



Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Recursos Naturais da Amazônia

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE BIODIESEL DE DENDÊ PRODUZIDO NA AMAZÔNIA

Aldo Gomes Queiroz

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, ITEC, da Universidade Federal do Pará como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Recursos Naturais.

Orientadores: Prof. Dr. Luiz Ferreira de França
Prof. Dr. Marcos Ximenes Ponte

Belém

Agosto de 2011

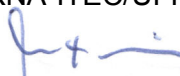
AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE BIODIESEL DE DENDÊ PRODUZIDO NA AMAZÔNIA

Aldo Gomes Queiroz

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA (PRODERNA/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE RECURSOS NATURAIS.

Aprovada por:

Prof. Luiz Ferreira França, D.Sc.
(PRODERNA-ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Marcos Ximenes Ponte, D.Sc.
(IEG/UFOPA-Orientador)

Prof. André Luiz Amarante Mesquita, D.Sc.
(PRODERNA-ITEC/UFPA-Membro)

Prof. Emanuel Negrão Macêdo, D.Sc.
(PRODERNA-ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Luiz Pizarro Borges, D.Sc.
(IME/RJ – Membro)

Prof. Nélio Teixeira Machado, D.Sc.
(PRODERNA-ITEC/UFPA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

AGOSTO DE 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Instituto de Tecnologia/ Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia

Queiroz, Aldo Gomes

Avaliação do ciclo de vida de biodiesel de dendê produzido na Amazônia/Aldo Gomes Queiroz; orientadores, Luiz Ferreira de França e Marcos Ximenes Ponte. – Belém - 2011

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, 2011

1. Biodiesel 2. Ciclo de vida do produto 3. Energia - fontes alternativas I. Título

CDD 22.ed. 662.669

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais Augusto e Raimunda Queiroz pelo apoio e pelos ensinamentos.

À minha mulher Socorro pela paciência, apoio incondicional e incentivo.

Aos meus filhos: Thiago, Talita e a minha nora Juliane pela compreensão.

À minha neta Yasmin.

Aos meus irmãos Albanisa, Aldeise, Alcí, Alvanise, Aldecí, Alvaisa e Geny pelo incentivo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Luiz Ferreira de França e Marcos Ximenes Ponte pela valiosa orientação.

Ao Engenheiro Fumihito Yamaguchi da empresa Dentauá pelas informações.

Ao Diretor Comercial da Agropalma Marcello Brito.

Aos técnicos Carlos Alberto de Carvalho (Maracanã) da empresa Agropalma e Rouso da Dentauá.

Ao Felipe e Ulisses pela valiosa colaboração.

Aos meus colegas da UFPA e da UFOPA pelo incentivo para conclusão desse trabalho.

À Alcione e Ádrya pela colaboração.

Aos meus pais pelas orientações, apoio e pelas condições de estudar por toda vida.

À minha esposa Socorro e aos meus filhos Thiago e Talita pela paciência e estímulo.

Aos meus irmãos pela ajuda e incentivo que sempre prestaram.

Aos sobrinhos pelo entusiasmo.

À neta Yasmim, pela alegria que proporcionou a todos da família com a sua existência.

Resumo da Tese apresentada ao PRODERNA/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Recursos Naturais (D.Eng.)

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE BIODIESEL DE DENDÊ PRODUZIDO NA AMAZÔNIA

Aldo Gomes Queiroz

Agosto/2011

Orientadores: Luiz Ferreira de França

Marcos Ximenes Ponte

Área de Concentração: Uso e Transformação de Recursos Naturais

Este trabalho tem o objetivo de identificar e quantificar parâmetros ambientais e energéticos da produção de biodiesel de dendê, utilizando a rota etílica, na Amazônia, Estado do Pará. A metodologia utilizada foi a Análise do Ciclo de Vida (ACV), por ter se revelado em vários campos como um excelente e completo método para promover a comparação entre processos e produtos concorrentes com a finalidade de explicitar as vantagens em termos ambientais, materiais, energético e econômico. A relevância desse trabalho fica caracterizada com lançamento do PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL-PNPB (2004), por ser a Amazônia a região com maior potencial mundial de produção de dendê, sendo o Pará o líder nacional na produção de óleo de dendê. É a cultura que mais produz óleo por unidade de área plantada dentre todas as demais oleaginosas mapeadas existentes no Brasil, e pode produzir durante um período de 25 a 30 anos. Tem um grande potencial para gerar novos empregos e aumentar a renda das famílias principalmente por disponibilizar uma produção durante todo o ano. É uma planta de alta fixação de carbono, podendo ser usada como reflorestamento de áreas degradadas e ter uma participação efetiva no Movimento de Desenvolvimento Limpo (MDL) com a comercialização de créditos de carbono. São consideradas as fases de produção agrícola, produção de óleo de dendê e produção de biodiesel. A coleta de informações da fase de produção agrícola e produção de óleo de dendê são obtidas nas empresas Dentauá e Agropalma. Na

fase da produção de biodiesel, na produção de cana de açúcar e álcool etílico anidro as informações utilizadas são oriundas da literatura nacional. Apresenta-se um balanço energético da produção de biodiesel de dendê nas duas empresas estudadas e estima-se o potencial do cultivo de dendê no Estado do Pará. Finalmente, faz-se uma análise da contribuição das emissões mais relevantes em cada uma das fases de produção do biodiesel de dendê. A maior fonte de emissões na produção de biodiesel acontece na fase agrícola. O balanço energético mostrou que é possível produzir um biodiesel que será entregue ao consumidor com a maior quantidade de energia renovável por unidade de energia fóssil utilizada na sua produção com baixo impacto ambiental. Além de ser uma oportunidade de contribuir para redução do aquecimento global e poluição ambiental, o cultivo de dendê pode ser uma oportunidade sem precedentes para ajudar no desenvolvimento do Estado do Pará e da Amazônia com sustentabilidade.

Abstract of Thesis presented to PRODERNA/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Natural Resources Engineering (D.Eng.)

LIFE CYCLE EVALUATION OF PALM BIODIESEL PRODUCED IN THE AMAZON

Aldo Gomes Queiroz

August/2011

Advisors: Luiz Ferreira de França

Marcos Ximenes Ponte

Research Area: Use and Transformation of Natural Resources

This work has the objective to identify and quantify energetic and environmental parameters of the production of biodiesel from palm oil using the ethylic route in Amazon, state of Pará. The methodology used was the Life Cycle Analysis (LCA), for it has revealed itself as an excellent and complete method to promote the comparison between processes and competing products in several fields with the objective of explaining its advantages in terms of environmental, material, energetic and economic use. The relevance of this work is characterized by the laying of the National Program of production and use of the Biodiesel- NPPUB (2004) due to the fact that Amazon is the area with the biggest potential of production of palm oil in the world and Pará is the national leader in the production of it. It is the culture that produces oil per unit the most in the cultivated areas compared to all the other mapped oily areas of Brazil and it is still able to keep on producing it over a period of 25 to 30 years. It has a great potential to generate new jobs and increase the household income mainly for being productive throughout the year. It is a plant of high carbon fixation and it can be used to reforest the degraded areas and to have an effective participation in the Cleaning Development Movement (CDM) with the sales of carbon credits. These are considered the phases of agricultural production, production of palm oil and biodiesel production. The data collection phase of agricultural production and production of palm oil are obtained in the Companies Dentauá and Agropalma. In the phase of production of Biodiesel, in the production of sugar-cane and anhydrous ethylic alcohol the data used come from the national literature. So this work presents an energetic balance of the production of

Biodiesel made by the palm oil in the two companies studied and it is estimated the potential of cultivation of the palm oil in the state of Pará from it. Finally, it is an analysis of the contribution of the most relevant issues in each stage of production of biodiesel from palm oil. As a result, the biggest source of emissions in the production of biodiesel occurs in the agricultural phase. The energetic balance showed that it is possible to produce a biodiesel that will be delivered to the consumer with the greatest amount of renewable energy per unit of fossil energy used in its production with low environmental impact. Besides being an opportunity to contribute to the reduction of global warming and environmental pollution, the cultivation of palm oil may be an unprecedented opportunity to help develop the state of Para and the Amazon in a sustainable way.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	10
2.1.1 METODOLOGIA DA ACV	15
2.1.1.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO.....	15
2.1.2 SISTEMA DE PRODUTO	18
2.1.2.1 A FUNÇÃO DO PRODUTO	20
2.1.2.2 A UNIDADE FUNCIONAL	20
2.1.2.3 FLUXO DE REFERÊNCIA	21
2.1.2.4 FRONTEIRAS DO SISTEMA DE PRODUTO.....	21
2.1.3 ANÁLISE DE INVENTÁRIO	21
2.1.3.1 COLETA DE DADOS	22
2.1.3.2 PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO	22
2.1.3.3 ALOCAÇÃO	23
2.1.4 AVALIAÇÃO DE IMPACTO.....	23
2.1.5 INTERPRETAÇÃO	25
2.2 BIODIESEL	26
2.2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS	27
2.2.2 PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO MUNDO E NO BRASIL	30
2.2.3 MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL	33
2.2.3.1 ÓLEOS VEGETAIS.....	33
2.2.3.1.1 GORDURAS ANIMAIS	35
2.2.3.1.2 ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS.....	36
2.2.3.1.3 METANOL E ETANOL	38
2.2.3.1.4 CATALISADORES	40
2.2.4 MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL	40
2.2.4.1 CRAQUEAMENTO TÉRMICO OU PIROLÍSE.....	41
2.2.4.2 ESTERIFICAÇÃO	42
2.2.4.3 TRANSESTERIFICAÇÃO	42
2.2.5 SUBPRODUTO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	44
2.2.6 ESPECIFICAÇÃO DO BIODIESEL	45
2.2.7 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO BIODIESEL	48

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	53
3.1 POTENCIAL DE CULTIVO DE DENDÊ NO ESTADO DO PARÁ	53
3.1.1 APTIDÃO CLIMÁTICA	57
3.1.2 APTIDÃO EDÁFICA.....	58
3.1.3 APTIDÃO COM RELAÇÃO AO RELEVO.....	59
3.1.4 APTIDÃO AGRÍCOLA PARA O CULTIVO DA PALMA DE ÓLEO.....	60
3.1.5 ANÁLISES ESPACIAIS PARA O USO E COBERTURA DA TERRA E RESTRICÇÕES LEGAIS.....	62
3.2 EXECUÇÃO DA ACV	68
3.2.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO.....	69
3.2.1.1 OBJETIVO	69
3.2.1.2 DEFINIÇÃO DO ESCOPO	69
3.2.1.2.1 FUNÇÃO DO PRODUTO, UNIDADE FUNCIONAL, FLUXO DE REFERÊNCIA E SISTEMA DE FRONTEIRA.....	69
3.2.1.2.2 SISTEMA DE PRODUTO.....	71
3.2.1.3 DEFINIÇÃO DO CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO.....	78
3.2.1.4 ANÁLISE DE INVENTÁRIO	79
3.2.1.4.1 INVENTÁRIO DO BIODIESEL DE DENDÊ.....	79
INVENTÁRIO DO SUBSISTEMA AGRÍCOLA DE DENDÊ	80
3.2.1.4.2 INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE DOS CACHOS DE FRUTOS NA DENTAUÁ E AGROPALMA	96
3.2.1.4.3 INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PALMA	97
3.3 DESEMPENHO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE DENDÊ .	146
3.3.1 ENERGIA PARA PRODUÇÃO DE DENDÊ	146
3.3.2 ENERGIA PARA PRODUÇÃO ÓLEO DE DENDÊ.....	148
3.3.3 ENERGIA PARA PRODUÇÃO BIODIESEL DE ÓLEO DE DENDÊ	149
 CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	 152
4.1 ANÁLISES DOS RESULTADOS DO POTENCIAL DO CULTIVO DE DENDÊ NO PARÁ.....	152
4.2 CONSUMOS DE PETRÓLEO, CARVÃO E GÁS NATURAL NA DENTAUÁ E AGROPALMA.....	154
4.3 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	158
4.4 EFLUENTES LÍQUIDOS.....	166
4.5 RESÍDUOS SÓLIDOS	172
4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO BALANÇO ENERGÉTICO.....	178

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	183
5.1 POTENCIAL DE CULTIVO DE DENDÊ NO ESTADO DO PARÁ	183
5. 2 CONSUMO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E CONTRIBUIÇÃO DAS EMISSIONES NAS FASES DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL	184
5.3 DESEMPENHO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE DENDÊ ..	185
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	186
APÊNDICE	198

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - ENERGIA RENOVÁVEL.....	3
FIGURA 2.1 - ESTRUTURA DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA.....	15
FIGURA 2.2 - DIMENSÕES DE ESTUDO DE ACV	17
FIGURA 2.3 - SISTEMA DE PRODUTO PARA ANÁLISE DE ICV.....	19
FIGURA 2.4 - EXEMPLO DE UM CONJUNTO DE UNIDADES DE PROCESSO EM UM SISTEMA DE PRODUTO.....	20
FIGURA 3.1 - DIAGRAMA DAS OPERAÇÕES REALIZADAS NO PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES.....	54
FIGURA 3.2 - MODELO DE OBTENÇÃO DA VULNERABILIDADE PARA AS UTBS..	55
FIGURA 3.3 - MAPA DE APTIDÃO CLIMÁTICA PARA CULTIVO DE DENDÊ.....	58
FIGURA 3.4 - MAPA DE APTIDÃO COM RELAÇÃO AO RELEVO	59
FIGURA 3.5 - MAPA DE APTIDÃO COM RELAÇÃO AO RELEVO	60
FIGURA 3.6 - MAPA DE APTIDÃO EDÁFICA X RELEVO.....	61
FIGURA 3.7 - MAPA DE APTIDÃO AGRÍCOLA	62
FIGURA 3.8 - MAPA DO MACRO ZEE DO ESTADO DO PARÁ.....	63
FIGURA 3.9 - MAPA DO USO DA TERRA NO PARÁ (PRODES, 2008)	64
FIGURA 3.10 – MAPA DE APTIDÃO AGRÍCOLA, ÁREAS ESPECIALMENTE PROTEGIDAS E FLORESTA NATIVA NO ESTADO DO PARÁ.....	65
FIGURA 3.11 - FASES DESENVOLVIDAS NO ESTUDO ADOTANDO A ABORDAGEM DO BERÇO AO PORTÃO DE FÁBRICA	70
FIGURA 3.12 - PRINCIPAIS SUBSISTEMAS DO SISTEMA DE PRODUTO.....	72
FIGURA 3.13 - SUBSISTEMA DE AGRICULTURA DE DENDÊ.....	73
FIGURA 3.14 - SUBSISTEMA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE DENDÊ	74
FIGURA 3.15 - SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE ETANOL ANIDRO	75
FIGURA 3.16 - SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO	77
FIGURA 3.17 - SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	78
FIGURA 3.18 - FLUXOGRAMA DO INVENTÁRIO DA FASE AGRÍCOLA	82
FIGURA 3.19 - FLUXOGRAMA DO INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE DENDÊ.....	97
FIGURA 3.20 - FLUXOGRAMA DO INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO DE ETANOL ANIDRO.....	111
FIGURA 3.21 - FLUXOGRAMA DO INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE DENDÊ.....	132

FIGURA 4.1 - CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL – DENTAUÁ.....	157
FIGURA 4.2 - CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL – AGROPALMA	157
FIGURA 4.3 - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (%) – DENTAUÁ	163
FIGURA 4.4 - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (%) - DENTAUÁ	163
FIGURA 4.5 - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (%) – AGROPALMA	164
FIGURA 4.6 - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (%) – AGROPALMA	165
FIGURA 4.7 - EFLUENTES LÍQUIDOS (%) – DENTAUÁ	170
FIGURA 4.8 - EFLUENTES LÍQUIDOS (%) – DENTAUÁ	171
FIGURA 4.9 - EFLUENTES LÍQUIDOS (%) - AGROPALMA	171
FIGURA 4.10 - EFLUENTES LÍQUIDOS (%) - AGROPALMA	172
FIGURA 4.11 - RESÍDUOS SÓLIDOS (%) - DENTAUÁ	176
FIGURA 4.12 - RESÍDUOS SÓLIDOS (%) – DENTAUÁ.....	176
FIGURA 4.13 - RESÍDUOS SÓLIDOS (%) – AGROPALMA	177
FIGURA 4.14 - RESÍDUOS SÓLIDOS (%) - AGROPALMA	177

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - ÁREA POTENCIAL PARA O CULTIVO DO DENDÊ E ÁREA CULTIVADA	6
TABELA 1.2 - PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PALMA (POLPA DE DENDÊ) E ÓLEO DE PALMISTE (AMÊNDOA DE DENDÊ) NO BRASIL E ÁREA PLANTADA	7
TABELA 2.1 - PRODUÇÃO MENSAL E ANUAL DE BIODIESEL NO BRASIL (M³)	31
TABELA 2.2 - DISPONIBILIDADE DE ÓLEOS VEGETAIS NO BRASIL - 2006.....	34
TABELA 2.3 - PARÂMETROS DO METANOL E ETANOL	39
TABELA 2.4 - ESPECIFICAÇÃO DO BIODIESEL	46
TABELA 3.1 - QUANTITATIVO DE ÁREAS POTENCIAIS E DE RESTRIÇÕES PARA O CULTIVO DE DENDÊ NO ESTADO DO PARÁ	66
TABELA 3.2 – INVENTÁRIO PARCIAL DA FASE AGRÍCOLA DO CULTIVO DE UM HECTARE-ANO DE DENDÊ	82
TABELA 3.3 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA AGRICULTURA DE 1 HA-ANO DE DENDÊ A DENTAUÁ.....	91
TABELA 3.4 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA AGRICULTURA DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA AGROPALMA.....	94
TABELA 3.5- INVENTÁRIO PARCIAL DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE ÓLEO DENDÊ NA DENTAUÁ	98
TABELA 3.6 - INVENTÁRIO PARCIAL DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE ÓLEO DENDÊ NA AGROPALMA.....	98
TABELA 3.7 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE ÓLEO DE PALMA NA DENTAUÁ.....	100
TABELA 3.8 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE ÓLEO DE PALMA NA AGROPALMA	103
TABELA 3.9 - INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO DE 968 KG DE ÓLEO DE DENDÊ NA DENTAUÁ PARA PRODUZIR 1000 KG DE BIODIESEL	105
TABELA 3.10 - INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO DE 968 KG DE ÓLEO DE PALMA NA AGROPALMA PARA PRODUZIR 1000 KG DE BIODIESEL.....	109
TABELA 3.11 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE 158 KG DE BIOETANOL ANIDRO NO TRECHO ULIANÓPOLIS-DENTAUÁ (359 KM).....	117
TABELA 3.12 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE 158 KG DE BIOETANOL ANIDRO NO TRECHO ULIANÓPOLIS-AGROPALMA (452 KM).....	120

TABELA 3.13 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 3,9 KG DE SODA CÁUSTICA PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG BIODIESEL	125
TABELA 3.14 - INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO E TRANSPORTE NO TRECHO BELÉM - SANTO ANTÔNIO DO TAUÁ (61,3 KM) DE 3,9 KG DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL.....	128
TABELA 3.15 - INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO E TRANSPORTE NO TRECHO BELÉM - TAILÂNDIA (173 KM) DE 3,9 KG DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL.....	130
TABELA 3.16 - INVENTÁRIO PARCIAL PARA A PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL.....	133
TABELA 3.17 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL NA DENTAUÁ.....	135
TABELA 3.18 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL NA AGROPALMA	141
TABELA 3.19 - ENERGIA PARA PRODUIR UM HECTARE DE DENDÊ NO PARÁ.....	146
TABELA 3.20 - ENERGIA PARA PRODUIR 1000 KG DE ÓLEO DE DENDÊ NO PARÁ.....	149
TABELA 3.21 - ENERGIA PARA PRODUIR 1000 KG DE BIODIESEL NO PARÁ..	151
TABELA 4.1 - CONSUMO DE COMBUSTÍVEL FÓSSIL PARA PRODUIR 1000 KG DE BIODIESEL.....	154
TABELA 4.2 - CONSUMO DE COMBUSTÍVEL FÓSSIL PARA PRODUIR 1000 KG DE BIODIESEL POR FASE DE PRODUÇÃO.....	155
TABELA 4.3 - PORCENTAGEM DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL FÓSSIL EM CADA UMA DAS FASES DE PRODUÇÃO EM RELAÇÃO AO CONSUMO TOTAL.	156
TABELA 4.4 - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NA PRODUÇÃO 1000 KG DE BIODIESEL.....	159
TABELA 4.5 - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NA PRODUÇÃO DE 1000 KG BIODIESEL DE DENDÊ NAS FASES DE PRODUÇÃO	159
TABELA 4.6 - EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NA PRODUÇÃO DE 1000 KG BIODIESEL DE DENDÊ NAS FASES DE PRODUÇÃO.	160
TABELA 4.7 - PORCENTAGEM DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NA PRODUÇÃO DE 1000 KG BIODIESEL DE DENDÊ.....	161
TABELA 4.8 - PORCENTAGEM DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NA PRODUÇÃO DE 1000KG BIODIESEL DE DENDÊ.....	162

