABCV. Recuperado de <http://www.abcvbrasil.org.br> Consultado em: 10.09.2017.

- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2001, novembro). NBR ISO 14040:1997. Gestão ambiental, Avaliação do ciclo de vida, Princípios e estrutura.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2009a). NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Brasil.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2009b). NBR ISO 14044: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Brasil.
- [12] Bailey, A. P., Basford, W. D., Penlington, N., Park, J. R., Keatinge, J. D. H., Rehman, T., Tranter, R. B., & Yates, C. M. (2003). Uma comparação do uso de energia em sistemas de agricultura arável convencionais e integrados no Reino Unido. *Agricultura Ecosystems & Environment*, 97, 241-253.
- [13] Barboza, E. M. F. (2007). *Rotulagem ambiental*. Rótulos ambientais e Análise do Ciclo de Vida (ACV), IBICT.
- [14] Barrella, B. A., Almeida, C. M. B., & Giannetti, B. F. (2005). Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. *Revista Produção*, 15, 87-101.
- [15] Barros, M. A. B., Lopes, G. M. B., & Wanderley, M. B. (2008). *Cadeia produtiva da banana: consumo, comercialização e produção no Estado de Pernambuco*. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 39, nº 1.
- [16] Basset-Mens, C. et al. (2006). *Implications of uncertainty and variability in the life cycle assessment of pig production systems*. Int. J. LCA 5(11), 298-304.
- [17] Bastos, B. A. (2009). *Avaliação do ciclo de vida do produto como ferramenta para o desenvolvimento sustentável*. Curso Engenharia de Produção, Juiz de fora, Minas Gerais, 53f.

- [18] Blanke, M. M., & Burdick, B. (2009). *Na energy balance (as part of an LCA) for home-grown (apple) fruit versus those imported from South Africa or New Zealand* joint North American LCA Conference, Boston.
- [19] Bleninger, T., & Kotsuka, L. K. (2013). *Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.
- [20] Borges, A. de M., Pereira, J., & Lucena, E. M. P. (2009, abril-junho). Caracterização da farinha de banana verde. *Food Science and Technology Ciênc. Tecnol. Aliment.* Campinas, 29(2). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612009000200015>
- [21] Borges, A. L. et al. (2009, julho). Sistema de produção da bananeira irrigada. Embrapa: Sistemas de Produção, 4.
- [22] Borges, A. L. et al. (2012, setembro). Sistema de Produção: cultivo da bananeira 'BRS PLATINA'. Embrapa: Sistemas de Produção, 20.
- [23] Borges, A. L., Silva, T. O. da., Caldas, R. C., & Almeida, I. E. de. (2002, abril). Adubação nitrogenada para bananeira-'terra' (*Musa* sp. AAB, subgrupo Terra). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, 24(1). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000100041>
- [24] Boulard, T., Raepfel, C., Brun, R., Lecompte, F., Hayer, F., Carmassi, G., & Gaillard, G. (2011). *Environmental impact of greenhouse tomato production in France*. *Agron. Sustain Dev.* 31(4), 757-777.
- [25] Bovea, M., Cabello, R., & Querol, D. (2007). Fruta contra os importados da África do Sul e Nova Zelândia. *Americano Joint Norte Conferência LCA*, Boston.
- [26] Brasil. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Recuperado de <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Consultado em: 10/08/2014.

- [27] British Standards Institution (BSI). (2013). ISO 14046 Water footprint – Principles, requirements and guidelines. Retrieved from <http://www.bsigroup.com/enGB/ISO-14046-Water-footprint--Principles-requirements-and-guidelines/> Accessed 10/01/2018.
- [28] Brown, M. T., & Ulgiati, S. (2004). Emergy analysis and environmental accounting. *Encyclopedia Energy*, 2, 329-354.
- [29] Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. Eletronorte. (1974). *Aproveitamento Hidrelétrico de Tucuruí: Estudos de Viabilidade*. (1), Estudos e Projetos de Engenharia (ENGEVIX, S.A.) & Economia e Engenharia Industrial, S.A. (ECOTEC). Brasília, DF, Brasil.
- [30] Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. Eletronorte. (1984). *Ata de reunião com participação do GETAT, FUNAI e representantes do povo indígena Parakanã* [Ata de reunião]. Brasília, DF, Brasil, 18.10.84 (Atas não publicadas).
- [31] Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., & Gautam, R. (2006). The Water Footprint of cotton consumption – An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, 60(1), 186-203.
- [32] Chehebe, J. R. (1997). *Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro: Qualitymark. CNI.
- [33] Chehebe, J. R. (2002). *Análise do ciclo de vida de produtos*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- [34] Coelho et al. (2012). *Irrigação da bananeira*. Brasília-DF: Embrapa. 280p.
- [35] Comar, V., & Ortega, E. (2003). Resultados preliminares da comparação dos índices emergéticos de onze fazendas do município de Pardinho/SP, Brasil. In: Ortega, E. (Ed.). *Engenharia ecológica e agricultura sustentável: uma introdução à metodologia emergética*. Campinas, FEA/UNICAMP. p. 16-22.