TABELA 4.9 - EFLUENTE LÍQUIDOS NA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL.....	166
TABELA 4.10 - EFLUENTES LÍQUIDOS NA PRODUÇÃO DE 1000 KG BIODIESEL DE DENDÊ POR FASE DE PRODUÇÃO	168
TABELA 4.11 - PORCENTAGEM DOS EFLUENTES LÍQUIDOS NA PRODUÇÃO DE 1000 KG BIODIESEL DE DENDÊ.....	169
TABELA 4.12 - EMISSÕES DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA PRODUÇÃO 1000 KG DE BIODIESEL.....	173
TABELA 4.13 - RESÍDUOS SÓLIDOS PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL DE DENDÊ POR FASE DE PRODUÇÃO	175
TABELA 4.14 - PORCENTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL DE DENDÊ.....	174
TABELA 4.15 – BALANÇO ENERGÉTICO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	180
TABELA 4.16 – BALANÇO ENERGÉTICO DE ENERGIA FÓSSIL PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	181
TABELA A1 - MÃO DE OBRA PARA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE UM HECTARE DE DENDÊ	198
TABELA A2 - INVENTÁRIO PARA EXTRAÇÃO DE 1000 KG DE PETRÓLEO E CONVERSÃO PARA 2,84 KG DE PETRÓLEO	199
TABELA A3 - INVENTÁRIO PARA O TRANSPORTE MARÍTIMO DE 1000 KG KM DE PETRÓLEO	200
TABELA A4 - INVENTÁRIO PARA PRODUÇÃO DE 1 KG DE ÓLEO DIESEL E 1 KG DE ÓLEO COMBUSTÍVEL	201
TABELA A5 - INVENTÁRIO DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE 1000 KG KM DE PETRÓLEO IMPORTADO.....	202
TABELA A6 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE PETRÓLEO IMPORTADO.....	203
TABELA A7 - INVENTÁRIO PARA O REFINO DE 1 KG DE PETRÓLEO NACIONAL E IMPORTADO E CONVERSÃO PARA 2,62 KG.....	204
TABELA A8 - INVENTÁRIO PARA A PRODUÇÃO DE 1 MJ DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL E CONVERSÃO PARA 0,296MJ.....	205
TABELA A9 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO REFINO DE 2,62 KG DE PETRÓLEO	207
TABELA A10 - PRODUÇÃO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E FATORES DE ALOCAÇÃO.....	209

TABELA A11 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO PARA A PRODUÇÃO DE 1 KG DE ÓLEO DIESEL	210
TABELA A12 - INVENTÁRIOS PARA A PRODUÇÃO DE 1000 KG DE CADA UM DOS FERTILIZANTES N, P ₂ O ₅ E K ₂ O	212
TABELA A13 - INVENTÁRIO PARCIAL DOS FERTILIZANTES PARA O CULTIVO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA EMPRESA DENTAUÁ	214
TABELA A14 - INVENTÁRIO PARCIAL PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES PARA O CULTIVO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA EMPRESA AGROPALMA.....	216
TABELA A15 - FATORES DE EMISSÃO PARA A QUEIMA DE 1 KG DE DIESEL...	216
TABELA A16 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DOS FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA DENTAUÁ	218
TABELA A17 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DOS FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ AGROPALMA	223
TABELA A18 - INVENTÁRIO DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA DENTAUÁ.....	226
TABELA A19 - INVENTÁRIO DO TRANSPORTE MARÍTIMO DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA AGROPALMA	227
TABELA A20 - INVENTÁRIO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NO TRECHO BARCARENA-DENTAUÁ	228
TABELA A21 - INVENTÁRIO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NO TRECHO BARCARENA-AGROPALMA.....	229
TABELA A22 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA DENTAUÁ.	230
TABELA A23 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA AGROPALMA.....	232
TABELA A24 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA DENTAUÁ	234
TABELA A25 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA AGROPALMA.....	236
TABELA A26 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA PREPARAR A ÁREA PARA CULTIVO DE 1 HA DENDÊ, TEMPO E CONSUMO DE DIESEL	238

TABELA A27 - INVENTÁRIO DA PREPARAÇÃO DA ÁREA PARA O CULTIVO DE 1 HA – ANO DE DENDÊ NA AGROPALMA E NA DENTAUÁ	239
TABELA A28 - INVENTÁRIO DA COLHEITA DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA DENTAUÁ	241
TABELA A29 - INVENTÁRIO DA COLHEITA DE 1 HA-ANO DE DENDÊ NA AGROPALMA.....	243
TABELA A30 - INVENTÁRIO PARCIAL DO TRANSPORTE DE CACHOS DE FRUTOS NA DENTAUÁ E AGROPALMA.....	245
TABELA A31 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DE TRANSPORTE DE CACHOS DE FRUTOS FRESCOS NA DENTAUÁ.....	246
TABELA A32 – INVENTÁRIO DO TRANSPORTE DE CACHOS DE FRUTOS FRESCOS NA AGROPALMA.....	248
TABELA A33 - EMISSÕES DA QUEIMA DE FIBRAS E CASCAS NA DENTAUÁ E AGROPALMA.....	250
TABELA A34 – INVENTÁRIO PARCIAL DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE ÓLEO DE PALMA NA DENTAUÁ.....	251
TABELA A35 – INVENTÁRIO PARCIAL DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE ÓLEO DE PALMA NA AGROPALMA.....	252
TABELA A36 - INVENTÁRIO PARCIAL PARA A PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIOETANOL ANIDRO	253
TABELA A37 - INVENTÁRIO PARCIAL DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE CANA DE AÇÚCAR	254
TABELA A38 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE HERBICIDAS E 1000 KG CLORPIRIFÓS ETIL	255
TABELA A39 - INVENTÁRIO DA QUEIMA DA PALHA CORRESPONDENTE A 1000 KG DA CANA DE AÇÚCAR.....	257
TABELA A40 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE CALCÁRIO	258
TABELA A41 – INVENTÁRIO PARCIAL DA PRODUÇÃO DE 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR	260
TABELA A42 - INVENTÁRIO PARCIAL PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES PARA PRODUÇÃO DE 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR	263
TABELA A43 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DOS FERTILIZANTES PARA A CULTIVO DE 2407KG DE CANA DE AÇÚCAR.....	263
TABELA A44 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE DE FERTILIZANTES PARA A PRODUÇÃO DE 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR.....	266

TABELA A45 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DOS FERTILIZANTES PARA O CULTIVO DE 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR.....	268
TABELA A46 - INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO DE 12 KG DE CALCÁRIO.....	271
TABELA A47 - INVENTÁRIO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE 12 KG CALCÁRIO DE NO TRECHO BANDEIRANTES DO TOCANTINS (TO) - ULIANÓPOLIS (PA) ...	273
TABELA A48 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE TERRESTRE 12 KG DE CALCÁRIO NO TRECHO BANDEIRANTES DO TOCANTINS (TO) – ULIANÓPOLIS (PA).....	274
TABELA A49 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DE 12 KG DE CALCÁRIO PARA A PRODUÇÃO DE 240 KG DE CANA DE AÇÚCAR.....	276
TABELA A50 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 6,5 E-02 DE HERBICIDAS E 9, 12 E – 04KG CLORPIRIFÓS ETL.	278
TABELA A51 - INVENTÁRIO DA QUEIMA DA PALHA CORRESPONDENTE A 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR.....	280
TABELA A52 - INVENTÁRIO DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE ÓLEO DIESEL PELO MAQUINÁRIO AGRÍCOLA NA PRODUÇÃO DE 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR.	281
TABELA A53 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR.....	283
TABELA A54 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA QUEIMA DE 674 KG DE BAGAÇO DE CANA PROVENIENTE DO PROCESSAMENTO DE 2407 KG DE CANA DE AÇÚCAR	287
TABELA A55 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO DE 158 KG DE BIOETNAOL ANIDRO	288
TABELA A56 - INVENTÁRIO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE BIOETANOL ANIDRO NO TRECHO ULIANÓPOLIS- SANTO ANTÔNIO DO TAUÁ (359 KM)	293
TABELA A57 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DO TRANSPORTE TERRESTRE DE BIOETANOL PARA PRODUÇÃO DE 1000 KG DE BIODIESEL NO TRECHO ULIANÓPOLIS-DENTAUÁ (359 KM)	294
TABELA A58 - INVENTÁRIO PARA A GERAÇÃO DE 1GJ DE ENERGIA TÉRMICA PELO ÓLEO COMBUSTÍVEL E CONVERSÃO PARA 16,8 MJ.....	295
TABELA A59 - INVENTÁRIO CONSOLIDADO DA PRODUÇÃO E USO DE 0,418 KG DE ÓLEO COMBUSTÍVEL	297

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A humanidade está diante do desafio de criar uma sociedade sustentável. Promover o desenvolvimento com sustentabilidade exige cada vez mais atenção dos governos, empresas, universidades e organizações não governamentais. Essa situação é caracterizada pelo processo acelerado de globalização, crescimento da população, industrialização, aumento no consumo, redução dramática dos recursos naturais, e elevados impactos ambientais. A formulação de políticas públicas e a operacionalização de estratégias para superar essas questões é de difícil implementação e obtenção de resultados satisfatórios em um intervalo de tempo relativamente curto.

A Conferência de Estocolmo (1972), o Relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento (RELATÓRIO BRUNDLAND, 1987), A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano (Rio 92), a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Johannesburgo, 2002) foram instrumentos importantes para que lideranças mundiais reconhecessem que é necessário promover mudanças nos padrões insustentáveis de consumo e produção.

Uma das questões que tem causado muitas preocupações em todo o mundo são as alterações no clima. Este assunto foi tratado pela primeira vez na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, realizada em Nova York, em 9 de maio de 1992. A sua vigência iniciou-se em 21 de março de 1994. As Conferências das Partes signatárias da Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas (COPs) passaram a ser realizadas uma vez por ano, tendo sido a COP1 realizada em 1995, em Berlim na Alemanha e a mais recente a COP16, realizada em 2010, em Cancún no

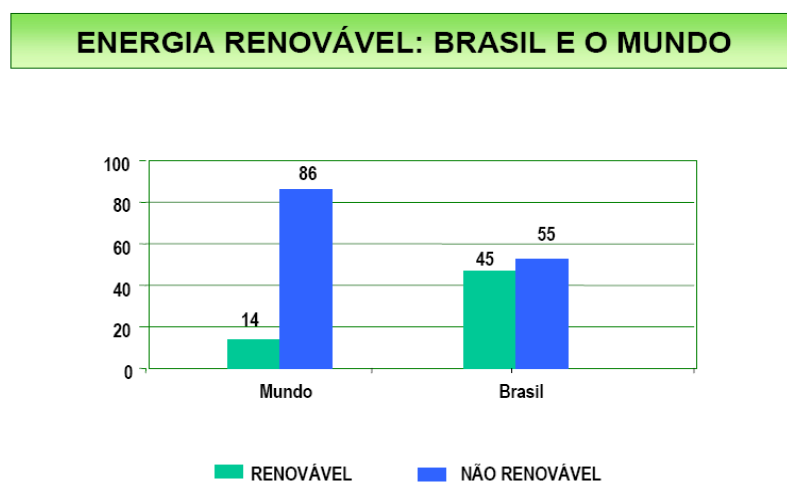
México. Desde a COP3, realizada em 1997, em Quioto (Japão), quando então foi assinado o Protocolo de Quioto, tem-se dado ênfase a utilização de mecanismos de mercado, visando não somente a redução dos custos da mitigação do efeito estufa, mas o estabelecimento de um desenvolvimento sustentável em países subdesenvolvidos. A concepção do Protocolo de Quioto teve como principal objetivo reverter a tendência histórica de crescimento das emissões de gases de efeito estufa (SISTER GABRIEL, 2007).

No “PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO”, principal documento que resultou da Conferência de Johannesburgo, líderes mundiais recomendam “**mudanças fundamentais na forma da sociedade produzir e consumir**”. Resolvem “**incentivar e promover o desenvolvimento num período de 10 anos de programas de apoio a iniciativas regionais e nacionais para acelerar a transição para a produção e consumo sustentável**”. Recomendou, também, o uso de ferramentas, políticas e mecanismos de avaliação baseado na **Análise do Ciclo de Vida** para promover padrões sustentáveis de produção e consumo e o aumento da eco-eficiência de produtos e serviços.

Em 2005, o secretário-geral da Organização das Nações Unidas (ONU) apresentou à comunidade internacional a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (AEM) - o maior inventário sobre a capacidade do planeta de continuar a prover os recursos básicos para a população - esta avaliação iniciou em 2000 tendo sido elaborada por 1360 cientistas de 95 países, e revista por um conselho formado por 80 integrantes, que levaram em conta comentários críticos de 850 especialistas. Este documento apresentou 24 serviços ambientais considerados essenciais para a vida no planeta, dentre eles a água, e o ar limpos, a regulação do clima e a produção de alimentos, fibras e energia. Desse total de serviços ambientais apresentados, 15 estão perdendo gradativamente a sua função ou desaparecendo (ALMEIDA, 2007)

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM) se constitui uma base científica para os governos, empresas e sociedade civil desenvolverem ações que favoreçam a conservação, o manejo sustentável e o uso adequado dos ecossistemas e seus serviços.

No que tange a questão energética o Brasil é um dos países que pode servir de modelo para o mundo tendo como base sua matriz energética onde 45%, é composta por energia renovável enquanto a matriz energética mundial conta com apenas 14% de energia renovável (Figura 1.1).



Fonte: MME, 2006

Figura 1.1 - Energia Renovável. Fonte:figura retirada de MME (2006).

Em todo o mundo o centro das atenções dos pesquisadores, governos e empresas estão voltados para aumentar a participação das energias renováveis na matriz energética do planeta.

O consumo mundial de combustíveis é da ordem de 600 bilhões de litros dos quais apenas 10% são biocombustíveis (PETROBRÁS, 2008) com a predominância de álcool de cana de açúcar e milho.

A flutuação no preço do petróleo, questões relativas a insegurança energética, a conscientização mundial sobre a contribuição dos combustíveis fósseis para o aquecimento global e as preocupações com a sustentabilidade do planeta exigem a ampliação da produção de biocombustíveis em todo o mundo. Além disso, a produção de biocombustíveis pode criar oportunidades de emprego e melhoria de qualidade de vida de pessoas que vivem na zona rural, principalmente dos países emergentes.

A localização geográfica, as condições climáticas, a disponibilidade de energia solar e as condições tecnológicas destacam o Brasil como um país com enorme potencial para ampliar a produção de energia renovável. As oportunidades mais promissoras para que isso venha acontecer num período de tempo relativamente curto são o aproveitamento adequado do potencial hidrelétrico disponível, e a ampliação da produção de biocombustíveis como o álcool oriundo da cana de açúcar e o biodiesel a partir das oleaginosas, gordura animal, e óleos vegetais residuais. O país reúne o maior quantitativo de vantagens comparativas para ser o líder mundial em agroenergia. Segundo GOLDEMBERG *et al.*(2008), uma vantagem comparativa que se destaca é a perspectiva de incorporação de novas áreas à agricultura de energia, sem ocorrer competição com a agricultura de alimentos como acontece em outros países. O Brasil possui um quantitativo significativo de áreas de pastagens degradadas e sem uso, principalmente na Amazônia.

Atualmente o diesel de petróleo tem uma participação de 17,3% na matriz energética brasileira. Cerca de 83% desse total é utilizado principalmente nos sistemas de transportes: urbano, rodoviário, e fluvial. O restante é utilizado na agricultura e na geração de eletricidade em cidades e comunidades isoladas principalmente na Amazônia (MME, 2007).

No ano de 2007 o Brasil consumiu 43 bilhões de litros de óleo diesel dos quais cerca de quatro bilhões de litros foram importados, representando um gasto da ordem de 5 bilhões de dólares. Nesse mesmo ano o Pará consumiu 1,5 bilhões de litros de óleo diesel (ANP, 2008). Desse total, cerca de 92% foi consumido no sistema de transporte rodoviário e fluvial, 2,6% no setor agropecuário e o restante no setor industrial (BEEPA, 2006).

O uso de biodiesel em substituição ao diesel além de contribuir significativamente para a sustentabilidade do planeta representa a economia de divisas para o país e a geração de empregos no campo e nas indústrias.

Face a essas questões o governo brasileiro lançou em 2004 o PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL (PNPB) cujo objetivo é a ***“implementação de forma sustentável, tanto técnica, como economicamente, a produção e uso do Biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda”***. No dia 13 de janeiro de 2005 publicou no Diário Oficial da União a Lei 11.097, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, altera leis afins e dá outras providências. Essa Lei estabeleceu a obrigatoriedade da adição de 2% de biodiesel no óleo diesel (B2) desde janeiro de 2008, 3% (B3) a partir de 2011 e uma adição de 5% de biodiesel no óleo diesel (B5) a partir de janeiro de 2013. Com base no consumo de diesel de petróleo atual isto significa uma demanda anual de biodiesel da ordem de 800 milhões, 1,2 bilhões, e 2 bilhões de litros de biodiesel respectivamente. A organização do setor de biodiesel e a capacidade industrial instalada fez com que o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), antecipasse para julho de 2008 a obrigatoriedade do uso de 3% de biodiesel no óleo diesel (RES. Nº 2 - CNPE, 2008). Ampliou a obrigatoriedade mínima para 4% de adição de biodiesel ao óleo diesel a partir de 1º de julho de 2009 (RES. Nº 2 – CNPE, 2009). Antecipou para 1º de janeiro

de 2010 o percentual mínimo obrigatório de 5% de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final (RES. Nº 6 – CNPE, 2009).

No ano de 2010 foi lançado em Tomé Açu (Pará), o Programa Nacional de Óleo de Palma com o propósito de ampliar a área plantada de dendê para 130.000 ha até 2014. A transformação do óleo de dendê em biodiesel será feita pela Petrobrás que deverá construir uma indústria de biodiesel com capacidade para produzir 120 milhões de litros de biodiesel por ano, e duas indústrias de produção de óleo de dendê.

A Amazônia tem o maior potencial para cultivo de dendê no mundo, ainda muito pouco explorado apesar da cultura do dendê ser hoje uma das mais importantes atividades agroindustriais das regiões tropicais úmidas. São 70 milhões de hectares distribuídos em oito estados dos quais apenas 62,5 mil hectares são cultivados. (AGRIANUAL, 2008). Além desses estados temos a Bahia, como o único estado, no Brasil, fora da Amazônia, que possui as condições edafo-climáticas para o cultivo do dendê. O potencial de cultivo na Bahia é de 900.000 ha (SEAGRI, 2006) e a área cultivada é somente 1.400 ha (AGRIANUAL,2008).

Tabela 1.1 - Área potencial para o cultivo do dendê e área cultivada.

Estados	Área potencial para cultivo (1000 ha)	Área Cultivada (ha)
Acre	2.500	-
Amapá	500	-
Amazonas	54.500	2.910
Bahia	900	1.400
Mato Grosso	500	-
Pará	5.000	59.543
Rondônia	2.000	-
Roraima	4.000	-
Tocantins	1.000	-
Total	70.400	63.853

Fonte:VEIGA *et al.*(2001), AGRIANUAL (2008).

Os valores de potencial de cultivo de dendê na Tabela 1.1 foram obtidos considerando-se as condições edafo-climáticas adequadas para desenvolvimento do cultivo do dendê. Não é considerado as restrições legais ao uso da terra. No caso do estado do Pará há necessidade de considerar o Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado (Lei 6.745/2005).

O Estado do Pará é líder na produção de óleo de dendê, com de 95% da produção nacional. Na ordem decrescente, os responsáveis pela produção dos outros 5% são os estados do Amazonas e Bahia (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 - Produção de óleo de palma (polpa de dendê) e óleo de palmiste (amêndoa de dendê) no Brasil e área plantada.

Estado/Empresa	Área (ha)	Produção de Óleo (toneladas)	
		Óleo de Palma	Óleo de Palmiste
PARÁ	59.543	152.200	13.050
Agropalma	39.543	121.000	10.400
Denpasa	1.500	n.d	n.d
Codenpa	2.700	3.000	250
Dentauá	3.500	7.500	700
Palmasa	4.200	6.000	600
Marborges	3.800	11.200	1.100
Mejer/Yossan	4.300	3.500	n.d
BAHIA	1.400	8.000	1.000
Oldesa	1.000	4.000	1.000
Opalama	400	n.d	n.d
Mutupiranga	n.d	n.d	n.d
Jaguaribe	n.d	n.d	n.d
Roldões	n.d	4.000	n.d
AMAZONAS	2.910	n.d	n.d
Caiuaé	2.500	n.d	n.d
Embrapa(Área de Pesquisa)	410	n.d	n.d
TOTAL BRASIL	63.853	160.200	14.050

Fonte: AGRIANUAL, 2008.

É a cultura que mais produz óleo por unidade de área plantada dentre todas as demais oleaginosas mapeadas existentes no Brasil, em média são 4 a 6 toneladas de óleo/ha-ano e pode produzir durante um período de 25 a 30 anos. A produtividade por hectare de dendê é cerca de 10 vezes superior a produtividade da soja. Tem um grande potencial para gerar novos empregos e aumentar a renda das famílias, principalmente por disponibilizar uma produção durante todo o ano. É uma planta de alta fixação de carbono, podendo ser usada como reflorestamento de áreas degradadas e ter uma participação efetiva no Movimento de Desenvolvimento Limpo (MDL) com a comercialização de créditos de carbono.

O óleo de dendê pode ser obtido da polpa (óleo de palma) e das amêndoas (óleo de palmiste). Podem ser utilizados como matéria-prima para produção de biodiesel, no entanto, o óleo de palmiste não é adequado sob o ponto de vista econômico, considerando o seu preço mais elevado principalmente no mercado internacional.

Portanto, em perspectiva o dendê poderá ser importante matéria-prima de produção de biodiesel no estado do Pará. É, ainda, muito pouco explorado no Brasil. Na Malásia viabilizou a reforma agrária. É o óleo vegetal com maior volume de produção no mundo ficando o volume de produção de soja em segundo lugar.

Contudo, as informações disponíveis como a produtividade de óleo por unidade de área plantada, a produtividade de óleo por unidade de massa, os custos energéticos e materiais não são suficientes para tomar decisão sobre o uso adequado desta extraordinária oportunidade de produção de óleo vegetal para produção de biodiesel. Para fazer comparações, planejamento energético, garantir competitividade e tomar decisões adequadas do ponto de vista ambiental, econômico, tecnológico e social é necessário a abordagem do ciclo de vida do biodiesel. Antes de demandar a ACV deve-se identificar quais questionamentos devem ser feitos. Essa abordagem

garante uma visão sistêmica do produto compreendendo todo o processo de produção que vai desde a retirada da natureza das matérias-primas que entram no sistema produtivo até a disposição final do produto.

Este trabalho tem o objetivo de identificar e quantificar impactos ambientais e energéticos da produção de biodiesel de dendê, utilizando-se a rota etílica, e o hidróxido de sódio como catalisador. A área de estudo é o Estado do Pará. Inicialmente realizamos um estudo para identificar o potencial de cultivo de dendê no Estado, tendo como base dados secundários das condições edafoclimáticas, de relevo, uso da terra e restrições ambientais. O inventário do ciclo de vida foi realizado para os principais insumos utilizados no processo produtivo agrícola, produção de óleo e produção de biodiesel de dendê. Determina-se o consumo de combustíveis fósseis e a contribuição das emissões mais relevantes em cada uma das fases de produção do biodiesel de dendê. Determina-se também o balanço energético na produção de biodiesel de dendê. A metodologia utilizada é a Análise de Ciclo de Vida (ACV), por ser uma abordagem que tem sido utilizada para a gestão da sustentabilidade de produtos e serviços. A ACV, tem demonstrado ser um instrumento de apoio na tomada de decisões para formulação, implementação de políticas públicas, e regulamentação de gestão de sistemas ambientais.

São utilizados dados primários e secundários. Os dados primários foram obtidos respectivamente junto às empresas DENTAUÁ e AGROPALMA, localizadas nos municípios de Santo Antônio do Tauá e Tailândia, através de visitas e reuniões técnicas com o objetivo de garantir a credibilidade das informações. Os dados secundários foram obtidos na literatura nacional e internacional.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) e a ecologia industrial surgem rigorosamente no mesmo período (LIFSET, 2006). A ACV e os esforços de desenvolvimento da Gestão do Ciclo de Vida (GCV), Pensamento do Ciclo de Vida (PCV) e política integrada de produtos, são componentes cruciais da ecologia industrial. São os meios pelos quais a ecologia industrial tenta realizar seu objetivo principal que é avaliar o papel potencial da indústria em reduzir a carga ambiental em todo o ciclo de vida do produto.

A difusão do conceito de Ecologia Industrial se intensificou na década de 90 do século passado. O artigo “Estratégias de Manufatura” (FROSCH e GALLOPOULOS, 1989), é considerado como referência para sua existência de forma consciente.

A Ecologia Industrial constitui-se uma tentativa de promover a reorganização no sistema industrial tendo como modelo o funcionamento do ecossistema natural, ou seja, o resíduo de um sistema pode se tornar um recurso para outro sistema. O seu desenvolvimento torna-se necessário considerando-se que o padrão de produção do sistema industrial atual é insustentável no longo prazo.

A ACV é uma técnica de avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida de um produto, processo ou serviço, compreendendo etapas que vão desde as retiradas da natureza das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo, à disposição do produto final, ou seja, uma abordagem do berço ao túmulo (CHEHEBE, 1997). Como instrumento de tomada de decisões esta ferramenta compreende fundamentos para o desenvolvimento e melhoria de produtos, o marketing ambiental e a comparação de diferentes opções de produtos e/ou materiais e serviços. As categorias gerais de impactos que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas.

Segundo CALDEIRA-PIRES *et al.* (2005), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um processo que tem como objetivo avaliar os impactos ao meio ambiente e a saúde associado a um produto, processo, serviço ou outra atividade econômica, em todo seu ciclo de vida. No longo prazo, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) pode prover as mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos, em parte devido ao efeito multiplicador ao longo da cadeia de produção, inclusive no uso otimizado de energia e de materiais, através do uso de processos de reciclagem e de reuso.

CURRAN (2006) define Análise do Ciclo de Vida (ACV) como uma ferramenta que pode ser usada para avaliar efeitos ambientais de um produto, processo ou atividade e que a metodologia da ACV é composta de quatro componentes: Definição de meta e escopo, Inventário do Ciclo de Vida (ICV), Avaliação de Impacto e Interpretação.

A SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry), Sociedade para Toxicologia e Química Ambiental, entre outras instituições, exerce um papel importante para o desenvolvimento da metodologia da ACV - constitui atualmente um dos mais conceituado fórum de discussão para os muitos aspectos correlacionados à

referida metodologia em âmbito mundial. A realização de um Workshop pela SETAC em 1990 ajudou a estabelecer consenso, e a definir termos e a estrutura da ACV.

Com a criação do Comitê Técnico em 1993 pela International Organization for Standardization (ISO) TC 207, em especial o subcomitê SC05, é criada a série de normas ISO 14040, voltada para a normalização de estudos em ACV (SONNEMANN *et al.*, 2003). Desde então, diversos estudos vêm sendo realizados para avaliar os impactos ambientais de produtos ou serviços.

No ano de 1994 é criado junto a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Grupo de Apoio a Normalização Ambiental (GANAA) com a finalidade de acompanhar e analisar os trabalhos do Comitê Técnico 207 (CT-207).

Em 1997, é editada a norma ISO 14040, sobre ACV. Posteriormente essa norma é traduzida e lançada pela NBR ISO 14040 (ABNT, 2001). Ela especifica a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos da avaliação do ciclo de vida. Esta norma estabelece que o ciclo de vida de um produto corresponde a todos os estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final. A ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais, de produtos ou serviços de uma organização que interagem com o meio ambiente, e os impactos potenciais associados a esses produtos ou serviços por todo seu ciclo de vida mediante a compilação das entradas e saídas do sistema de produto em estudo, a avaliação dos impactos ambientais associados a estes fluxos, e por fim a avaliação de impactos e interpretação de resultados de acordo com os objetivos do estudo. Neste mesmo ano é lançado no Brasil o livro “Análise do Ciclo de Produtos por CHEHEBE (1997), e o Centro de Tecnologia de Embalagens (CETEA/ITAL) inicia o Projeto de Análise de Ciclo de Vida de Embalagens.

Com o objetivo de elaborar as Normas Brasileiras de ACV e melhorar o desempenho ambiental e a competitividade das empresas nacionais a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou em 1999, o Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (CB-38).

Em 2002 é criada a Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV) e em 2007 o Brasil realiza em São Paulo a 2ª Conferência Internacional de Avaliação do Ciclo de Vida - CILCA, 2007.

Embora tenha sido dada maior ênfase a ACV em 1990, as primeiras tentativas de se avaliar o potencial de impacto ambiental de produtos ocorreram nos anos 60. Em 1965, com o objetivo de comparar tipos de embalagens para refrigerantes e determinar quais delas causariam menores impactos ambientais, a Coca-Cola realizou um estudo por meio do instituto de pesquisa MRI (Midwest Research Institute). Este estudo ficou conhecido como REPA (Resource and Environmental Profile Analysis).

O estudo feito pelo MRI, em 1974, para a EPA (Environmental Protection Agency) é referenciado como um marco para o que conceituamos hoje como Análise do Ciclo de Vida (ACV). Este estudo consiste no aprimoramento do estudo conhecido como REPA realizado anteriormente para a Coca-Cola.

O Ministério de Meio Ambiente da Suíça, no início dos anos 90, tendo como base a metodologia REPA contratou um estudo sobre materiais para embalagem que resultou em um banco de dados. Este banco de dados originou o primeiro software para realização de ACV, o Ökobase I e II (CHEHEBE, 1997).

Vários estudos sobre combustíveis foram realizados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. Com a crise de petróleo no início da década de 1970,

tanto o governo dos Estados Unidos como da Inglaterra ampliaram a realização de estudos de análises de energia na indústria.

Nesse período no mundo inteiro, intensifica-se as pesquisas em fontes alternativas de energia visando substituir derivados de petróleo. No Brasil é implantado o PROALCOOL (1975)

Ainda em 1974, outra avaliação conduzida por HUNT (1974), comparou nove diferentes tipos de recipientes para bebidas.

Os estudos sobre ACV foram arrefecidos na segunda metade da década de 70 com a aparente superação da crise de petróleo. O interesse pela ACV foi renovado quando na década de 80 o “Movimento Verde” na Europa trouxe a discussão a público tendo como base temas sobre reciclagem (CURRAN, 2006).

Inicialmente, os únicos interessados pela ACV eram os empresários e alguns cientistas e pesquisadores dos Estados Unidos e Europa.

Em 1985, as empresas de embalagens de alimentos da Europa foram obrigadas a monitorar o consumo de matérias primas e energia e a geração de resíduos sólidos por força de uma Diretiva da Comunidade Européia (CHEHEBE, 1997).

Atualmente, com a criação de grupos de pesquisa em ACV no Brasil e no mundo, o estabelecimento da Life Cycle Initiative (Iniciativa do Ciclo de Vida) pelo Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (PNUMA) e a Sociedade para Toxicologia e Química Ambiental, busca-se aprimorar a ACV e reduzir as incertezas envolvidas nas diversas etapas da técnica.

2.1.1 Metodologia da ACV

De acordo com a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2001) a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) deve incluir quatro fases de estudos compostas da definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados (Figura 2.1).

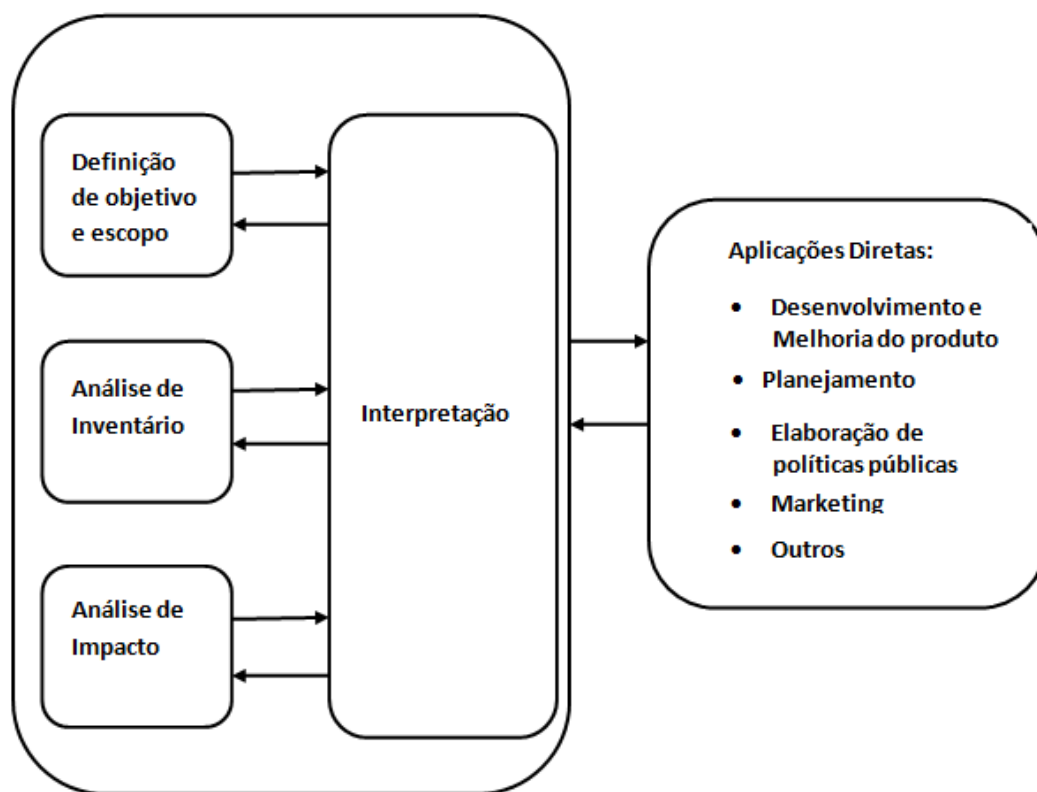


Figura 2.1 - Estrutura de avaliação de ciclo de vida.

2.1.1.1 Definição de Objetivo e Escopo

A definição de objetivos e escopo da ACV define a proposta do estudo, o produto esperado, as condições de fronteira e as suposições. Esta etapa tem sido sempre uma parte do estudo de ACV porque o processo de fixação de fronteiras e

definição do sistema de ciclo de vida específico a ser estudado é o primeiro passo essencial, para qualquer estudo de ACV. O aumento de interesse na ACV nos últimos cinco anos tem sido um catalisador para praticantes terem mais clareza desta etapa da ACV (CURRAN, 2006). O objetivo e o escopo se constituem parte fundamental de um estudo de ACV.

Definição do Objetivo

O objetivo de um estudo de ACV deve estabelecer, sem ambigüidade, a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público alvo, ou seja, para quem se espera comunicar os resultados do estudo.

Definição de Escopo

A ACV é uma técnica iterativa. A metodologia contempla a possibilidade de revisão do planejamento inicial. O conteúdo mínimo do escopo de uma ACV deve considerar três dimensões: a extensão, a largura e a profundidade da ACV, ou seja, onde iniciar e parar, quantos e quais subsistemas incluir e o nível de detalhes do estudo da ACV (CHEHEBE, 1997). Essas dimensões devem ser compatíveis e suficientes para atender os objetivos do estudo estabelecido anteriormente. A Figura 2.2 apresenta as dimensões de estudo de ACV.

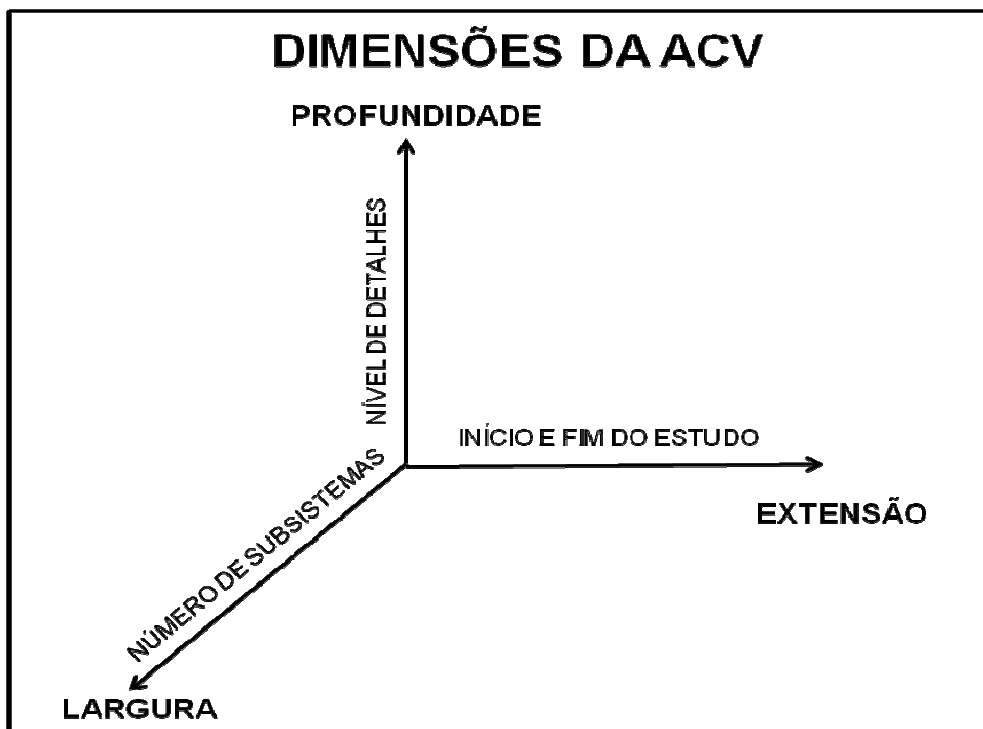


Figura 2.2 – Dimensões de estudo de ACV.

Com a finalidade de atingir o objetivo inicial do estudo, diversos aspectos considerados inicialmente podem ser alterados. Limitações e restrições, não previstas inicialmente ou informações adicionais podem influir inclusive na revisão do objetivo. É recomendado documentar as modificações e suas respectivas justificativas (ABNT, 2001).

O escopo do estudo de ACV deve considerar e descrever claramente o sistema de produto, a função do produto ou serviço, a unidade funcional, o fluxo de referência, as fronteiras do sistema de produto, os procedimentos de alocação e os requisitos de qualidade de dados.

2.1.2 Sistema de Produto

O sistema de produto é definido como um conjunto de processos elementares, conectados por fluxos de produtos intermediários, que realizam uma ou mais funções definidas. A Figura 2.3 apresenta um exemplo de um sistema de produto. Uma descrição de sistemas de produto inclui processos elementares, fluxos elementares, fluxos de produtos através da fronteiras do sistema (para dentro do sistema ou para fora dele) e fluxos de produtos intermediários dentro do sistema. (ABNT, 2004).

A característica essencial de um sistema de produto é a sua função. Não pode ser definida unicamente tendo como base os produtos finais.