[36] Cordeiro, Z. J. M., & Matos, A. P. (2000). Doenças fúngicas e bacterianas. In Cordeiro, Z. J. M. *Banana. Fitossanidade* (pp. 36-65). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia (Frutas do Brasil, 8). Recuperado de <http://acv.ibict.br/acv/historico-da-acv/> Consultado em 15/05/2017.

[37] Curran, M. A. (1996). *Environmental Life Cycle Assessment*. McGraw-Hill.

[38] Donato, S. L. R., Silva, S. de O. e, Lucca Filho, O. A., Lima, M. B., Domingues, H., & ALVES, J. S. (2006, abril). Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.), em dois ciclos de produção no Sudoeste da Bahia. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*. São Paulo, 28(1), 139-144. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbf/v28n1/29713.pdf> Consultado em 15/08/2017.

[39] Dotto, D. C. (2004). *Obtenção de farinha de banana verde, sua caracterização quanto a alguns componentes e avaliação de seu uso em formulações de bolo como substituta parcial da farinha de trigo*. Monografia (Especialização), Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Toledo, PR, Brasil.

[40] Dourado, E. M. C. B., Silva, L. M. R., & Khan, A. S. (1999, outubro/dezembro). Análise econômica da minifábrica processadora de castanha de caju. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, 30, 1014-1037.

[41] Dowdey, S. (2013). Como funcionam as pegadas de carbono. *HowStuffWorks Brasil*. Recuperado de <http://ambiente.hsw.uol.com.br/pegada-de-carbono.htm>. Consultado em 21/04/2018.

[42] Ducati, E., & Silva, A. F. (2014, novembro). Aplicação da margem de contribuição: estudo de caso em uma empresa de fabricação de doces de frutas XXI Congresso Brasileiro de Custos, Natal, RN, Brasil.

[43] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2001). Recuperado de http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00076050.pdf Consultado em 28/03/2017.

- [44] Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). (1992). *Recomendações para cultura da bananeira por Carlos Valeriano Moreira Filho*. Informações técnicas. São Luís, MA, 22p.
- [45] Ewoukem, T. E., Aubin, J., Mikolasek, O., Corson, M. S., & Eyango, M. T. (2012). *Ecoinvent Center*. Retrieved from <http://www.ecoinvent.ch> Accessed V1.9.17.
- [46] Fasolin, L. H., Almeida, G. C., Castanho, P. C., & Netto-Oliveira, E. R. (2007). Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. *Revista Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(3), 787-792.
- [47] Fearnside, P. M. (1999). *Impactos sociais da barragem de Tucuruí*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM, 296p.
- [48] Ferreira, F. F. (2014). *Pegada hídrica da geração de energia hidrelétrica no Brasil – Um estudo de caso da AES Tietê S.A.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, Brasil, 93p.
- [49] Finkbeiner, M., Atsushi, I., Reginald, B. H., Tan, K. C., & Küppe, H-J. (2006). *The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044*, Int J LCA.
- [50] Finkbeiner, M., Krinke, S., Oschmann, D., Saeglitz, T., Schäper, S., Schmidt, W-P., & Schnell, R. (2003). *Data Collection Format for Life Cycle Assessment of the German Association of the Automotive Industry (VDA)*. Int J LCA, 6(8), 379-381.
- [51] Freitas, W. da S., Ramos, M. M., & Costa, S. L. da. (2008). Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, UAEAg/UFCG, 12(4), 343–349. Recuperado de <http://www.agriambi.com.br>
- [52] Fisch, G. F.; Januário, M.; Senna, R. C. (1990). Impacto ecológico em Tucuruí (PA): Climatologia. *Acta Amazonica*, Manaus, AM 20 (Único): 49 - 60.

- [53] Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco (FITEP). (1985). *Doce de banana em massa*. Recife: ITEP, 1985. 24p. (Série Indústria Caseira, 1).
- [54] GABI 4 *Get ready for tomorrow*. (2006, March) [Manual]. PE EUROPE GMBH – Life Cycle Engineering. *Last Update*.
- [55] Gaillard, G., & Nemecek, T. (2006). Ökobilanz des Einsatzes von und WirtschaftsMineraldünger im Acker – und Futterbau. In *Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft: nutzen und Risiken*. Osnabrück: KTBL, 63-74. Recuperado de http://orgprints.org/8348/1/S_444_titelei_komplett.indd.pdf
- [56] Galdiano, G. de P., *Inventário do ciclo de vida do papel offset produzido no Brasil*. (2006) (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [57] Garraín, D., Vidal, R., Martínez, P., & Muñoz, C. Analisis del Ciclo de Vida de los Procesos de Recubrimiento Metálico de Termoplásticos. *Información Tecnológica*. (2010). 2(2), 59-64.
- [58] Garrison, R. H., & Noreen, E. W. (2001). *Contabilidade Gerencial*. 9a ed. Rio de Janeiro: LTC.
- [59] Giannetti, B. F., & Almeida, C. M. V. B. *Ecologia Industrial*. (2006). São Paulo: Edgard Blücher.
- [60] Guerrero, A. B., Ballesteros, I., & Ballesteros, M. (2018). Life cycle assessment of second generation ethanol derived from banana agricultural waste: Environmental impacts and energy balance. *Journal of Cleaner Production*, 174, 710-717.
- [61] Hoekstra, A. Y; Chapagain, A. K; Aladaya, M. M; Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. Hardback. London. Washington, DC.
- [62] Homma, A. K. O, Carvalho, R. A., & Menezes, A. J. E. A. (2001). Custo de produção de banana no sudeste paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 20p.

- [63] Ingwersen, W.W. (2011). Emergy as a life cycle impact assessment indicator A gold mining case study. *Journal of Industrial Ecology*, 15, 550-567.
- [64] Ingwersen, W. W. (2012). Life cycle assessment of fresh pineapple from Costa Rica. *Journal of Cleaner Production*, 35, 152-163.
- [65] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2000). Recuperado de <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618> Consultado em 14/03/2018.
- [66] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2014). Recuperado de ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2014/lspa_201412.pdf Consultado em 03/12/17.
- [67] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2015). *Produção agrícola municipal 2015*. Recuperado de <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000027422109112016210223405721.pdf> Consultado em 25/08/2017.
- [68] Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). (2006). Recuperado de <http://www.ibict.br/>
- [69] Intergovernmental Group on Bananas and Tropical Fruits – Banana market review and banana statistics. (2012-2013). Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/019/i3627e/i3627e.pdf> Accessed 25/08/ 2017.
- [70] Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC). (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme. In Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (eds). *IGES*, Japan. Retrieved from http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf.

[71] International Energy Agency (IEA). (2011). Retrieved from <https://www.iea.org/newsroom/news/2011/november/world-energy-outlook-2011.html> Accessed 01/04/2018.

[72] ISO/DIS 14067 (2012): carbon footprint of product: Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification (ISO/DIS 14067:2017). German and English version prEN ISO 14067:2017.

[73] Lichtemberg, L. A. (1999, janeiro/fevereiro). Colheita e pós-colheita da banana. *Informe Agropecuário*, 20(196), 73-90.

[74] Lopes, R. J. F., Oliveira, I. L de, Kovalski, J. L., & Silva, A. S. da. (2009). *Análise do Ciclo de Vida de Produtos como Técnica de Apoio a Gestão Ambiental e Industrial*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, Brasil. Recuperado de <http://pg.utfpr.edu.br/expout/2011/artigos/7.pdf> Consultado em 18/08/2017.

[75] Lu, H. F., Kang, W. L., Campbell, D. E., Ren, H., Tan, Y. W., Feng, R. X., Luo, J. T., Chen, F. P. (2009). *Emergy and economic evaluations of four fruit production systems on reclaimed wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China*. *Ecological Engineering*, 35, 1743-1757.

[76] Magalhães, S. B. (1990). Tucuruí: A relocation policy in context. In Santos, L. A. O., & Andrade, L. M. M. de (eds.) *Hydroelectric Dams on Brazil's Xingu River and Indigenous Peoples*. Cultural Survival, Cambridge, Massachusetts, EUA, 105-114.

[77] Marion, J. C. (2001). *O ensino da contabilidade*. 2a ed. São Paulo: Atlas.

[78] Martin, N. B., Serra, R., Oliveira, M. D. M., Angelo, J. A., & Okawa, H. (1997). *Sistema "CUSTAGRI": sistema integrado de custos agropecuários*. São Paulo: IEA: SAA, 75p.

[79] Martin, N. B., Serra, R., Oliveira, M. D. M., & Araujo, J. A. (1998). Sistema integrado de Custos agropecuários – Custagri. *Informações Econômicas*, São Paulo, 28(1).