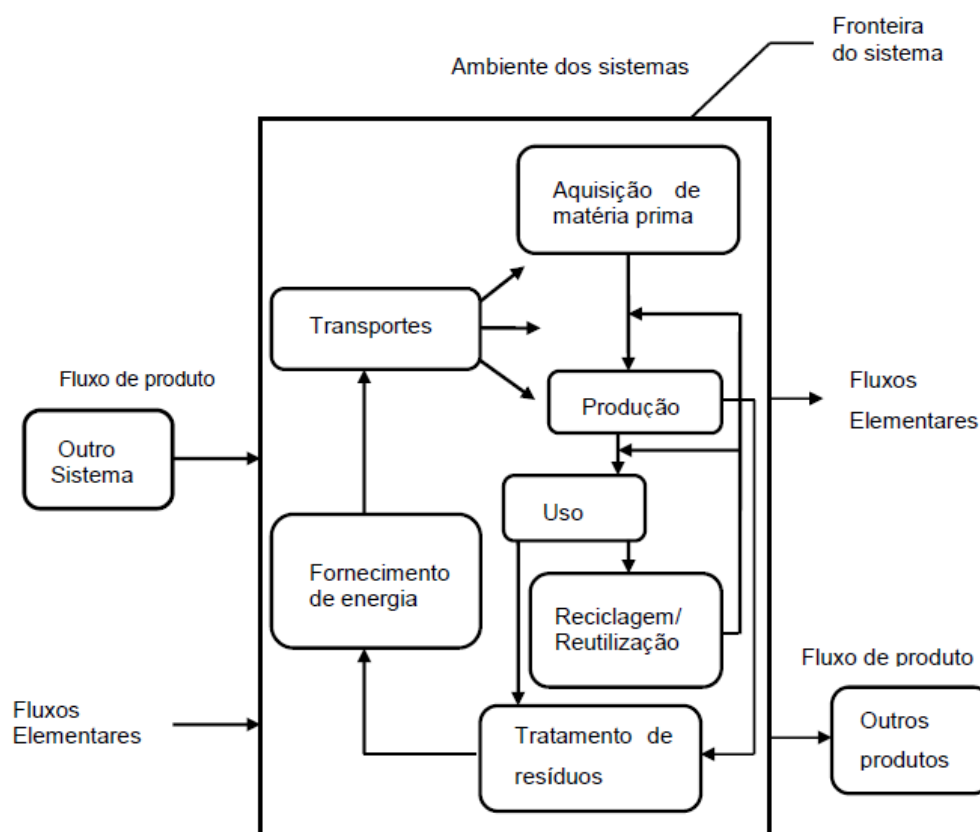


Figura 2.3 - Sistema de produto para análise de ICV.

Os processos elementares ou unidades de processo que compõem os sistemas de produtos são interligados uns aos outros, mediante fluxos de produtos intermediários e/ou resíduos para tratamento a outros sistemas de produto por fluxo de produto e ao meio ambiente por fluxos elementares. É a menor porção de um sistema de produtos para o qual são coletados dados quando é realizada uma avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A identificação de entradas e saídas do sistema de produto é facilitada quando fazemos a sua divisão em processos elementares ou unidades de processo. Na Figura 2.4 podemos ver exemplo de um conjunto de unidades de processo em um sistema de produto (ABNT, 2004).

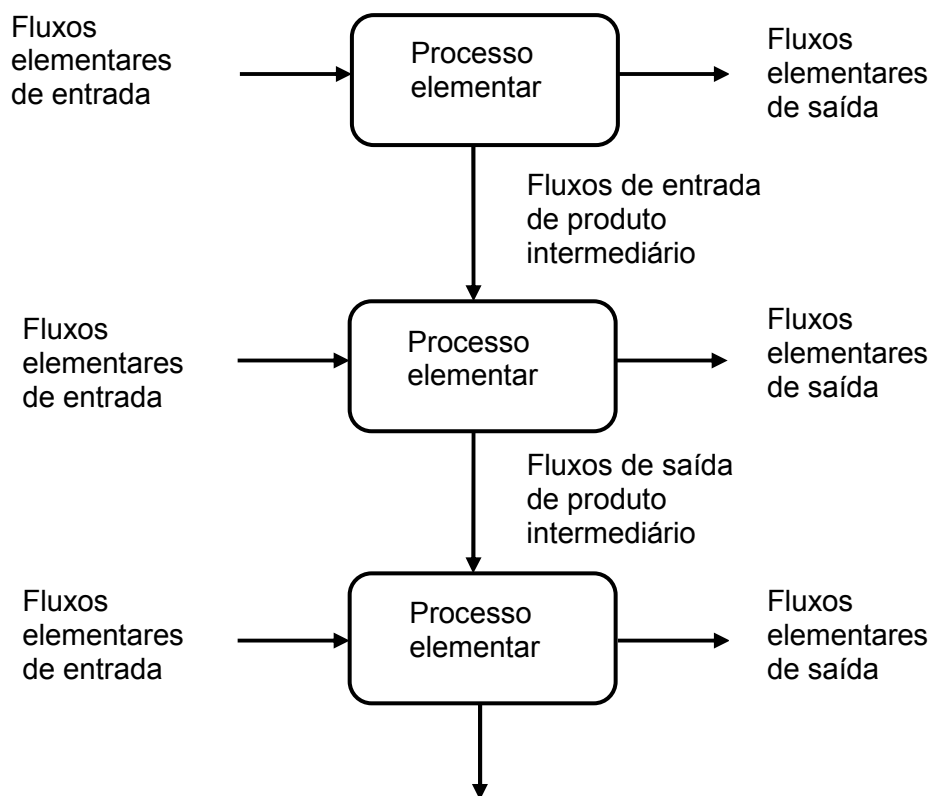


Figura 2.4 - Exemplo de um conjunto de unidades de processo em um sistema de produto.

2.1.2.1 A Função do Produto

Segundo CHEHEBE (1997), a função do produto define claramente a especificação (características de desempenho) do produto. O objetivo e o escopo do estudo de ACV é que determinam a seleção da função do produto. Quando o estudo é comparativo os produtos avaliados devem obrigatoriamente exercer a mesma função.

2.1.2.2 A Unidade Funcional

A unidade funcional define a quantificação da função do produto identificada com o propósito de fornecer uma referência com relação à qual os dados de entrada e

saída são padronizados ou normalizados. Além de claramente definida, a unidade funcional deve ser mensurável e consistente com o objetivo e escopo do estudo.

2.1.2.3 Fluxo de Referência

É o resultado da quantificação do produto que é necessário para cumprir a função, tendo como referência a definição da unidade funcional.

2.1.2.4 Fronteiras do Sistema de Produto

As fronteiras do sistema determinam as unidades de processo que devem ser incluídas no estudo.

Segundo CURRAN (2006) o meio ambiente envolve a fronteira de um sistema de produto. As entradas no sistema de produto são recursos naturais, incluindo recursos energéticos e materiais. A saída são recursos materiais e energéticos liberados para o ambiente na forma de rejeitos (emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos).

O ideal seria que o sistema de produto fosse modelado de tal forma que as entradas e saídas nas suas fronteiras fossem fluxos elementares. Contudo, na maioria dos casos há limitações de tempo, recursos e informações que não permitem um estudo mais abrangente. Devem ser selecionados os processos elementares e o nível de detalhe que serão estudados. Entradas e saídas que não mudarão de forma significativa as conclusões globais do estudo não devem ser consideradas (ABNT, 2004).

2.1.3 Análise de Inventário

Esta fase da ACV consiste na coleta de dados e quantificação de todas as variáveis (matéria-prima, energia, transporte, emissões para o ar, efluentes, resíduos

sólidos, etc.) envolvidas durante o ciclo de vida de um produto, processo ou atividade (CHEHEBE, 1997).

Segundo a ABNT (2001), o inventário do ciclo de vida é um processo iterativo. O levantamento de dados permite conhecer melhor o sistema de produto o que possibilita a identificação de novos requisitos ou limitações para os dados que requeiram uma mudança nos procedimentos de coleta de dados, de forma que os objetivos do estudo ainda sejam alcançados.

Os procedimentos necessários para a realização de um inventário são a coleta de dados, cálculos para adequação dos dados coletados ao fluxo de referência e a unidade funcional, e alocação.

2.1.3.1 Coleta de dados

A coleta de dados quantitativos e qualitativos é feita para cada unidade de processo que esteja incluída no interior das fronteiras do sistema de produto. A escassez de informações é um dos problemas a ser enfrentado. Essa é uma atividade intensiva no consumo de recursos principalmente tempo.

Para se obter informações relevantes ao estudo, recomenda-se inicialmente uma pesquisa bibliográfica e em seguida a elaboração de um questionário que será enviado às empresas envolvidas no sistema de produto (WENZEL *et al.*, 2000).

Às vezes há bastante dificuldade de obtenção de dados primários junto às empresas. Esta situação conduz a utilização de dados secundários na realização do estudo.

2.1.3.2 Procedimentos de Cálculo

Os procedimentos de cálculo são necessários para gerar os resultados do inventário, a partir dos dados levantados, para cada processo elementar e para a unidade funcional definida para o sistema de produto em estudo (ABNT, 2004).

2.1.3.3 Alocação

WENZEL *et al.* (2000), define alocação como um método de distribuição das contribuições dos impactos entre os diferentes resultados dos sistemas.

A maioria dos processos industriais produz mais de um produto e eles reciclam produtos intermediários ou descartados como matérias primas. Segundo a ABNT, (2004) os fluxos de materiais e energia, assim como as liberações ao meio ambiente associadas, devem ser alocados aos diferentes produtos de acordo com procedimentos claramente estabelecidos. A alocação sempre que possível deve ser evitada pela divisão do processo elementar a ser alocado em dois ou mais subprocessos e coletas dos dados de entrada e saída relativos a estes ou pela ampliação do sistema de produto para incluir as funções adicionais relativas aos co-produtos levando em consideração os requisitos da função, unidade funcional e fluxo de referência. No caso que não for possível evitar a alocação, é recomendável que as entradas e saídas do sistema sejam repartidas entre seus diferentes produtos ou funções, de um modo que reflita suas relações físicas subjacentes entre eles. Na impossibilidade de estabelecer esta relação, a norma recomenda que dados de entrada e saída podem ser alocados entre co-produtos em proporção ao valor econômico dos produtos.

2.1.4 Avaliação de Impacto

Nesta fase, são avaliados os resultados da análise dos Inventários do Ciclo de Vida do sistema de produto ou serviço com o objetivo de garantir uma melhor compreensão e o significado dos impactos potenciais ambientais, ABNT (2001). A Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) é uma parte do estudo de ACV composta de vários elementos obrigatórios e opcionais, ABNT (2004).

Elementos obrigatórios:

Seleção das categorias de impacto - são estabelecidas tendo como referência o conhecimento científico dos processos e mecanismos ambientais. Na seleção e definição de categorias são considerados os grandes focos da preocupação ambiental e os indicadores que o estudo realizará de acordo com o objetivo e escopo do estudo.

Classificação – significa classificar e agrupar os resultados da análise de inventário nas diversas categorias de impactos selecionadas e identificadas. Isso permite que as questões ambientais associadas àqueles resultados possam ser ressaltadas.

Caracterização – refere-se ao cálculo dos resultados dos indicadores. A conversão dos resultados do inventário do ciclo de vida é realizada para unidades comuns. A agregação dos resultados é feita dentro da categoria de impacto, ABNT (2004).

Elementos opcionais:

Normalização - é um elemento que pode ser usado para verificação de inconsistência. Normalmente é obtido dividindo-se o indicador por um valor de referência para efeitos de comparação;

Agrupamento - possibilita ordenar a categoria de impactos em uma base nominal e classificá-lo de acordo com uma dada hierarquia de conformidade com o objetivo e escopo da ACV;

Ponderação - através de fatores numéricos tendo como referência a escolha de valores realiza-se a conversão dos resultados dos indicadores de diferentes categorias de impacto. Essa conversão pode ser dos resultados do indicador ou resultados normalizados utilizando-se fatores ponderação selecionados ou agregando-os dentro das categorias de impacto.

2.1.5 Interpretação

A interpretação do ciclo de vida tem como objetivo analisar os resultados, alcançar conclusões, explicar limitações e oferecer recomendações tendo como referência as constatações das fases anteriores da Análise do Ciclo de Vida (ACV) ou Inventário de Ciclo de Vida (ICV) e reportar seus resultados de forma transparente, de acordo com a definição de objetivo e escopo do estudo, ABNT (2005).

Elementos de interpretação de ciclo de vida:

Identificação das questões significativas com base nos resultados do ICV, e AICV tendo como objetivo estruturar os resultados a fim de determinar as questões significativas de forma iterativa com o elemento avaliação. Existem diversos métodos e ferramentas para identificar os pontos mais significativos em um estudo de ACV onde destacamos a análise de contribuição, análise de dominância, análise de influência, e análise de avaliação de anomalias, ABNT (2005).

Análise de contribuição - o resultado final é examinado a partir da contribuição dos estágios ou de grupos de processos do estudo de ciclo de vida.

Análise de dominância - as contribuições mais notáveis ou significativas são examinadas por meio de ferramentas estatísticas ou de outras técnicas, tais como classificação quantitativa ou qualitativa.

Análise de influência - é examinada a possibilidade de influenciar as questões ambientais nas diferentes fases ou unidades de processo da ACV.

Avaliação do estudo, incluindo verificações de completeza, sensibilidade e consistência. A variação de completeza tem como objetivo assegurar que todas as informações relevantes e os dados necessários para a interpretação do ciclo de vida estejam disponíveis e completos. Na verificação de sensibilidade o objetivo é avaliar a confiabilidade dos resultados e conclusões finais, determinando o quanto são afetados pela incerteza dos dados, procedimentos de alocação, cálculo dos resultados dos indicadores de categoria, entre outros. Análise de consistência objetiva determinar as suposições, métodos e dados são consistentes com objetivo e método do estudo.

Conclusões, recomendações e relatório objetivam chegar a conclusões, fazer recomendações para o público interessado no estudo e deve proporcionar um registro completo e imparcial do estudo como detalhado na ABNT, 2001. As recomendações devem ter como base as conclusões finais do estudo. O relatório deve fornecer uma descrição completa do estudo de forma transparente e bem detalhada no que se refere a escolhas e suposições.

2.2 BIODIESEL

A tendência é o biodiesel se consolidar como alternativa energética aos derivados de petróleo em todo o mundo. Pode contribuir de forma significativa para a sustentabilidade do planeta e redução do aquecimento global. Além disso, pode

representar economia de divisas para o país e ser vetor importante de geração de empregos no campo e nas indústrias.

É um combustível renovável derivado de óleos vegetais, como soja, palma, girassol, mamona, babaçu e demais oleaginosas, ou de gorduras animais, usado em motores a diesel, em qualquer concentração de mistura com o diesel. Produzido através de um processo químico que remove a glicerina do óleo e atende as especificações da Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Tecnicamente, pode ser definido como combustível composto de monoalquilésteres de ácidos graxos, de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais, designado B100.

2.2.1 Aspectos Históricos

O inventor do motor Diesel, Rudolf Diesel (1858 - 1913), teve interesse no uso de óleos vegetais como combustível. Contudo, muitas vezes não há consistência na literatura sobre a história da utilização desses óleos como combustível e as idéias do inventor. Segundo KNOTHE *et al* .(2006) a afirmação feita por Diesel no primeiro capítulo do seu livro *Die Entstehung des Dieselmotors*, intitulado “A idéia” demonstra claramente que ele iniciou o desenvolvimento da máquina diesel sob um ponto de vista termodinâmico. Portanto, não é correto afirmar que Diesel desenvolveu sua máquina para utilizar óleos vegetais. O próprio Diesel afirma no livro “Combustíveis Líquidos”, o uso de óleos vegetais em motores diesel. Durante a exposição Mundial de Paris (1900), a companhia francesa Otto demonstrou o funcionamento de um pequeno motor diesel com óleo de amendoim. Diversos países refletiam a ansiedade pela busca da independência energética. Apesar da grande diversidade de matérias primas, o óleo de palma era comumente citado como fonte de combustível diesel principalmente por países europeus que possuíam colônias em países africanos.

As pesquisas sobre o uso de óleos vegetais como combustível e o desenvolvimento de motores para uso desse combustível foram reduzidos devido aos baixos custos do barril de petróleo. No entanto, durante a Segunda Guerra Mundial os óleos vegetais eram usados como combustível de emergência. Esse fato, a preocupação com o crescimento do uso descontrolado de derivados de petróleo e a perspectiva de escassez deste produto incentivou o desenvolvimento de projetos sobre o uso de misturas binárias na Universidade Estadual de Ohio (Columbus, Ohio). Segundo BAKER *et. al* (1947) o uso de óleos vegetais puros como alternativa a utilização de óleo diesel como combustível foi investigado pelo Instituto de Tecnologia de Georgia, Atlanta, GA.

O elevado custo dos derivados de petróleo e as discussões sobre a exaustão das reservas petrolíferas no início da década de 70 do século passado, que acarretou na primeira crise de petróleo gerou em todos os países a necessidade de buscar formas alternativas de energia. Na busca desse objetivo várias ações foram desenvolvidas em todo o mundo. No Brasil, em 1975, foi criado e implementado o Programa Nacional de Álcool Combustível (Proálcool), com a finalidade de gerar um combustível renovável para substituir a gasolina.

No início da década de 80 aconteceu uma nova elevação acentuada dos custos dos derivados de petróleo. A flutuação desses custos tem se intensificado ao longo dos anos chegando, no ano de 2008, a ultrapassar 100 dólares o barril de petróleo. Além dessa questão econômica, a insegurança nacional sobre o fornecimento de combustíveis derivados de petróleo, o fato de ser uma fonte de energia não renovável, e o consenso mundial de ser a principal fonte geradora do aquecimento global, tem exercido forte influência sobre a necessidade de intensificar a utilização de combustíveis derivados de óleos vegetais.

Em 1980, a RESOLUÇÃO nº 7, do Conselho Nacional de Energia, instituiu o Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pro-óleo). Entre outros objetivos, pretendia substituir óleo diesel por óleos vegetais em mistura de até 30% em volume, incentivar a pesquisa tecnológica para promover a produção de óleos vegetais nas diferentes regiões do país e buscar a total substituição do óleo diesel por óleos vegetais.

Também no início dos anos 80, a Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio (STI/MIC), desenvolveu e lançou o Programa Nacional de Alternativas Energéticas Renováveis de Origem Vegetal, com algumas linhas de ação relacionadas aos óleos vegetais combustíveis, que levaram ao Programa OVEG, voltado especificamente para a comprovação técnica do uso dos óleos vegetais em motores ciclo Diesel, com a participação de institutos de pesquisa, órgãos técnicos do governo federal, fabricantes de motores, fabricantes de óleos vegetais e empresas de transportes.

Os motores a diesel atualmente no mercado não apresentam bom desempenho quando o óleo vegetal é usado como combustível principalmente, devido a sua elevada viscosidade em relação ao diesel. Pesquisas desenvolvidas no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará a partir de 1979 possibilitaram o anúncio da descoberta do BIODIESEL, no dia 30 de Outubro de 1980, no Centro de Convenções de Fortaleza. O primeiro nome dado ao Biodiesel como combustível produzido a partir de óleos vegetais era PRODIESEL. Esse anúncio foi feito na presença de autoridades políticas, empresariais e sociais. A primeira patente de invenção do biodiesel, a nível mundial, é brasileira. Foi homologada pelo Instituto Nacional de Produção Industrial (INPI), sob o número PI-8007957 - 1980. Vários motivos, entre os quais a redução do preço do petróleo influenciou no desinteresse nacional em dar continuidade aos projetos de desenvolvimento do diesel vegetal, o

que não aconteceu em outros países. A patente brasileira do Biodiesel entrou em domínio público e desuso (PARENTE, 2003).