- [80] Martin, Z. de., Travaglini, D. A., Okada, M., Quast, D. G., & Hashizume, T. (1985). Processamento: produtos, características e utilização. In: *Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. 2. ed. rev. Campinas: ITAL, 197-264 (Série Frutas Tropicais, 3).
- [81] Martins, R. (2007, novembro). *Doce em pasta e em calda*. [dossiê técnico]. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro (REDETEC). Recuperado de respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjM0 Consultado em 11/03/2018.
- [82] Matsunaga, M., Bernelmans, P. F., Toledo, P. E. N. de, Dullely, R. D., Okawa, H., & Pedroso, I. A. (1976). Metodologia de custos de produção utilizada pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*, São Paulo, 23(1), 123-139.
- [83] Medina, J. C., Bleinroth, E. W., Martin, Z. J. de., Travaglini, D. A., Okada, M., Quast, D. G., Hashizume, T., Moretti, V. A., Neto, L. de C. B., Almeida, L. A. S. B. de., & Renesto, O. V. (1985). *Banana-Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. 2a ed. Campinas: ITAL.
- [84] Meisterling, K., Samaras, C., & Schweizer, V. (2009). *Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat*. *J. Clean. Prod.* 17(2), 222-230.
- [85] Menezes, M. (2014). Diagnóstico da sustentabilidade do município de Tucuruí-PA (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), Programa de Pós-Graduação em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local, Belém, Pará, Brasil.
- [86] Meul, M., Van Middelaar, C. E., Boer, I. J. M. de, Van Passel, S., Fremaut, D., Haesaert, G. (2014). Potential of life cycle assessment to support environmental decision making at commercial dairy farms. *Agricultural Systems*, 131, 105-115.
- [87] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). (2010). Emissões de Óxido Nitroso de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos. In MCTI. *Segunda Comunicação*

Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília. Recuperado de http://www.mct.gov.br/upd_blob/0228/228969.pdf.

[88] Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2014). Recuperado de <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-brasil-2011-2012-a-2021-2022-sintese.pdf/view> Consultado em 06/02/2018.

[89] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). (2011). Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. CNP. Recuperado de www.cnpq.br/documents/10157/1016160/.../3fb0c216-da46-4ae1-b6dd-9cf134b1e8f0 Consultado em 21/03/2018.

[90] Monosowski, E. (1990, February). Lessons from the Tucuruí experience. *Water Power and Dam Construction*, 29-34.

[91] Moreira Filho, V. (1992). *Recomendações para cultura da bananeira*. São Luís, Maranhão, EMATER, 22p.

[92] Myllyviita T., Holma, A., Antikainen, R., Lahtinen, K., & Leskinen, P. (2012). Assessing environmental impacts of biomass production chains – Application of life cycle assessment (LCA) and multi-criteria decision analysis (MCDA). *Journal of Cleaner Production*. 29(30), 238-245.

[93] Nemecek, T. (2011). *Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming*. *Agricultural Systems* 104, 217-232.

[94] Nogueira, E. M. de C. (2013). *Bananicultura: manejo fitossanitário e aspectos econômicos e sociais da cultura*. Nogueira, E. M. de C. et al. (eds). São Paulo: Instituto Biológico.

[95] Nogueira R. I., Reimann, D., & Villaça, A. de C. (1992). *Manual para produção de bananada*. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA, 28p.

- [96] Notarnicola, B., Sala, S., Anton, A., McLaren, S. J., Saouter, E. & Sonesson, U. (2017). The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. *Journal of Cleaner Production*, 140, 399-409.
- [97] Nunes, M. C. N., Emond, J. P., Rauth, M., Deac, S., & Chaub, K. V. (2009). Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 232-241.
- [98] Odum, H. T. (1996). *Environmental Accounting: EMERGY and Environmental Decision Making*, 9, Wiley, New York, p. 370.
- [99] Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). (2011). Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i2050e.pdf>
- [100] Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). (2013). *Comércio: bananas*. Consultado em 21/10/2017.
- [101] Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). (2017). Recuperado de <http://www.fao.org/3/b-i6407e.pdf> Consultado em 26/09/2017.
- [102] Ortega, E. (2010). Aplicação do conceito de emergia na contabilidade de gestão ambiental. *Anais do Congresso Brasileiro de Custos*, Belo Horizonte, MG, Brasil, 1-15.
- [103] Ortega, H. et al. (2005). *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura sustentável*. Brasília, DF: EMBRAPA.
- [104] PAS 2050. (2008). *Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services*. British Standards Institute, London.
- [105] Pessoa, T. (2009). *Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana (Musa sapientum) das variedades Prata, Pacovan e Maçã* (Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

- [106] Piekarski, C. M. (2015). *Modelo multicritério para apoio à tomada de decisão baseado em avaliação do ciclo de vida e indicadores corporativos*. 146f. Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
- [107] Piekarski, C. M., Luz, L. M. da., Zocche, L., & Francisco, A. C. de. (2012). *Métodos de avaliação de impactos do ciclo de vida: uma discussão para adoção de métodos nas especificidades brasileiras*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
- [108] Pimentel, D., (2009). Entradas de energia na produção de culturas alimentares no desenvolvimento e nações desenvolvidas. *Energias*, 2, 1-24.
- [109] Pinheiro, J. C. Z. (2018). *Análise de ciclo de vida para a cadeia da banana na região do Lago de Tucuruí* (Dissertação de mestrado em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético). Universidade Federal do Pará, Tucuruí, Pará, Brasil (em andamento).
- [110] PréSustainability. (2014). Por Food Sustentabilidade LCAs compõem um total de 25% de todos publicados LCAs. Recuperado de <http://www.pre-sustainability.com/why-25-of-LCAs-are-agriculture-related> Consultado em 19/03/2018.
- [111] Queiroz, A. G. (2011). Avaliação do ciclo de vida de biodiesel de dendê produzido na Amazônia. Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.
- [112] Quintanilha, L. (2008). *Sustentabilidade Ambiental nas Empresas. Meio Ambiente Industrial*. São Paulo, 71, 20-27.
- [113] Riani, F. (1997). *Economia do setor público: uma abordagem introdutória*. São Paulo: Atlas. 208p.
- [114] Ridoutt, B. G., & Fister, S. P. (2010). Uma abordagem revista para pegada de água para fazer transparentes os impactos do consumo e da produção sobre a escassez de água doce global. *Global Environmental Mudança*, 20, 113-120.

- [115] Ruviaro, C. F., Gianezini, M., Brandão, F. S., Winck, C., & Dewes, H. (2012). Life cycle assessment. In Brazilian agriculture facing worldwide trends. *Journal of Cleaner Production* 28, 9-24.
- [116] Sanches, F., Fisch, G. (2005). As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí –PA. *Revista ACTA Amazônica*, Manaus, Amazonas VOL. 35(1) 2005: 41 - 50
- [117] Sanches, F. M., Ximenes, A. R., Coradi, P. C., Roque, C. G., & França, F. da C. (2015). Estimativa da evapotranspiração de referência na região norte do Brasil. *Revista de Ciências Agroambientais*, Alta Floresta, Mato Grosso, UNEMAT, 13(2), 19-31,
- [118] Sandrini, M., Cintra, F. L., & Ximenes Junior, R. (1991). Avaliação de sistemas de cultivo de bananeira no Mato Grosso do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 26(5), 631-635.
- [119] Scarpate Filho, J. A., & Kluge, R. A. (2001). Produção da bananeira ‘Nanicão’ em diferentes densidades de plantas e sistemas de espaçamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36(1), 105-113.
- [120] Sherwania, A. F., Usmanib, J. A., & Varunc. (2010). Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 540-544.
- [121] Silva, S. O., Santos-Serejo, J. A., & Cordeiro, Z. J. M. (2004). Variedades tradicionais. In Borges, A. L., & Souza, L. S. *O cultivo da bananeira*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, pp. 45-58.
- [122] Soussana, J. F. (2014). *Research priorities for sustainable agri-food systems and life cycle assessment*. *J. Clean. Prod.* 73, 19-23.
- [123] Souza, J. da S., & Torres Filho, P. (1997). Mercado. In *A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais*. Brasília: EMBRAPA-SPL, 525-543. (Capítulo 18).

- [124] Souza, O., Schulz, M. A., Fischer, G. A. A., Wagner, T. M., & Sellin, N. (2012, agosto). Energia alternativa de biomassa: bioetanol a partir da casca e da polpa de banana. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* Campina Grande, PB, Brasil, (16)8.
- [125] Svanes, E., & Aronsson, A. K. S. (2013). *Carbon footprint of a Cavendish banana supply chain*. Berlin: Heidelberg.
- [126] Sweeney, S., et al. (2007). Creation of a global energy database for standardized national energy synthesis. In *The biennial Energy Research Conference*, 4, pp. 231-238. Gainesville. Proceedings... Gainesville: Center Environmental Policy.
- [127] Takahashi, F., & Morais, F. (2000). *Avaliação do ciclo de vida dos produtos: uma ferramenta de Controle Ambiental*. Segundo Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais.
- [128] Toda Fruta. (2009). *Informações econômicas sobre a banana*. Recuperado de <http://www.todafruta.com.br> Consultado em 23/03/18.
- [129] Toledo, P. F. de (2004). Propriedades reológicas de doce de banana (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP, Brasil.
- [130] Travessini, R., Zocche, L., Luz, L. M. da, Francisco, A. C. de, & Braghini Júnior, A. *Avaliação do meio ambiente: enfoque da avaliação do ciclo de vida no PDP*.
- [131] Trindade, B. S., Carvalho, J. L. de, Rodrigues, V. M., & Nascimento, S. P. (2017, outubro). Produção agroindustrial de mandioca chips por convecção embalada em biofilme de amido de mandioca. *JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FATEC DE BOTUCATU*, 6, Botucatu, SP, Brasil.
- [132] Trindade, D. R., Poltronieri, L. S., & Menezes, A. J. E. A. (2002). *Sigatoka negra da bananeira no Estado do Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.