No ano de 2004 é lançado o PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL (PNPB) cujo objetivo é a ***“implementação de forma sustentável, tanto técnica, como economicamente, a produção e uso do Biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda”***. No dia 13 de janeiro de 2005 é publicada no Diário Oficial da União a Lei 11.097, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, altera leis afins e dá outras providências. Essa Lei estabeleceu a obrigatoriedade da adição de 2% de biodiesel no óleo diesel (B2) desde janeiro de 2008, 3% (B3) a partir de 2011 e uma adição de 5% de biodiesel no óleo diesel (B5) a partir de janeiro de 2013. Com base no consumo de diesel de petróleo atual isto significa uma demanda anual de biodiesel da ordem de 800 milhões, 1,2 bilhões, e 2 bilhões de litros de biodiesel respectivamente. A organização do setor de biodiesel tendo como justificativa a capacidade industrial instalada fez com que o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), antecipasse para julho de 2008 a obrigatoriedade do uso de 3% de biodiesel no óleo diesel (RES. Nº 2 - CNPE, 2008). Os mesmos argumentos foram utilizados para autorizar o uso de 4% de biodiesel no óleo diesel a partir de julho de 2009 (RES Nº 2 – CNPE, 2009). Antecipou para 1º de janeiro de 2010 o percentual mínimo obrigatório de 5% de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final.

2.2.2 Produção de Biodiesel no Mundo e no Brasil

Apesar do Brasil, ser pioneiro no desenvolvimento do Biodiesel, a União Européia foi quem iniciou o processo de industrialização desse combustível no início dos anos 90. Hoje é o principal mercado produtor e consumidor de biodiesel em grande escala. É responsável por 65% (8,9 bi de litros) da produção mundial. A

Alemanha produz 24% da produção mundial (BIODIESELBR.COM, 2009). No ano de 2007, a Alemanha era responsável por 40,6% da produção mundial de biodiesel (WORLDWATCH INSTITUTE, 2007).

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2011) as 66 usinas com funcionamento autorizado, possuem uma capacidade instalada de produção anual de 5,8 bilhões de litros de biodiesel.

A produção de biodiesel no Brasil cresceu de 736 milhões de litros em 2005 para 2,4 bilhões de litros em 2010 (ANP, 2011). A Tabela 2.1 apresenta a produção mensal e anual de Biodiesel no Brasil até o ano de 2009.

Tabela 2.1 - Produção mensal e anual de Biodiesel no Brasil (m³).

MESES	ANO				
	2005	2006	2007	2008	2009
Janeiro	-	1.075	17.109	76.784	90.352
Fevereiro	-	1.043	16.933	77.085	80.224
Março	8	1.725	22.637	63.680	131.991
Abril	13	1.786	18.733	64.350	105.458
Maio	26	2.578	26.005	75.999	103.663
Junho	23	6.490	27.158	102.767	141.139
Julho	7	3.331	26.718	107.786	154.557
Agosto	57	5.102	43.959	109.534	167.086
Setembro	2	6.735	46.013	132.258	160.538
Outubro	34	8.581	53.609	126.817	156.811
Novembro	281	16.025	56.401	118.014	166.692
Dezembro	285	14.531	49.016	112.053	150.042
Total	736	69.002	404.329	1.167.128	1.608.053

Fonte: ANP, 2010.

Apesar do crescimento significativo o Brasil ocupou a 4ª posição na produção mundial de biodiesel em 2008. Ficou atrás de países como Alemanha (3,2 bi de litros), Estados Unidos (2,5 bi de litros) e França (2,1 bi de litros). Com a produção de 1,61 bilhões de litros em 2009 o Brasil manteve a quarta posição no ranking mundial. (BIODIESELBR, 2010). Segundo a ANP, (2011) a produção brasileira de biodiesel em 2010 foi de 2,4 bilhões de litros o que permitiu ao Brasil ocupar a segunda posição mundial na produção desse biocombustível. A Argentina (2,1 bi de litros) passou a ocupar a segunda posição seguido da França (2 bi de litros), Estados Unidos (1,2 bi de litros) e Espanha (1,1 bi de litros). A Alemanha continua liderando a produção mundial de biodiesel com a produção de 2,6 bilhões de litros no ano de 2010 (BIODIESELBR.COM, 2011).

A produção e o uso do biodiesel no Brasil propiciam o desenvolvimento de uma fonte energética sustentável sob os aspectos ambiental, econômico e social e também trazem a perspectiva da redução das importações de óleo diesel. Em 2008, o uso do biodiesel evitou a importação de 1,1 bilhões de litros de diesel de petróleo resultando numa economia de cerca de US\$ 976 milhões, gerando divisas para o País (ANP, 2009). O Estado do Pará conta com apenas duas usinas: A Agropalma e a Nubras com capacidade de produção de 24 milhões de litros/ano. Cerca de 75% das usinas de produção de biodiesel no Brasil estão localizadas nas regiões Centro Oeste e Sudeste (BIODIESELBR.COM, 2011). Além da diminuição da dependência do diesel importado, o biodiesel traz outros efeitos indiretos de sua produção e uso, como o incremento a economias locais e regionais, tanto na etapa agrícola como na indústria de bens e serviços. Com a ampliação do mercado do biodiesel, milhares de famílias brasileiras serão beneficiadas, principalmente agricultores do semi-árido brasileiro, com o aumento de renda proveniente do cultivo e comercialização das plantas oleaginosas utilizadas na produção do biodiesel. A produção de biodiesel já gerou

cerca de 600 mil postos de trabalho no campo, de acordo com dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário.

2.2.3 Matérias-primas para a produção de Biodiesel

O biodiesel pode ser produzido a partir de óleos vegetais, gordura animal e óleos e gorduras residuais (OGR). Trataremos aqui apenas as matérias primas de primeira geração que podem ser utilizadas na produção de biodiesel. A produção de biodiesel de segunda geração que aproveita a biomassa total e as fibras residuais não é objeto desse trabalho.

A transesterificação é o processo mais utilizado em todo o mundo na produção de biodiesel. Isto significa dizer que o metanol ou etanol e o hidróxido de sódio podem ser considerados como matérias-primas para a produção de biodiesel.

2.2.3.1 Óleos vegetais

Os óleos vegetais da mesma forma que as gorduras, são substâncias insolúveis em água. São formados predominantemente por ésteres de glicerol chamados triglicerídeos (MORRETO *et al.*, 1986) .

Os óleos vegetais, mais utilizadas para produção de biodiesel na União Européia são a colza (canola), e a semente de girassol. Nos Estados Unidos, o óleo de soja e gorduras animais são os mais empregados. No Brasil, cerca de 82% do biodiesel produzido atualmente é oriundo de óleo de soja refinado, como matéria prima. O sebo bovino participa com 13%, óleo de algodão 2,5%, outras oleaginosas - (Dendê, Amendoim, Girassol, Sésamo, Nabo Forrageiro – 2,5%, (ANP, 2011). No momento, a soja é a única oleaginosa que tem volume de produção suficiente para garantir escala de produção de biodiesel no Brasil.

A escolha da matéria prima varia de acordo com a aptidão agrícola do país ou região e com a disponibilidade e o custo desta matéria prima. Embora o Brasil disponha de uma grande variedade de oleaginosas as que mais se destacam no momento são a soja e girassol nas regiões sul, sudeste e centro-oeste. O maior potencial no nordeste é o óleo de mamona. Na região norte, destaca-se o óleo de dendê ou óleo de palma, e a soja como matérias primas com maior potencial para produção de biodiesel (PNPB, 2005)

O Brasil dispõe de uma variedade significativa de oleaginosas que poderão vir dar suporte ao Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB). No entanto, apenas uma pequena quantidade possui volume de produção conforme apresentado na Tabela 2.2. Além disso, uma grande parte das oleaginosas tem usos mais nobres na medicina, alimentação, indústria de cosméticos e preços de mercado bastante elevados. Os fatores limitadores da produção de biodiesel em volumes elevados é a disponibilidade reduzida de matéria prima que implica em custos mais elevados.

Tabela 2.2 - Disponibilidade de óleos vegetais no Brasil – 2006.

Oleaginosa	Teor de Óleo (%)	Produção (t)	Importação (t)	Exportação (t)	Disponibilidade (t)	Produtividade (kg/ha)	Produc. de óleo (kg/ha)
Algodão	18	303.431	0	25.838	277.594	1.800	450
Amendoim	48	67.632	16	16.376	51.273	1.800	864
Babaçu	66	78.560	0	72	78.498	-	-
Dendê	22	198.770	17.080	22.859	192.991	15.000	5.000
Girassol	44	41.756	5.598	0	47.354	1.700	680
Mamona	45	37.958	10	4.343	33.625	1.500	750
Soja	19	5.417.492	24.846	1.688.110	3.754.228	2.200	418
Total	-	6.145.599	47.550	1.757.598	4.435.563	-	-

Fonte: GOLDEMBERG *et al.*, 2008.

A quantidade de óleo vegetal disponível no país é atualmente de 4,4 milhões de toneladas. Entre as oleaginosas estudadas o dendê é a que apresenta maior produção de óleo por unidade de área cultivada, e estima-se uma área com potencial de cultivo significativo, utilizando-se apenas áreas degradadas na Amazônia.

A produção mundial de óleo de palma é de 39 milhões de toneladas por ano. Os maiores produtores mundiais são a Indonésia (17,1 milhões de toneladas) e a Malásia (16,6 milhões de toneladas). Países como a Tailândia, Colômbia, Nigéria, Papua-Nova Guiné, Equador, Costa do Marfim, Costa Rica, Rep. Dem. do Congo produzem 4,1 milhões de toneladas. Outros países produzem 1,2 milhões de toneladas. O Brasil produz 160,2 mil toneladas de óleo dendê ao ano (AGRIANUAL, 2008) o que corresponde a 0,4% da produção mundial.

2.2.3.1.1 Gorduras Animais

Da mesma forma que os óleos vegetais, as gorduras animais também são compostas de ácidos graxos (AG) ligados a cadeia de glicerol. Basicamente, o que diferencia os óleos das gorduras é sua aparência física. Nas condições normais as gorduras apresentam aspecto sólido e os óleos são líquidos. Os teores de Ácidos Graxos Livres (AGL) nas gorduras animais são mais elevados, da ordem de 5 a 30 %, o que exige processos especiais na produção de biodiesel. Por outro lado, os custos são mais baixos que os óleos vegetais por ser um subproduto da agroindústria animal e por não ter uma demanda elevada no mercado como os óleos vegetais (KNOTHE *et al*, 2006).

Diversas gorduras animais destacam-se como potencial na produção de biodiesel no Brasil entre as quais, destacamos o sebo bovino, óleo de peixe, banha de porco, e gordura de frango. A mais utilizada no momento no Brasil é o sebo bovino. Em 2008 o sebo bovino teve uma participação média de 20% em relação ao volume total de biodiesel produzido (GUIRRA, 2009).

Segundo ARANDA (2009) embora o biodiesel metílico de sebo tenha a desvantagem de congelamento ou entupimento de filtro a frio a temperaturas menores que 15° C, possui uma série de vantagens entre as quais destaca: não compete com alimentos; é um subproduto da indústria de carne; possui maior estabilidade à oxidação; possui um elevado valor de cetano – 70, contra 55 no biodiesel de soja e 45 do diesel de petróleo; emite menos NOx do que o biodiesel de soja; em toda a cadeia emite menos CO₂ que óleos vegetais; tecnologia nacional; é de mais baixo custo que o biodiesel de soja.

2.2.3.1.2 Óleos e Gorduras Residuais

Os óleos e gorduras residuais oriundos de processamentos domésticos, comerciais e industriais são materiais poluentes que causam grandes problemas ambientais em aterros sanitários, redes de esgoto, lençóis freáticos e bacias hidrográficas.

Segundo, a SABESP (2008) cada litro de óleo de fritura jogado nas pias tem a capacidade de contaminar 20 mil litros de água tendo como base o limite legal restritivo de 50mg/L. A reciclagem desse óleo para produção de biodiesel evitaria entupimento de canos de esgotos, estações de esgotos mais dispendiosas, e a poluição de grandes volumes de águas.

Além da questão ambiental, a proposta tem também um foco social ao envolver cooperativas, escolas e populações urbanas carentes na coleta de óleo tornando essa atividade uma oportunidade de trabalho e renda.

A reciclagem de óleos vegetais industriais vem ganhando espaço cada vez maior, não simplesmente porque os resíduos representam matérias primas de baixo custo, mas principalmente porque os efeitos da degradação ambiental decorrente de atividades industriais e urbanas estão atingindo níveis cada vez mais alarmantes. (FIGUEIREDO, 1995).

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel ainda não concede as vantagens tributárias a essa atividade. As vantagens tributárias do Selo Social, são concedidas apenas a produção de biodiesel a partir de óleos vegetais nas regiões Norte e Nordeste.

As iniciativas da produção de biodiesel de óleo vegetal reciclado tem se dado por Prefeituras Municipais, Governos Estaduais em parceria com ONGS ou empresas.

Pesquisas realizadas na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para uma mistura B5 de soja e de óleo de cozinha concluíram que ambos combustíveis tiveram os mesmos desempenho já constante na literatura tendo como exceção o melhor desempenho ambiental do biodiesel produzido de óleo de cozinha que reduz em 20% a emissão de fuligem enquanto o biodiesel de óleo de soja essa redução é de 5%.

O processo de fabricação do biodiesel a partir do óleo de cozinha residual é semelhante ao processo utilizado para as outras matérias primas. A diferença maior está na fase inicial onde a limpeza do óleo é feita por filtragem, para extração de materiais sólidos. Em seguida é feita a decantação. Posteriormente inicia-se o processo de transesterificação. Segundo FREITAS (2008) as perdas são da ordem de

35% em relação ao óleo de cozinha impuro, ou seja, para cada litro de óleo impuro são obtidos 0,65 litros de biodiesel.

2.2.3.1.3 Metanol e Etanol

A utilização do metanol na reação de transesterificação para produção de biodiesel é praticamente consensual no Brasil e no mundo. No entanto, as vantagens consideradas no uso do metanol em relação ao etanol poderão ser superadas num intervalo de tempo relativamente curto principalmente no Brasil tendo como base a sua disponibilidade, e por ser uma matéria prima renovável. Além disso, o uso do etanol representa economia de divisas tendo em vista que cerca de 50% do metanol utilizado é importado. A opção pelos ésteres etílicos resulta em biodiesel de melhores propriedades, amplia suas eventuais aplicações de mercado e oferece uma série de benefícios sócio-ambientais que podem atuar como elementos indutores em um mercado cada vez mais ávido por soluções ambientalmente corretas em toda a cadeia de produção (RAMOS, 2009).

Segundo FREITAS (2009) vários fatores podem ter contribuído para a predominância do uso do metanol entre os quais, destaca que as primeiras usinas instaladas no Brasil eram de tecnologia importada construída para utilizar essa matéria prima uma vez que, outros países não dispõem de etanol em grande escala.

A tabela a seguir apresenta alguns parâmetros importantes do metanol e etanol.

Tabela 2.3 - Parâmetros do Metanol e Etanol.

Características	Metanol	Etanol
Teor alcoólico	99,99% (0.001%)	Min. 99,4% (0,6%)
Separação de fases	Rápida	Mais lenta
Para 100 kg de óleo usando-se RM 6:1 álcool óleo	18,3 kg	24,4 kg
Desidratação	Destilação simples	Destilação azeotrópica
Origem	Predominantemente fóssil	Renovável
Periculosidade	Maior	Menor

Fonte: DOMINGOS, 2007.

O baixo custo do metanol, velocidade de reação mais elevada, temperaturas mais baixas e facilidade de separação e purificação da glicerina são fatores que tem influenciado na decisão do uso da metanólise na produção de biodiesel. Por outro lado, o metanol é tradicionalmente derivado de fontes não renováveis, é muito tóxico, apresenta maior risco de incêndios e produz chama invisível, fatos que o tornam proibitivo para uso em pequenas escalas de produção.

A mistura azeotrópica do etanol com água dificulta a reciclagem do álcool. A quantidade de metanol utilizado na reação é de 40 a 45% inferior a quantidade de etanol.

Segundo RAMOS (2009) outro aspecto relevante nesta discussão está relacionado ao fato de que os ésteres etílicos são reconhecidamente mais densos que os ésteres metílicos correspondentes. Isto oferece desvantagem comercial, já que o mercado não parece estar preparado para considerar este fator em negociações comerciais de grande porte.

O Programa Nacional do Biodiesel tem com premissa a utilização do etanol na produção de biodiesel. A substituição do metanol pelo etanol passou a fazer parte do Plano Nacional de ação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) desde 2007. Tanto o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

quanto a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) tem financiado grupos de pesquisa em todo Brasil com o objetivo de melhorar o desempenho no processo de obtenção de biodiesel via rota etílica como, por exemplo, diminuir o tempo da reação e os custos do processo de produção.

As indústrias brasileiras que produzem máquinas e equipamentos para as usinas de biodiesel hoje já trabalham com o conceito de usinas “flex”. Ou seja, usinas que podem utilizar tanto a rota metílica quanto a rota etílica para produzir biodiesel. Fica a critério do investidor, verificar o que é mais vantajoso do ponto de vista técnico e econômico (FREITAS, 2009). Um dos fatores limitadores é que o álcool etílico tem uma tributação mais elevada quando é usado para produzir biodiesel. Algumas indústrias nacionais já utilizam a rota etílica com sucesso como a Fertibom – Catanduva –SP, Araguassu (MT), Barrálcool (MG).

2.2.3.1.4 Catalisadores

Os catalisadores utilizados no processo de transesterificação para produção de biodiesel podem ser ácidos, básicos e enzimáticos. O catalisador ácido mais usado é o ácido sulfúrico. Esse catalisador promove uma cinética lenta na reação e é muito corrosivo. Há necessidade da sua remoção visando a prevenir possíveis danos às partes integrantes dos motores. Os catalisadores alcalinos são os mais utilizados na indústria por produzirem uma cinética mais rápida na reação e são menos corrosivos. A grande sensibilidade a presença de água e ácidos graxos livres dos catalisadores básicos, mesmo em teores bastante reduzidos afetam o rendimento da reação, consomem o catalisador e levam à formação de géis e sabões.

O emprego de enzimas como catalisadores permite o uso de vários alcoóis, apresentam menor sensibilidade à presença de água que os catalisadores ácidos e básicos, elevadas taxas de conversão e gastos energéticos mais baixos. Contudo, é

uma tecnologia de custos significativamente elevados em relação aos catalisadores ácidos e básicos (MACEDO e MACEDO, 2004).

O uso de catálise enzimática é um objeto intenso de pesquisa no Brasil desde os anos 80.

O catalisador mais utilizado na indústria de produção de biodiesel é o hidróxido de sódio por ser de baixo custo, disponibilidade no mercado e ser menos corrosivo do que os catalisadores ácidos.

2.2.4 Métodos de Produção de Biodiesel

Segundo KNOTHE *et al.* (2006) desde o início da década de 70 busca-se uma tecnologia para reduzir a viscosidade de óleos vegetais para utilização como combustível em motores diesel. Os métodos investigados são craqueamento térmico ou pirólise, diluição no óleo diesel convencional derivado de petróleo, a micro emulsificação e a transesterificação.

O biodiesel conforme especificado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) pode ser obtido por craqueamento térmico ou pirólise, esterificação e transesterificação. Desses métodos o utilizado na indústria é a transesterificação.

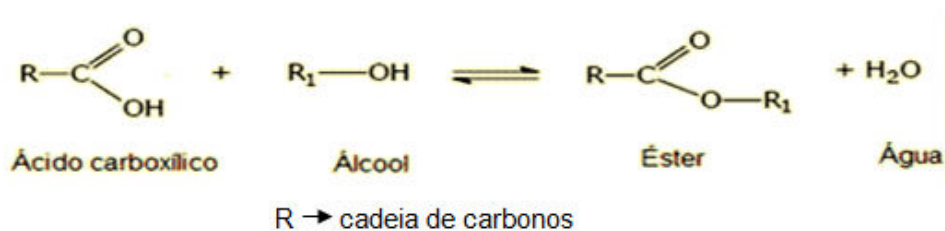
2.2.4.1 Craqueamento Térmico ou Pirólise

O craqueamento térmico ou pirólise é um processo de conversão de uma substância em outra por aquecimento a temperaturas superiores a 450° C na ausência de ar ou oxigênio. O resultado é uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do óleo diesel de petróleo.

Esse processo pode ser aplicado em locais que necessitam de baixo volume de produção e onde há baixa disponibilidade de mão de obra qualificada como em unidades de geração de energia elétrica em comunidades isoladas da Amazônia.