[133] U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International (USEPA). (2006).

[134] Ventura, J. A., Silva, J. R., Ohashi, O., Trindade, D., & Mota, P. P. C. (2000). *Relatório de viagem técnica para diagnóstico da suspeita de ocorrência da sigatoka-negra no Estado do Pará (Monte Dourado – PA)*. Belém, s.n, 8p.

[135] Vieira, L. M. (2011). Banana. In: Instituto CEPA/SC. *Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina – 2010-2011*. Florianópolis: Epagri, pp. 23-29. Recuperado de http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/sintese_2010_2011.pdf. Consultado em 21/01/2018.

[136] Zeller, V., Richard, A., Degrez, M., Thyssen, N., & Boever, L. de (2014). ENECOBOIS Project: Réduction de l’impact énergétique de la filière boisconstruction grâce à l’analyse multicritère du cycle de vie.

[137] Zen, A. de O. (2011). *Estimativa da evaporação e evapotranspiração potencial do reservatório da hidrelétrica de Tucuruí* (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil), Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, Pará, Brasil.

[138] Zhou, J., Chang, V. W. C., & Fane, A. G. (2011). Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different lifecycle impact assessment methods on the characterization results. *Desalination*, 283(1), 227-236.

[139] Zoldan, M. A. (2008). *Análise dos requisitos organizacionais para a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de produtos madeireiros* (Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

[140] Zonetti, P. da C., Tarsitano, M. A. A., Santos, P. C. dos., Silva, S. C., & Petinari, R. A. (2002, agosto). Análise de custo de produção e lucratividade de bananeira ‘naniçãojangada’ sob duas densidades de cultivo em Ilha Solteira-SP. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, São Paulo, 24(2), 406-410.

APÊNDICE 1

QUESTIONÁRIO PARA PRODUTORES ROTEIRO DE ENTREVISTA – SEMIESTRUTURADA

I. Dados da Propriedade

1. Localização da propriedade
2. Quais as culturas cultivadas na propriedade?
3. Quando o produtor começou a plantar as culturas na propriedade?
4. Qual o enquadramento da produção?
5. Qual a quantidade de funcionários?
6. Qual o valor pago pela mão de obra de cada um dos funcionários?
7. Qual a infraestrutura utilizada para a produção na propriedade?
8. Quais os equipamentos?
9. Onde a produção é comercializada?
10. De que maneira é realizada a entrega dos produtos?
11. Qual o preço de venda dos produtos?

II. Dados do objeto de estudo – Produção de banana

Descrição técnica

1. Quais as dimensões do plantio?
2. Qual a quantidade plantada?
3. Quais os gastos incorridos no processo de produção?
4. Quais são as formas de controle de custos utilizadas pelo produtor?
5. Qual a quantidade produzida no primeiro ano?
6. Qual é o tempo esperado para o início da colheita?
7. Como são feitos os cuidados em relação aos tratamentos culturais e fitossanitários na plantação?
8. Quais os insumos utilizados na produção da banana?
9. Quais os demais custos incorridos no processo (mão de obra, depreciação, energia elétrica, seguro etc.)?

10. Qual é o percentual de perdas no processo produtivo da banana?
12. Qual é a mão de obra da produção de banana?
13. Como é feito o processo de irrigação do bananal?
14. Como ocorre a colheita da banana Prata Anã?
15. Qual o percentual de devoluções (trocas) feitas pelo produtor junto ao supermercado?
16. Quanto é produzido de banana mensalmente?
17. Quais são os tipos de bananas cultivados?
18. Como foi feita a escolha das espécies?
19. Houve alguma orientação?
20. Qual a duração do ciclo da bananeira?
21. Qual o tempo de colheita?
22. Qual a produtividade anual?
23. Qual o faturamento de banana mensal?
24. Qual o período do ano produz menos e qual produz mais?
25. Qual o gasto com a prevenção de pragas?
26. Como é controlada a produção e as colheitas?
27. Qual o custo com transporte?
28. Qual o custo com mão de obra?
29. Para quais localidades sua banana é vendida?
30. Quais empresas compram sua produção de bananas?
31. Quanto é vendido para outros estados da sua produção?
32. O senhor faz parte de alguma cooperativa ou associação?
33. Faz beneficiamento da banana?
34. O senhor tem interesse em beneficiar a banana?
35. O que o senhor acha da venda de banana da região?
36. O que poderia melhorar, no seu processo, o aspecto da banana?
37. O que é feito com os resíduos da banana?
38. Qual a melhor época para o plantio?
39. Qual a frequência de capina, despalha, desbaste e escoramento?
40. É realizado o ensacamento do cacho?
41. Como é feito o corte do pseudocaule e qual seu destino pós-colheita?
42. Quais os períodos de adubação?
43. Qual o custo com adubação e calagem?
44. Como é feita a irrigação?

45. Quanto é utilizado de água em cada processo?
46. Quais as principais pragas que afetam sua plantação?
47. Como é feito o controle de pragas?
48. Como é a colheita e o manejo da colheita?
49. Como é feita a lavagem e embalagem do produto até o transporte?

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO PARA ÓRGÃO FISCALIZADOR E FOMENTADOR DE PLANTIOS DA REGIÃO DE TUCURUÍ (ADEPARÁ E SAGRI)

1. Qual a produção mensal de banana da região do Lago de Tucuruí?
2. Qual a produção mensal de banana do Novo Repartimento?
3. Qual a produção mensal de banana de Tucuruí?
4. Como e quando é feita a fiscalização?
5. Qual o papel da ADEPARÁ para a cadeia produtiva da banana?
6. Quais são os tipos de bananas cultivados?
7. Existe alguma orientação para escolha e plantio de bananas?
8. O que poderia melhorar na cadeia produtiva da banana?
9. Qual trabalho é feito para prevenção de pragas?
10. Por que não são produzidas mais bananas nesta região do Lago?
11. Qual o incentivo que precisaria para aumentar a produção?
12. Existe alguma cooperativa ou associação de banana na região?
13. Existe interesse do beneficiamento da banana na região?
14. A ADEPARÁ controla o que é feito com os resíduos da banana?
15. A ADEPARÁ realiza alguma atividade de incentivo à produção de banana na região?

APÊNDICE 3

QUESTIONÁRIO PARA REVENDEDORES E VENDEDORES DE BANANA

1. Quanto é comprado de banana mensalmente?
2. O que representa, em termos de faturamento, a banana em seu negócio?
3. Quanto a empresa compra de bananas regionais?
4. Porque não são compradas mais bananas regionais?
5. Quanto a empresa compra de bananas de outros estados?
6. Quais são os estados que mais fornecem banana para esta empresa?
7. O que a empresa acha do setor produtivo de banana da região?
8. O que poderia melhorar?
9. É vendida alguma forma de beneficiamento da banana na empresa?
10. Se sim, de onde vem e qual a quantidade vendida?

APÊNDICE 4

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA PRODUÇÃO DE BANANA

1 Sol

Insolação =	4,78 kWh/m ² /dia	(a)
albedo	15 %	
Conversão =	365 dias/ano	
Conversão =	360000 J/K/Wh	
Conversão =	10000 m ² /ha	
Energia (J) =	(KWh/m ² /dia)* ((100-albedo)/100)*365 dias/ano *(360000J/kWh(10000 m ² /m ² ha)	
Energia (J) =	5,33E+13 J/ha/ano	

2 Chuva

Chuva =	2.400 mm/ano	(b)
Conversão =	10000 m ² /ha	
Conversão =	1 kg/l	
Energia da Chuva =	5000 J/Kg	Energia livre de Gibbs
Energia (J) =	(precipitação)*(10000m ² /ha)*(1kg/l)*(energia da chuva)	
Energia (J) =	1,20E+13 J/ha/ano	

3 perda de solo

Solo Perdido =	2000 kg/ha/a	(c)
média de materia orgânica =	2% %	(d)
Conversão =	5400 kcal/kg	
Conversão =	4186 J/kcal	
Energia (J) =	(kg/ha/a)*(%m.o./100)*(5400Kcal/kg)*(4186J/kcal)	
Energia (J) =	9,04E+08 J/ha/ano	

4 N,P,K

Tamanho da Propriedade A	8 ha	(e)
Quantidade Utilizada	1,80E+04 Kg	(e)
Quantidade =	(Quantidade de NPK)/ha	
Quantidade =	2,25E+03 Kg/ha/ano	
Tamanho da Propriedade B	27,2 ha	(e)

Quantidade =
 Utilizada 1,96E+05 Kg (e)
 Quantidade = (Quantidade de NPK)/ha
Quantidade = 7,21E+03 Kg/ha/ano

Tamanho da =
 Propriedade C 27,2 ha (e)
 Quantidade =
 Utilizada 8,25E+05 Kg (e)
 Quantidade = (Quantidade de NPK)/ha
Quantidade = 3,03E+04 Kg/ha/ano