2.2.4.2 Esterificação

A reação de esterificação é um processo reversível. O principal produto dessa reação é um éster específico. A reação de esterificação de Fischer (1895) é um dos métodos que podem ser utilizados. Nessa reação, sob aquecimento um ácido carboxílico reage com um álcool (produzindo éster e água). Esta reação, quando processada em temperatura ambiente, é lenta, mas pode ser acelerada com o emprego de aquecimento e/ou catalisador (exemplo, o ácido sulfúrico H_2SO_4).



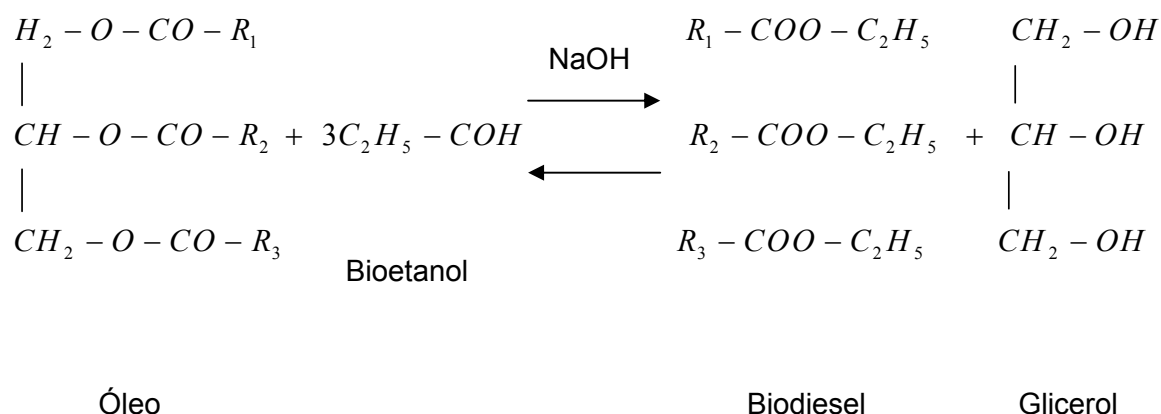
O éster obtido pode reagir com a água (reação de hidrólise), gerando novamente ácido carboxílico e álcool; porém, a reação inversa é mais lenta. A hidrólise do éster em meio básico é denominada saponificação - do latim, *sapo* = sabão.

2.2.4.3 Transesterificação

É a reação de um óleo vegetal ou gordura com um álcool etílico anidro ou metílico na presença de um catalisador para formar ésteres e um subproduto, a glicerina. A equação abaixo representa a reação de transesterificação.

Rendimentos máximos são obtidos no processo de transesterificação quando se utiliza álcool anidro e o conteúdo de ácidos graxos livres do óleo vegetal é inferior a

0,5%. Temperatura de 60°C. A reação estequiométrica é 3:1 (álcool:óleo). Contudo, por se tratar de uma reação reversível utiliza-se a razão molar álcool:óleo de 6:1 definida como uma condição padrão para a transesterificação (KNOTHE *et al*, 2006). O excesso de álcool melhora também o rendimento da conversão e facilita a separação dos ésteres do glicerol.



Apresentamos a seguir as etapas do processo de transesterificação a partir do óleo vegetal:

- Álcool e o catalisador são misturados em um tanque com um agitador.
- Óleo vegetal é colocado em um reator fechado contendo a mistura álcool/catalisador. O reator é usualmente aquecido à aproximadamente 70°C para aumentar a velocidade da reação, que leva entre 1 a 8 horas.
- Ao final da reação, quando se considera convertido um nível suficiente de óleo vegetal, os ésteres (biodiesel) e a glicerina são separados por gravidade, podendo ser adotadas centrífugas para agilizar o processo.
- O álcool em excesso é separado do biodiesel e da glicerina por evaporação sob baixa pressão (evaporação flash) ou por destilação. O álcool recuperado volta ao processo.

- O biodiesel deve ser purificado e em alguns casos, lavado com água morna para remover resíduos de catalisador e sabões.

2.2.5 Subproduto da Produção de Biodiesel

Na reação de transesterificação além do biodiesel é obtido um mol do co-produto glicerina. O volume de glicerina obtido é da ordem de 10% do biodiesel produzido. Isto significa dizer que em 2008 foi produzido no Brasil cerca de 102.000 toneladas de glicerina. O mercado industrial brasileiro é capaz de processar apenas cerca de 35.000 toneladas desse total. Com a introdução do B4 a partir de julho de 2008 e posteriormente do B5 a disponibilidade de glicerina no mercado será muito maior. Isso obrigou as indústrias nacionais que fabricavam glicerina a partir da nafta e do sebo animal a mudarem de ramo ou a comprar e destilar glicerina das usinas de biodiesel que tem um custo bem mais reduzido. O aumento da oferta da glicerina bruta (pureza de 40% a 80%) fez o seu preço reduzir de R\$ 700,00 por tonelada em janeiro de 2008 para R\$ 200,00 por tonelada em dezembro do mesmo ano. Preços da ordem de R\$ 2.100,00 por tonelada de glicerina pode ser obtido no mercado desde que o seu grau de pureza seja de 95% (FREITAS, 2009).

A glicerina é usada atualmente na indústria de sabonetes, farmacêutica, alimentos, artigos de limpeza como saponáceos, lava- louças, sabão, amaciante.

Cada indústria está fazendo o que é possível com o excedente de glicerina. Algumas estão armazenando na expectativa de um preço melhor, outras estão destilando para agregar mais valor ou descartando o produto.

Há um grande esforço de grupos de pesquisa no Brasil e no mundo para que a glicerina oriunda da produção de biodiesel possa ser transformada em produtos de maior valor agregado como insumos petroquímicos para produção de plásticos e derivados oxigenados para mistura em combustíveis.

Na Universidade Federal do Rio de Janeiro um grupo de pesquisadores está trabalhando para dar melhor utilização à glicerina na área de biogás, aditivos e polímeros. No Mato Grosso do Sul os pesquisadores desenvolvem pesquisas sobre o uso da glicerina nos remédios de combate ao HIV, o vírus causador da Aids.

A empresa inglesa Acquafuel desenvolveu um gerador de eletricidade CHP (Combined Heat and Power).que permite o uso de glicerina como combustível em substituição ao diesel. Segundo Paul Day, Diretor executivo da Aquafuel a tecnologia pode ser aplicada em geradores a diesel, caldeiras de calor residual e equipamentos destiladores de glicerina convencionais. O consumo nos geradores ficará em torno de 57 Kg por megawatt-hora.

2.2.6 Especificação do Biodiesel

A responsabilidade de regulamentar a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos vários agentes econômicos em todo o Brasil é da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A especificação do biodiesel em vigor é apresentada através da RESOLUÇÃO ANP nº 7, de março de 2008, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 20 de março do mesmo ano. Os parâmetros adotados pela ANP nesta resolução foram baseados em consultas realizadas a Centros de pesquisas, Universidades, fabricantes de motores e sistemas de injeção, produtores de diesel e biodiesel.

A diversidade de matérias primas no Brasil faz com que haja uma flexibilização nos parâmetros do biodiesel brasileiro. No entanto, há uma similaridade com a especificação do biodiesel produzido na Europa e Estados Unidos. Diferente da especificação do biodiesel europeu, a especificação brasileira, da mesma forma que a americana, não se limita ao uso do metanol no processo de produção de biodiesel. A

Tabela 2.4 apresenta a especificação do biodiesel segundo a RESOLUÇÃO ANP N° 7/2008.

Tabela 2.4 - Especificação do biodiesel.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITES
Aspecto	—	LII (1)
Massa Específica a 20°C	kg/m ³	850-900
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0-6,0
Teor de Água, máx. (2)	mg/kg	500
Contaminação Total, max.	mg/kg	24
Ponto de fulgor, mín (3)	°C	100,0
Teor de éster, min	% massa	96,5
Resíduo de carbono (6)	% massa	0,050
Cinzas sulfatadas, max.	% massa	0,020
Enxofre total, max.	mg/kgg	50
Sódio + Potássio, max.	mg/kg	5
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5
Fósforo, Max	mg/kg	10
Corrosividade ao cobre, 3h a 50°C, max.	—	1
Número de cetano (7)	—	Anotar
Número de entupimento de filtro a frio, máx	° C	19 (9)
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02
Glicerol total, max.	% massa	0,25
Mono, di, triacilglicerol (7)	% massa	Anotar
Metanol ou Etanol, max.	% massa	Anotar
Índice de Iodo (7)	g/100g	Anotar
Estabilidade à oxidação à 110°C, mín. (2)	H	6

Fonte: ANP, RESOLUÇÃO ANP N° 7/ 2008.

NOTA

(1) LII - Límpido e isento de impurezas com anotação da temperatura de ensaio.

(2) O limite indicado deve ser atendido na certificação do biodiesel pelo produtor ou importador.

(3) Quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130°C, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol.

(4) O método ABNT NBR 15342 poderá ser utilizado para amostra oriunda de gordura animal.

(5) Para biodiesel oriundo de duas ou mais matérias-primas distintas das quais uma consiste de óleo de mamona:

a) teor de ésteres, mono-, diacilgliceróis: método ABNT NBR 15342;

b) glicerol livre: método ABNT NBR 15341;

c) glicerol total, triacilgliceróis: método ABNT NBR 15344;

d) metanol e/ou etanol: método ABNT NBR 15343.

(6) O resíduo deve ser avaliado em 100% da amostra.

(7) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados pelo produtor de biodiesel à ANP, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haver mudança de tipo de matéria-prima, o produtor deverá analisar número de amostras correspondente ao número de tipos de matérias-primas utilizadas.

(8) Poderá ser utilizado como método alternativo o método ASTM D6890 para número de cetano.

(9) O limite máximo de 19°C é válido para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Bahia, devendo ser anotado para as demais regiões. O biodiesel poderá ser entregue com temperaturas superiores ao limite supramencionado, caso haja acordo entre as

partes envolvidas. Os métodos de análise indicados não podem ser empregados para biodiesel oriundo apenas de mamona.

(10) Os métodos referenciados demandam validação para as matérias-primas não previstas no método e rota de produção etílica.

A especificação “Anotar” significa que a ANP não estabeleceu valor máximo ou mínimo para aquele parâmetro. Esses valores devem ser anotados durante a análise para serem usados como referência.

2.2.7 Propriedades Físicas e Químicas do Biodiesel

Viscosidade e Densidade

A viscosidade e a densidade são as propriedades mais importantes para o funcionamento adequado dos motores a diesel (ignição por compressão) por exercerem um papel fundamental na circulação e injeção do combustível. Independente da matéria-prima utilizada na sua produção o biodiesel possui essas propriedades semelhantes à do óleo diesel o que significa que não é necessária qualquer adaptação e/ou regulação no sistema de injeção dos motores convencionais para sua utilização como combustível.

Lubricidade

A lubricidade de um combustível expressa a sua capacidade de lubrificação. É função de diversas propriedades do combustível, especialmente da viscosidade e da tensão superficial. Por necessidade de lubrificação da bomba injetora de combustível os motores a diesel exigem que o combustível tenha o papel de lubrificar adequadamente suas peças em movimento. Essa exigência não existe nos motores a gasolina.

Ponto de Fulgor

O Ponto de Fulgor está relacionado a inflamabilidade do combustível. Indica os procedimentos de segurança a serem tomados durante o armazenamento, transporte, manuseio e uso do biodiesel. É caracterizado como a menor temperatura na qual o biodiesel ao ser aquecido por uma chama sob condições controlada gera uma quantidade de vapor que se inflama.

O Ponto de Fulgor do biodiesel é superior a temperatura ambiente se estiver completamente isento de etanol ou metanol. Isto significa dizer que o biodiesel não é inflamável nas condições normais de armazenagem, manuseio e transporte.

Conforme pode ser verificado na Tabela 6 o ponto de fulgor mínimo especificado pela ANP para o biodiesel brasileiro é 100°C. Quando a análise do ponto de fulgor resultar em valor superior a 130°C fica dispensada a análise do teor de metanol ou etanol no biodiesel.

Água e Sedimentos

A ANP estabelece que o valor máximo para o teor de água e sedimentos no biodiesel é de 0,050% em volume. A determinação deste parâmetro é importante porque um valor acima do recomendado pode causar transtornos ao funcionamento do motor. O excesso de água pode contribuir para elevar a acidez do biodiesel, podendo torná-lo corrosivo. Elevada quantidade de sólidos podem causar entupimentos e reduzir a vida útil dos filtros, prejudicando o funcionamento adequado dos motores.

Viscosidade Cinemática a 40°C

A viscosidade cinemática é determinada experimentalmente medindo-se o tempo de escoamento de um volume de biodiesel, fluindo sob gravidade, através de um viscosímetro capilar de vidro calibrado, na temperatura de interesse, neste caso

40°C. A ANP não estabelece um valor máximo ou mínimo. Sugere que o valor seja anotado.

O valor de viscosidade cinemática, expressa a resistência oferecida pelo biodiesel ao escoamento. O controle deste parâmetro é necessário para garantir a lubricidade do biodiesel e funcionamento adequado dos sistemas de injeção e bombas injetoras dos motores.

Corrosividade ao Cobre

Os sistemas de combustível dos veículos e equipamentos, além das instalações de armazenamento possuem peças confeccionadas em ligas de cobre. Portanto é necessário realizar ensaios de corrosão para avaliar o grau de corrosividade do biodiesel.

Cinzas Sulfatadas

As cinzas sulfatadas são os resíduos inorgânicos resultantes após a queima de uma amostra de biodiesel. O sódio e o potássio presente no biodiesel indicam resíduos do catalisador utilizado durante a reação de transesterificação e que não foram removidos na sua totalidade no processo de purificação de biodiesel.

Segundo a ANP teores de cinza superiores a 0,020% em massa prejudicam pistões, anéis, bombas injetoras, bicos injetores, turbocompressores e câmara de combustão.

Número de Cetano

O número de cetano do biodiesel ou do diesel está relacionado com a sua capacidade de promover uma melhor ou pior combustão do motor diesel. Um número de cetano mais elevado do combustível significa melhor combustão num motor do ciclo diesel. Considerando-se que o número médio de cetano do biodiesel é 60,

significa dizer que o biodiesel tem uma combustão melhor no motor diesel do que o óleo diesel uma vez que o valor do número de cetano do óleo diesel varia de 48 a 52. Portanto, um número de cetano menor do que o do biodiesel.

Teor de Enxofre

O biodiesel é completamente isento de enxofre, uma vez que os óleos vegetais e as gorduras animais não possuem essa substância. Essa é uma propriedade que ajuda a caracterizar o biodiesel como um combustível limpo em relação ao diesel de petróleo que possui enxofre e causa danos ambientais significativos aos vários ecossistemas do planeta.

Poder Calorífico

O poder calorífico de um combustível expressa a quantidade de energia desenvolvida pelo combustível por unidade de massa quando ele é queimado

Em média o diesel de petróleo tem um poder calorífico da ordem de 5% superior ao poder calorífico do biodiesel. Contudo como o biodiesel tem um melhor desempenho na combustão o consumo específico dos dois combustíveis são praticamente os mesmos.

Ponto de Névoa e de Fluidez

O ponto de névoa é a temperatura que o fluido começa a ficar turvo em baixas temperaturas.

O ponto de fluidez é a temperatura em que o líquido não escoar mais livremente.

Tanto o ponto de fluidez quanto o ponto de névoa são importantes para determinar as temperaturas ambientes de armazenagem e utilização do biodiesel.

Estes parâmetros estão diretamente relacionados tanto com o tipo de matéria prima utilizada na produção do biodiesel quanto ao tipo de álcool utilizado no processo de transesterificação.

Poder de Solvência

São necessários cuidados especiais com o manuseio do biodiesel para se evitar danos a pintura dos veículos, principalmente nas partes próximas ao local de acesso de combustível ao tanque do veículo. Isso se deve ao fato do biodiesel ser uma mistura de ésteres de ácidos carboxílicos que solubiliza um grupo muito grande de substâncias orgânicas, incluindo-se as resinas que compõe as tintas.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 POTENCIAL DE CULTIVO DE DENDÊ NO ESTADO DO PARÁ

O mapa da aptidão agrícola da palma de óleo no estado do Pará é desenvolvido com uma metodologia sistêmica e por integração de dados temáticos conforme apresentado no fluxograma (Figura 3.1). Os dados utilizados para a avaliação da aptidão agrícola são organizados em um banco de dados de um Sistema de formações Geográficas e apresentados de forma espacializada.

A importação, o armazenamento, o tratamento, o processamento dos dados e a geração dos mapas temáticos foram realizados por meio dos aplicativos ArcGIS 9.3 (2008), ENVI 4.5 (2009) e GLOBAL MAPPER 12 (2010).

Para garantir segurança nas análises e cálculos de áreas, todas as bases de dados são transformadas para um único sistema referência e projeção (*Lambert Conformal Conic*) e único Datum (SAD-69).

O trabalho foi desenvolvido para todo limite territorial do estado do Pará, e deste modo, consideram-se os parâmetros climáticos, de solo, e relevo para o cultivo da cultura são considerados.

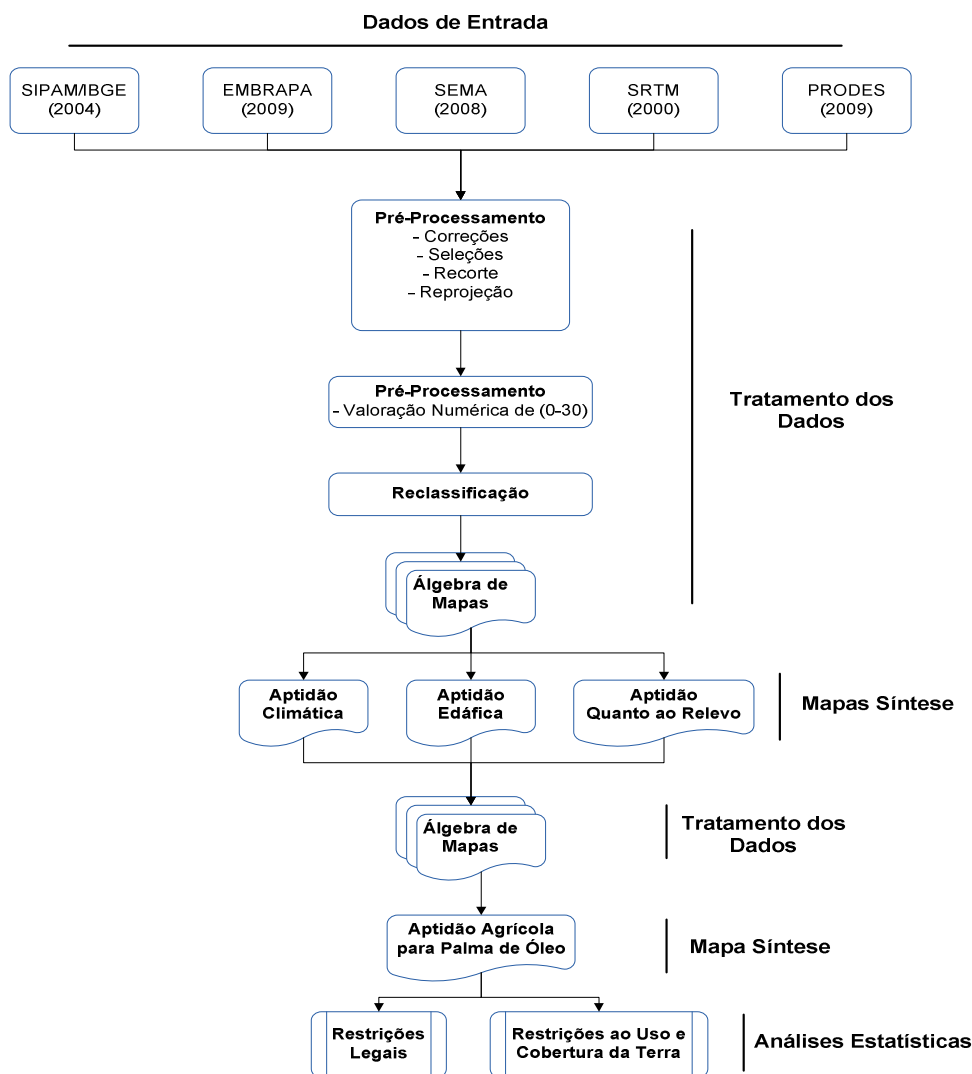


Figura 3.1 – Diagrama das operações realizadas no processamento das informações.

A integração de dados temáticos neste trabalho foi realizada por álgebra de mapas, conjunto de ferramentas de análise espacial próprio para aplicações de Geo-Campos. BERRY (1993) descreve a álgebra de mapas como uma extensão da álgebra tradicional, de modo que as variáveis contempladas são campos geográficos com atributos passíveis a operações e solução algébrica. Deste modo, após a coleção de dados temáticos, devidamente reclassificados e ponderados, foram funcionalmente declarados como variáveis em uma expressão aritmética através de uma linguagem que submete estas variáveis a regras espaciais e definidas pelo analista. Construiu-se

blocos utilizados individualmente ou em conjunto para a solução do problema conforme modelo de obtenção para a vulnerabilidade das unidades territoriais básicas (UTB's) apresentado na Figura 4 (SOUZA,1999).

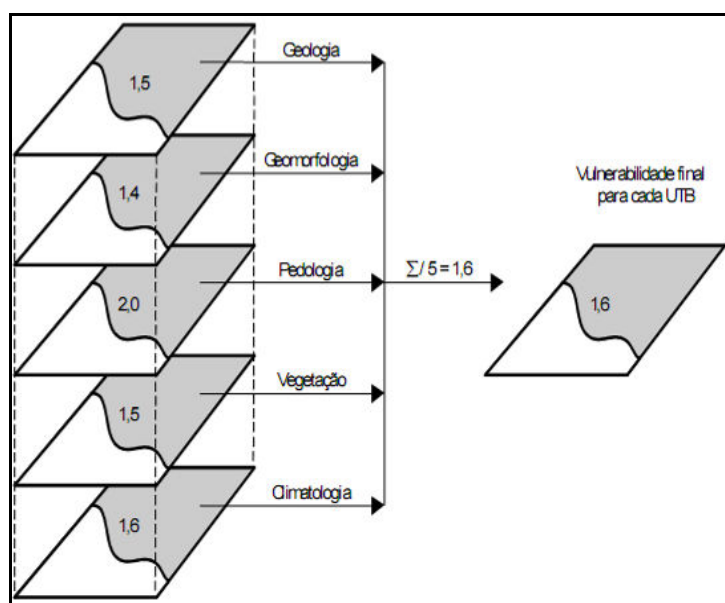


Figura 3.2 - Modelo de obtenção da vulnerabilidade para as UTBs.

Dentre os parâmetros climáticos os que têm maior influência na produção da palma de óleo são a temperatura, o brilho solar e o déficit hídrico, estes destacam-se por influenciar no crescimento e produção (BASTOS, 2000).

Segundo BASTOS *et al.* (2001), as condições de temperatura mais apropriada para o cultivo de palma de óleo é a temperatura média anual entre 25 e 28°C. A umidade relativa do ar deve ser superior a 70% e as horas de brilho solar acima de 120 h/mês. Com base nesses parâmetros, em média anual para o estado, pode-se afirmar que o Pará não tem limitações para o cultivo de palma de óleo. A palma de óleo é uma cultura bastante exigente no que tange a quantidade de água no solo. Áreas com deficiência hídrica menor do que 100 mm são as mais adequadas

para o cultivo de dendê. Esse fator influencia diretamente na produtividade da palma de óleo (MORAES & BASTOS, 1972). Portanto, o fator climático limitador ao cultivo de dendê no estado do Pará é o déficit hídrico. Para determinar o mapa de aptidão climática para cultivo de dendê utiliza-se o mapa de déficit hídrico, média anual do estado do Pará segundo os dados da SECTAM (2008).

Em relação ao déficit hídrico utiliza-se como critério quatro classes de aptidão para o cultivo de dendê: (1) alta aptidão com déficit hídrico anual menor do que 100mm; (2) média aptidão com déficit hídrico anual entre 100 e 300 mm; (3) baixa aptidão de 300 a 400 mm; e (4), aptidão inapta maior que 400 mm.

O mapa de Aptidão Edáfica foi elaborado com base no mapa de solos de 1999 da Embrapa com adaptações. Os fatores limitantes do solo de acordo com as especificações da cultura do dendê são a drenagem, a fertilidade, a profundidade e a textura do solo. A integração desses quatro fatores gera o mapa de Aptidão Edáfica para a cultura do dendê.

Para a avaliação do relevo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) proveniente da NASA (National Aeronautics and Space Administration), com resolução espacial horizontal de 90 X 90 m e vertical de 1 m. Estes foram interpolados para eliminar pequenas ausências altimétricas próprias do dado bruto, o qual seguidamente foi disponibilizado como informação altimétricas discretizadas em 16 bits. A partir da altimetria e dada a projeção em unidade linear de metros, estima-se o ângulo de inclinação da superfície e o plano horizontal do terreno. Logo, a declividade foi expressa em porcentagem (0% a ∞).

Terrenos com elevada declividade favorecem processos de erosão e conseqüentemente reduzem a produtividade pela alteração das características físicas e químicas do solo (predominância de morfogênese) com perdas de nutrientes

(MACEDO e RODRIGUES, 2000). Portanto, a declividade foi o principal fator de aptidão agrícola ao cultivo da palma de óleo considerado na temática do relevo, e analisado da seguinte forma: (1) declividade de 0 a 5 % foram consideradas como de alta aptidão; (2) declividades de 5 a 10 % média aptidão; (3) declividades de 10 a 15 % de baixa aptidão; e (4), declividades acima de 15 % foram consideradas inaptas.

Finalmente, operações espaciais de interseção e diferença foram utilizadas baseadas no mapa de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Pará (SEMA, 2008). Deste modo, identificaram-se duas grandes zonas instituídas: (i) zonas de Consolidação e Expansão de Atividades Produtivas; e (ii) zonas de Áreas Protegidas (Unidades de Conservação e as Terras Indígenas). Estas áreas estabelecem os limites de passíveis ou não de utilização para o fim de cultivo agrícola de palma de óleo. Ainda como restrição espacial, utilizou-se os dados de Uso e Cobertura da Terra fornecida pelo PRODES, programa este que calcula o desflorestamento bruto na Amazônia Legal o qual é gerenciado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2008) e obtido em www.obt.inpe.br/prodesigital.html. Áreas desflorestadas e áreas de floresta intacta foram avaliadas como fator limitante a expansão da fronteira agrícola da palma de óleo.

3.1.1 Aptidão Climática

Com base nas classes de déficit hídrico anual, estabelecidas para o cultivo da palma de óleo e no mapa de déficit hídrico anual do estado do Pará (SECTAM, 2008), determina-se o mapa de aptidão climática para o cultivo de palma de óleo no estado do Pará (Figura 3.3), conforme descrito na metodologia.

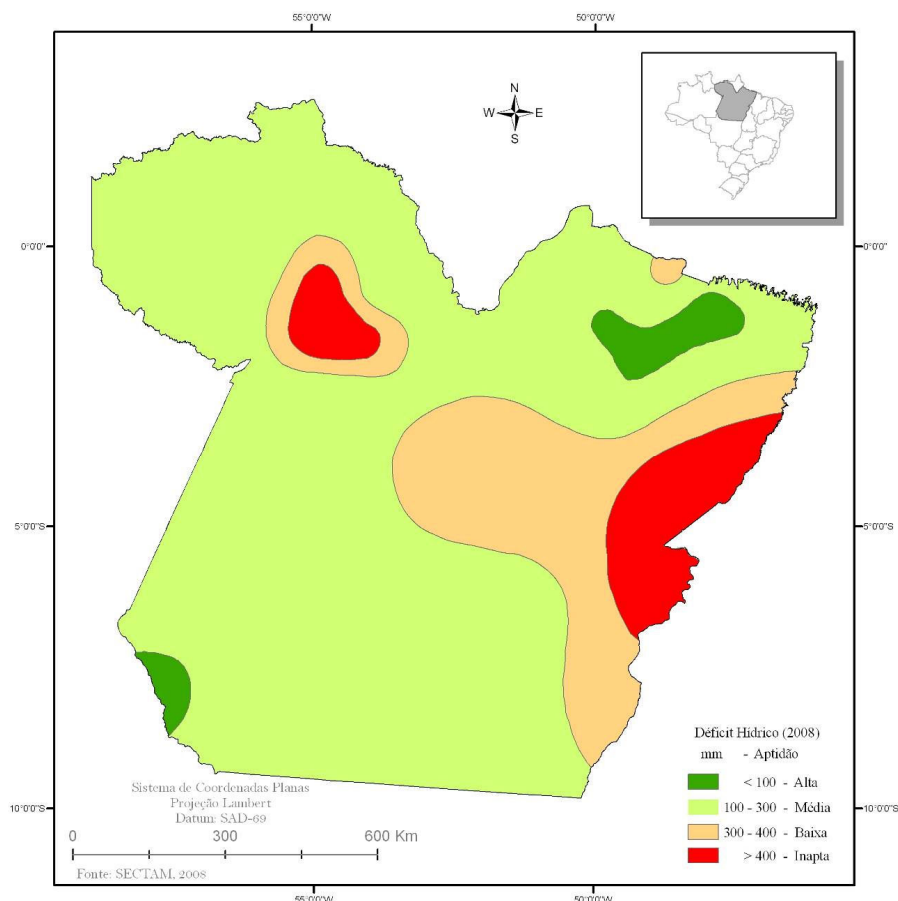


Figura 3.3 – Mapa de aptidão climática para cultivo de dendê.

O mapa de aptidão climática para o cultivo de palma de óleo mostra uma área de alta aptidão de 3,5 milhões de hectares. Desse total, 906,6 mil hectares estão localizada em área indígena no município de Jacareacanga, região sudoeste do Estado. Os 2,6 milhões de hectares restantes estão localizados na região nordeste do Pará e corresponde a 0,02% da área do estado. A área de média aptidão climática é cerca de 90,5 milhões de hectares. A área de baixa aptidão climática e inapta são respectivamente 21,8 e 9 milhões de hectares.

3.1.2 Aptidão Edáfica

Os mapas de fertilidade, profundidade, textura e drenagem para o cultivo da palma de óleo determinados conforme descritos na metodologia são integrados resultando no mapa de aptidão edáfica (Figura 3.4).

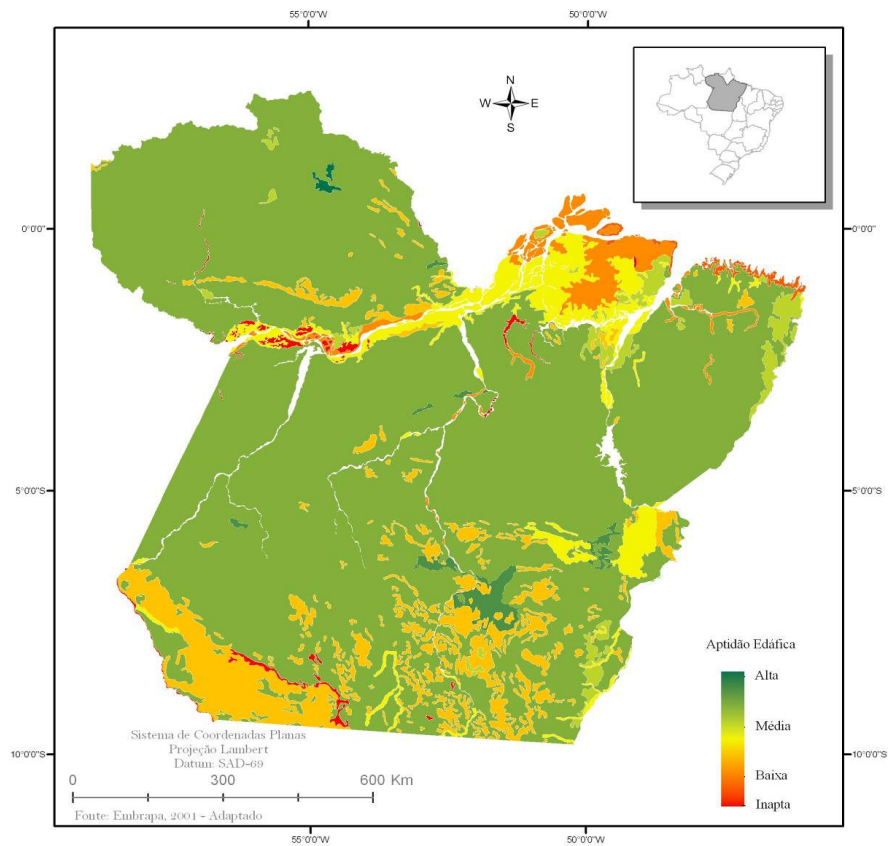


Figura 3.4 – Mapa de Aptidão com relação ao relevo.

3.1.3 Aptidão com relação ao Relevo

Conforme descrito na metodologia obtém-se o mapa com relação ao relevo utilizando os critérios de declividade (Figura 3.5).

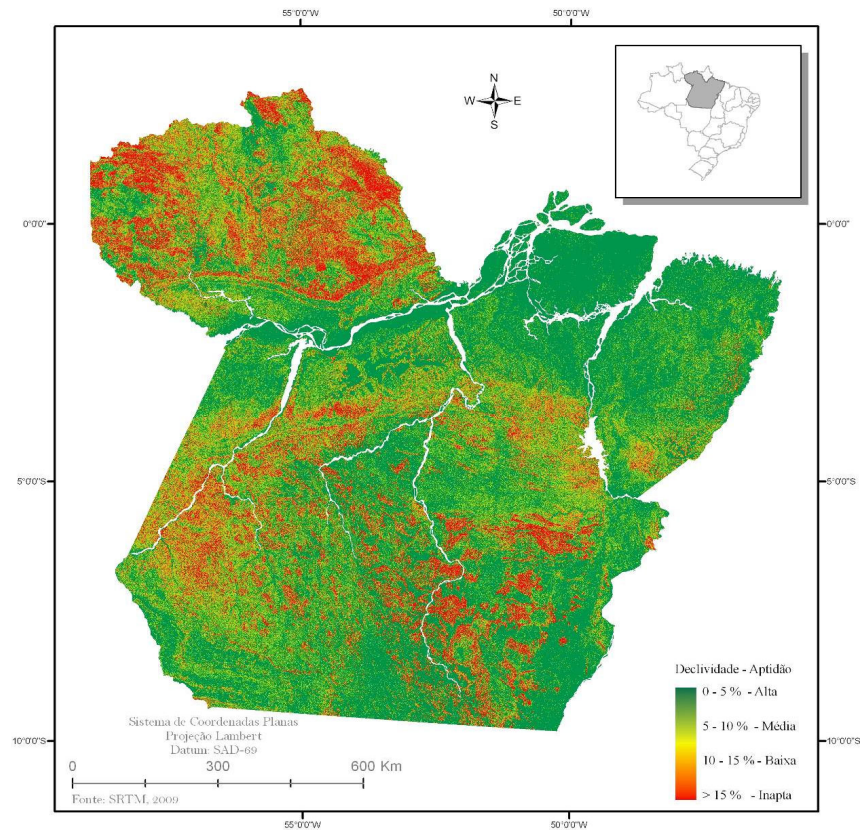


Figura 3.5 - Mapa de aptidão com relação ao relevo.

3.1.4 Aptidão agrícola para o cultivo da palma de óleo

Para obter o mapa de aptidão agrícola para a cultura de dendê faz-se inicialmente a integração do mapa de aptidão edáfica com mapa de aptidão com relação ao relevo conforme mostra a Figura 3.6.

É possível visualizar que restrições com relação ao relevo (Figura 3.6) produzem redução da área de alta aptidão edáfica (Figura 3.5).

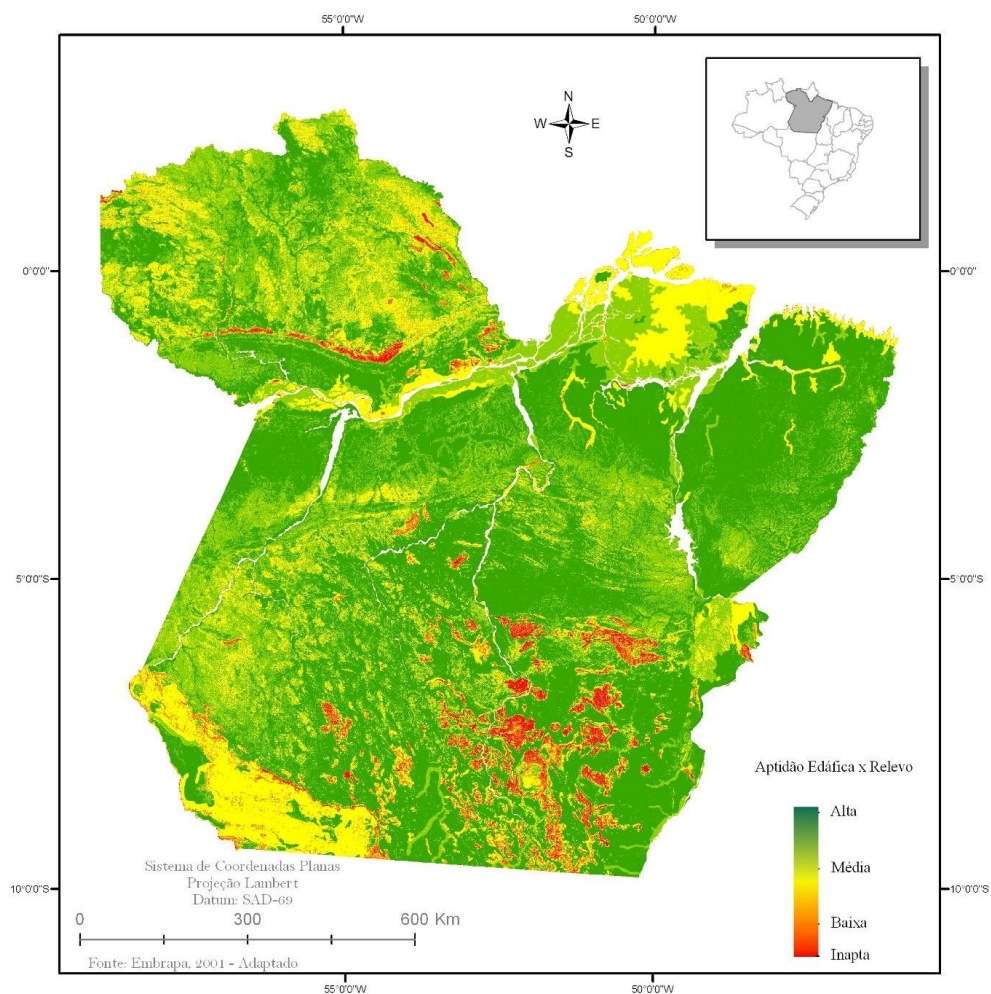


Figura 3.6 - Mapa de aptidão edáfica x relevo.

Em seguida é feita a combinação do mapa de aptidão edáfica e de aptidão com relação ao relevo com o mapa de aptidão climática (Figura 3.3) para obter o mapa de aptidão agrícola para a cultura da palma de óleo no estado do Pará, onde se pode verificar os limites de irrigação recomendada, irrigação necessária e sem irrigação (Figura 3.7).