5 Eletricidade

Tamanho da =
 Propriedade A 8 ha (e)
 Consumo de
 energia= 0,00E+00 kWh/ano (e)
 Conversão = J/kcal
 Energia (J) = (consumo de
 energia)*3600000/ha
Energia (J) = 0,00E+00 J/ha/ano

Tamanho da =
 Propriedade B 27,2 ha (e)
 Consumo de
 energia= 3,60E+04 kWh/ano (e)
 Conversão = 3600000 J/kcal
 Energia (J) = (consumo de
 energia)*3600000/ha
Energia (J) = 1,30E+11 J/ha/ano

Tamanho da =
 Propriedade C 27,2 ha (e)
 Consumo de
 energia= 1,36E+04 kg (e)
 Conversão = 3600000 J/kcal
 Energia (J) = (consumo de
 energia)*3600000/ha
Energia (J) = 4,89E+10 J/ha/ano

6 Mão de obra terceirizada

Tamanho da =
 Propriedade A 8 ha (e)
 Valor pago 2,55E+04 R\$/ano (e)
 Valor do Câmbio
 (\$) U\$ 3,31 U\$ (f)
 valor em dólar R\$84.484,44 U\$/ano

Tamanho da =			
Propriedade B	27,2	ha	(e)
Valor pago	4,10E+04	R\$/ano	(e)
Valor do Câmbio			
(\$)	U\$ 3,31	U\$	(f)
valor em dólar	R\$135.842,40	U\$/ano	

Tamanho da =			
Propriedade C	27,2	ha	(e)
Valor pago	1,29E+05	Kg	(e)
Valor do Câmbio			
(\$)	U\$ 3,31	J/kcal	(f)
valor em dólar	R\$425.798,40	U\$/ano	

- (a) Fonte: Centro de referência de energia solar e eólica.
- (b) Fonte: INMET, 2017.
- (c) Fonte: Kabeerathumma et al., 1995.
- (d) Fonte: Instituto de Terras de São Paulo (ITESP), 1999.
- (e) Dados dos produtores visitados.
- (f) Fonte: <https://dolarhoje.com/>

APÊNDICE 5

Tabela - Equipamentos necessários para o processo do doce da banana

Equipamentos	Custo Unitário (R\$)	Depreciação anual (R\$)
prédio para fabricação	100.000,00	4.000,00
liquidificador industrial	2.300,00	230,00
Tacho a vapor	7.500,00	750,00
misturador	1.500,00	150,00
Tanques de inox	1.200,00	120,00
Balança	500,00	50,00
Câmara fria	18.500,00	1.800,00
Mesa Inox	950,00	9,50
Fogão industrial	1.000,00	100,00
Utensílios de cozinha	800,00	8,00
Equipamentos de escritório	5.000,00	500,00
embalagens	1.000,00	0,00
embaladeira	2.400,00	240,00
Total	142.650	7.958

Tabela – Equipamentos necessários para o processo de beneficiamento da farinha da banana

Equipamentos	Custo Unitário (R\$)	Depreciação anual (R\$)
prédio para fabricação	100.000,00	4.000,00
Peneira elétrica	2.500,00	250,00
forno mecanizado	3.880,00	388,00
cochos para armazenar a farinha	800,00	80,00
desintegrador	2.760,00	276,00
balança com base e plataforma em ferro	950,00	95,00
conjunto para empacotamento de farinha,	1.000,00	100,00
Mesa Inox	950,00	9,50
Utensílios de cozinha	800,00	8,00
Equipamentos de escritório	5.000,00	500,00
embalagens	1.000,00	0,00
embaladeira	2.400,00	240,00
prensa elétrica	3.000,00	300,00
Total	125.040	6.247

Tabela – Equipamentos necessários para o processo da banana chips

Equipamentos	Custo Unitário (R\$)	Depreciação anual (R\$)
prédio para fabricação	100.000,00	4.000
Fatiadeiras	R\$ 800,00	80
embaladeira	2.400,00	240,00

equipamentos de cozinha	800,00	8,00
Balança	R\$ 500,00	50
Mesa Inox	950,00	9,50
bandejas de secagem	450,00	45,00
camãra de sulfuração	8.000,00	800,00
embalagens	1.000,00	0,00
Equipamentos de escritório	5.000,00	500,00
Fritadeiras elétricas	8.000,00	800,00
Total	127.900	6.533

Fonte: Paranavaí Máquinas Industriais Ltda, 2012. : <http://paranavaimaquinas.com.br/php/>
<https://lista.mercadolivre.com.br/agro-industria-comercio/maquina-embalar-doce-banana>

Silva (2014) considerou uma depreciação de 10 % para máquinas, móveis e utensílios e 4% para edifícios, considerando 10 anos a vida útil das máquinas, dos móveis e utensílios e 25 anos para edifícios.