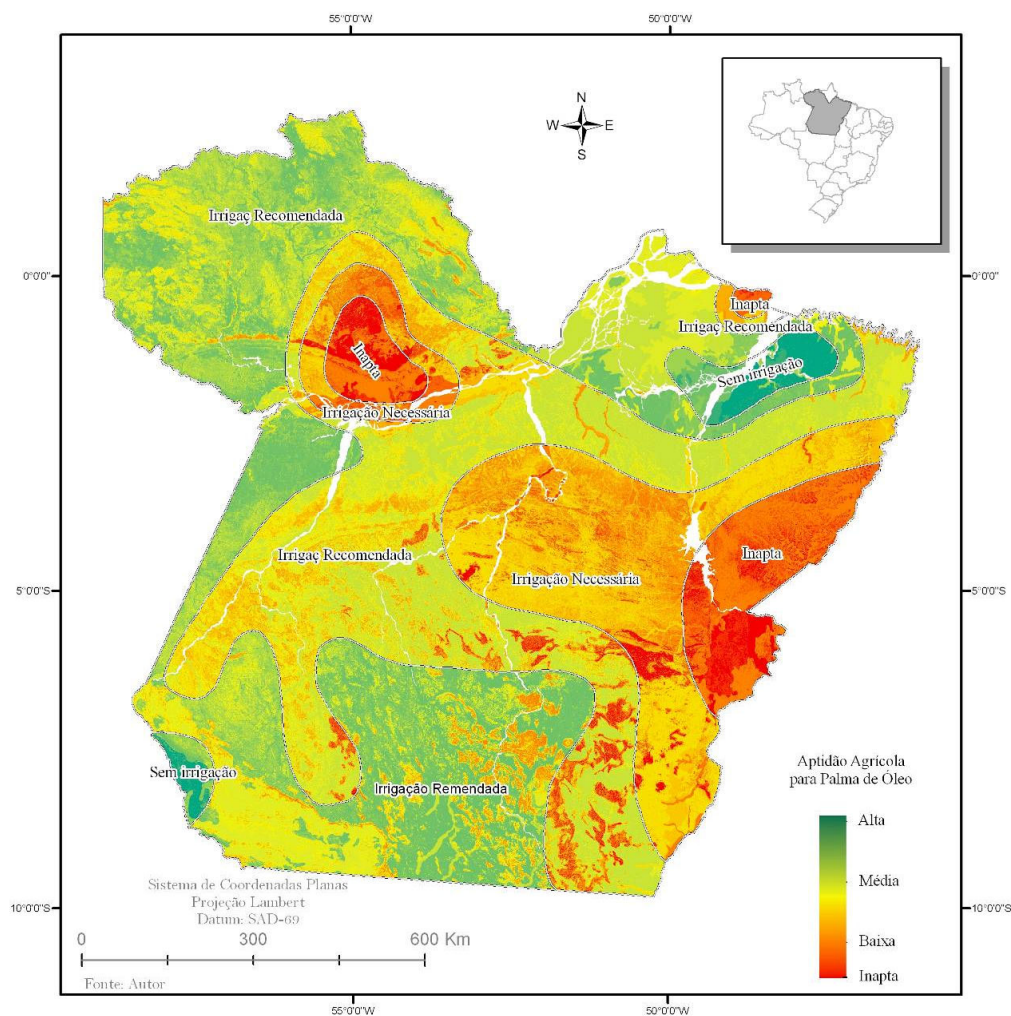


Figura 3.7 - Mapa de aptidão agrícola.

3.1.5 Análises espaciais para o uso e cobertura da terra e restrições legais

O Macrozoneamento Ecológico-Econômico (MZEE) do estado do Pará (Lei 6.745 de 6 de maio de 2005) compatibiliza a utilização dos recursos naturais com a preservação e conservação do meio ambiente. Distribui a área territorial do estado em quatro grandes zonas, definidas a partir de dados relativos ao grau de degradação ou preservação da qualidade ambiental e à intensidade do uso e exploração de recursos naturais (Figura 3.8).

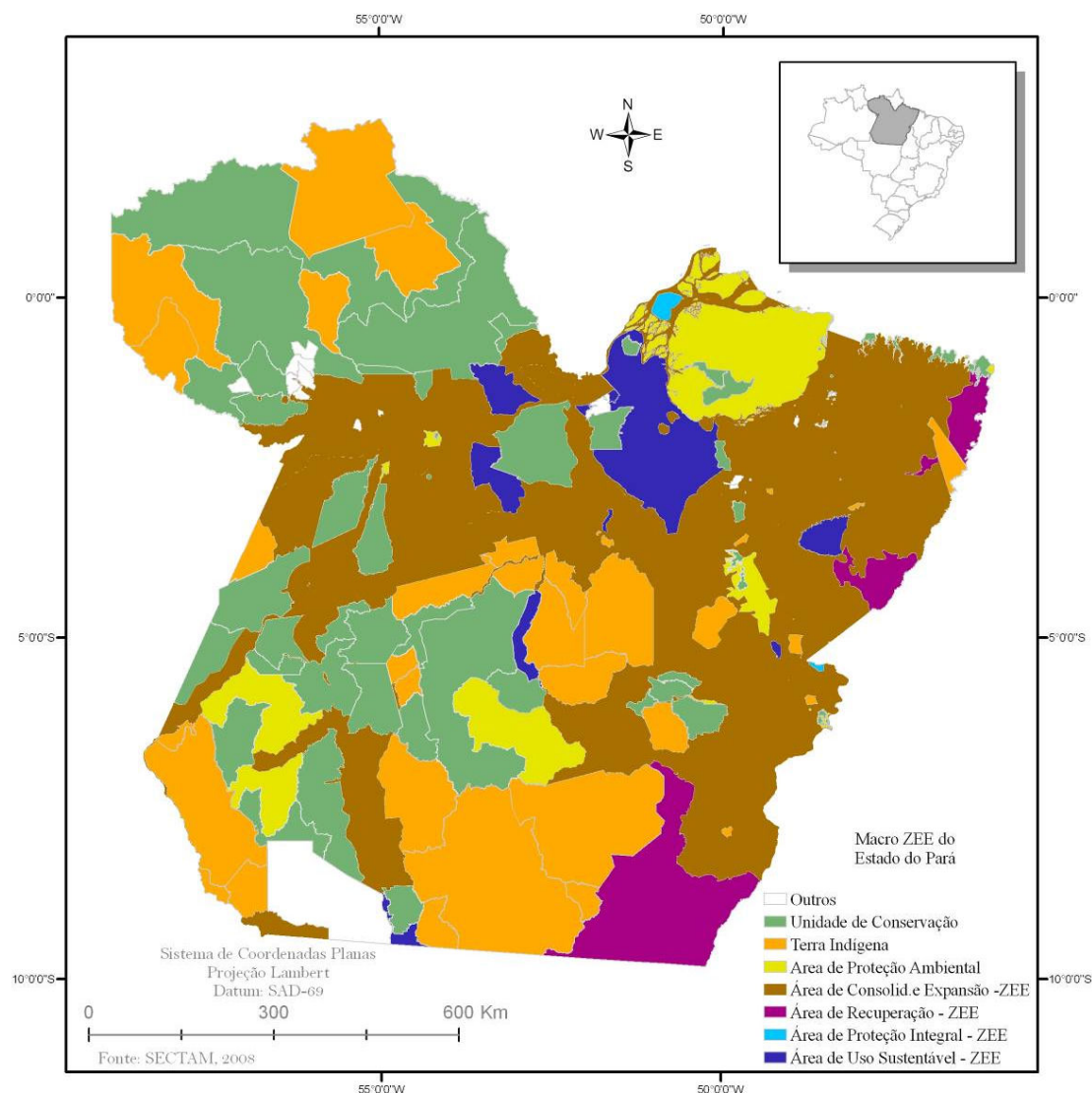


Figura 3.8 - Mapa do Macro ZEE do Estado do Pará.

As zonas determinadas pelo MZEE consideradas neste estudo são: (i) áreas especialmente protegidas (terras indígenas, unidades de Conservação de Uso Sustentável, Unidades de Conservação de Proteção Integral); (ii) e, áreas para consolidação e expansão de atividades produtivas.

Apresenta-se a seguir o mapa de uso da terra (Figura, 3.9) que mostra as áreas: desflorestada, floresta, não floresta, sem dados e hidrografia. As informações para construção desse mapa temático foram obtidas do INPE- PRODES, 2008.

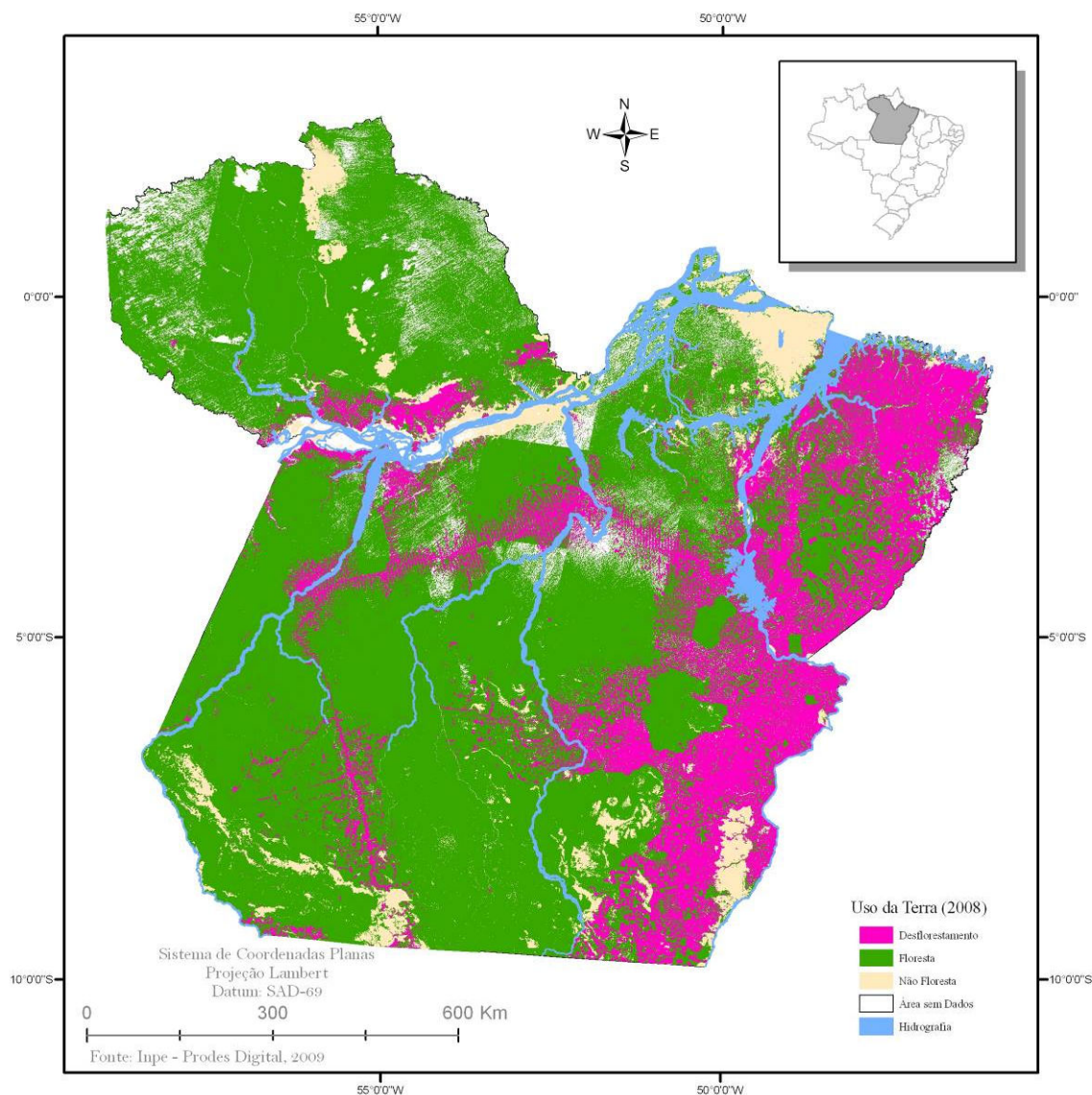


Figura 3.9 - Mapa do uso da terra no Pará (PRODES, 2008).

A sobreposição dos mapas de aptidão agrícola (Figura 3.7), MZEE (Figura 3.8) e uso da terra (Figura 3.9), resulta no mapa de aptidão agrícola com restrições legais e floresta nativa (Figura 3.10). A Tabela 3.1 apresenta uma síntese desse mapa.

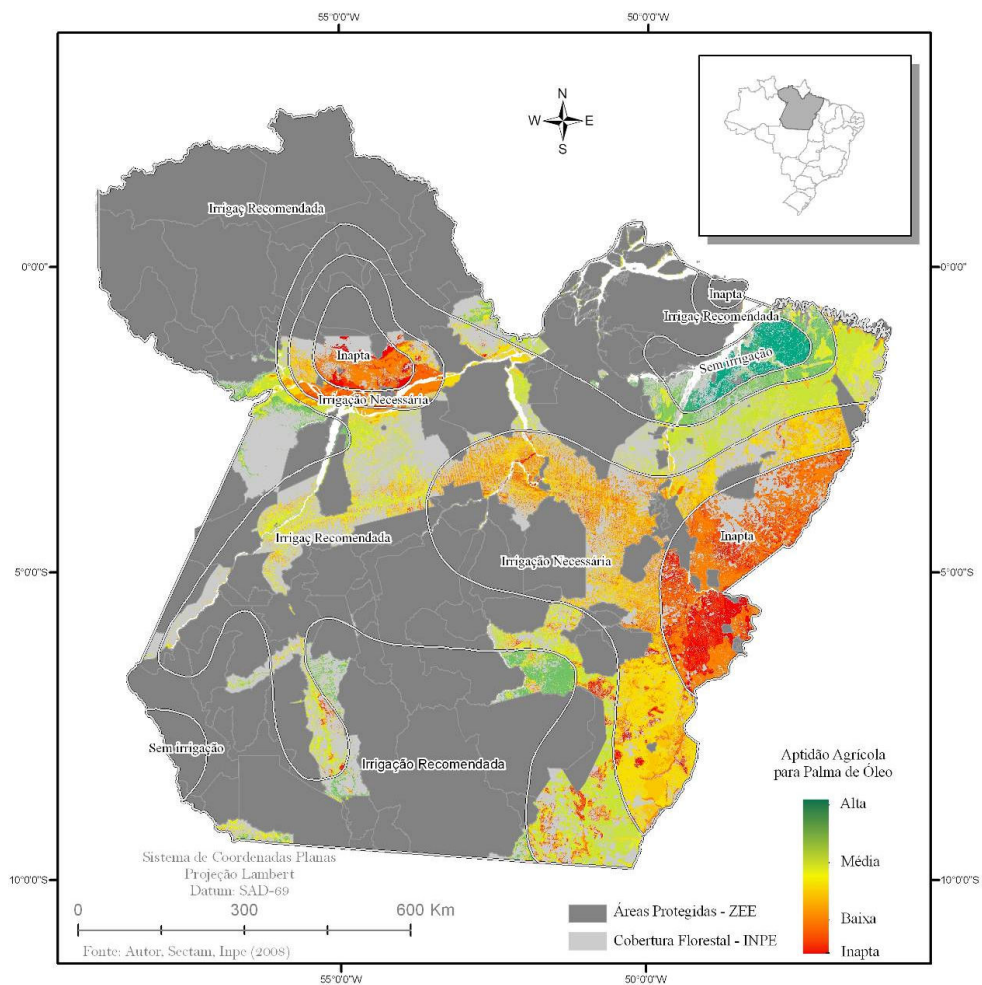


Figura 3.10 – Mapa de aptidão agrícola, áreas especialmente protegidas e floresta nativa no estado do Pará.

Tabela 3.1 - Quantitativo de áreas potenciais e de restrições para o cultivo de dendê no estado do Pará.

Categoria de Destinação Territorial do MZEE		Áreas Especialmente Protegidas (ha)			Áreas de Consolidação e Expansão Produtiva (ha)			TOTAL
	Situação de Cobertura da Terra	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	TOTAL
Alta Aptidão	Sem Irrigação	22176,882	490872,527	47133,819	882293,396	362317,749	38470,853	1843265,227
	Irrigação Recomendada	924855,260	30640675,746	1059625,781	7346329,365	10508953,290	270829,608	50751269,050
	Irrigação Necessária	136675,760	4522345,402	92994,444	5518880,152	3930946,825	623574,776	14825417,359
	Inapta	60246,394	410850,741	68403,139	3449459,896	1740452,246	68467,942	5797880,358
	Total	1143954,296	36064744,416	1268157,184	17196962,808	16542670,110	1001343,179	73217831,994
	Situação de Cobertura da Terra	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	TOTAL
Média Aptidão	Sem Irrigação	27475,339	557899,279	163033,459	68173,232	202563,120	24402,145	1043546,574
	Irrigação Recomendada	308517,904	14923252,075	2421321,100	1596276,464	3110181,420	712663,796	23072212,759
	Irrigação Necessária	42396,153	921578,299	272043,017	965430,024	866361,635	364490,880	3432300,007
	Inapta	27455,527	250654,862	42027,447	1300822,049	503397,251	101923,943	2226281,079
	Total	405844,922	16653384,516	2898425,024	3930701,769	4682503,426	1203480,764	29774340,420
	Situação de Cobertura da Terra	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	TOTAL
Baixa Aptidão	Sem Irrigação	1229,757	18849,861	11641,766	4866,930	5347,696	667,712	42603,721
	Irrigação Recomendada	60886,631	4494824,267	318963,081	362990,861	904358,221	79371,276	6221394,337
	Irrigação Necessária	5570,193	390205,067	19352,062	162058,047	200302,238	17844,779	795332,386
	Inapta	4389,777	130737,435	19099,441	92249,750	108051,896	22721,667	377249,965
	Total	72076,357	5034616,629	369056,350	622165,588	1218060,051	120605,433	7436580,409
	Situação de Cobertura da Terra	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	Desflorestam	Floresta	Não-Floresta	TOTAL
Inapta	Sem Irrigação	70,792	4731,838	1540,665	109,572	917,099	321,883	7691,850
	Irrigação Recomendada	19279,703	839416,525	195318,553	112334,338	308843,403	72152,509	1547345,031

Tabela 3.1 - continuação.

	Irrigação Necessária	524,669	797389,078	25658,447	25658,447	33944,330	7219,374	890394,347
	Inapta	948,375	18133,951	12149,727	3593,663	36086,798	20727,369	91639,884
	Total	20823,539	1659671,392	234667,393	141696,021	379791,631	100421,135	2537071,111

Fonte: Construída pelo autor

3.2 EXECUÇÃO DA ACV

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é realizada para três fases da cadeia produtiva do Biodiesel de Dendê: Agricultura do Dendê, Produção de Óleo de Dendê e Produção de Biodiesel de Dendê. Para cada fase é considerado os insumos energéticos e materiais na entrada. Na saída de cada subsistema é levada em consideração a produção energética dos produtos, co-produtos e emissões para os diversos compartimentos ambientais. Não é objetivo desse trabalho, incluir a análise de impacto das fases de distribuição e de consumo final do biodiesel.

A produção de Biodiesel é obtida a partir da reação de transesterificação entre o óleo de dendê, oriundo do processamento dos cachos de frutos produzidos na agricultura do dendê, e álcool etílico, na presença de um catalisador básico. O catalisador utilizado é o hidróxido de sódio (NaOH). É importante ressaltar que atualmente a rota mais utilizada na indústria de biodiesel mundial é a metílica por ser de mais baixo custo. O álcool metílico tem com uma das desvantagens ser derivado de petróleo.

As informações dos insumos energéticos e materiais relevantes como as quantidades de eletricidade, calor de processo (vapor), catalisador e álcool para produzir uma tonelada de biodiesel, foram obtidas junto a empresa DEDINE (2009). As coletas de dados referentes a preparação de área, cultivo do dendê, transporte, colheita, produção de óleo e emissões foram obtidos através de visita técnica aos produtores, às extratoras de óleo, aplicação de questionários, e indiretamente na literatura existente.

3.2.1 Definição de Objetivo e Escopo

3.2.1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho é a realização de Análise do Ciclo de Vida do Biodiesel de Dendê na Amazônia visando contribuir com informações para um banco de dados regionalizado de inventário de ciclo de vida. O público alvo desse trabalho são organizações interessadas na formulação de políticas públicas na área de energias renováveis e/ou possíveis empreendedores que desejam fazer investimentos no setor de produção de biodiesel. Faz-se um balanço energético de biodiesel de dendê e estima-se o potencial de cultivo de dendê no estado do Pará.

3.2.1.2 Definição do Escopo

Na metodologia da ACV o escopo do estudo normalmente é composto pela função do produto, a unidade funcional, o fluxo de referência, das fronteiras do sistema, do sistema de produto e dos critérios de alocação

3.2.1.2.1 Função do Produto, Unidade Funcional, Fluxo de Referência e Sistema de Fronteira

A função do biodiesel de dendê é ser utilizado principalmente em motores veiculares ou estacionários de ciclo diesel usados em sistemas de transportes ou na geração de eletricidade em comunidades isoladas da Amazônia. A quantificação da função do produto ou unidade funcional foi estabelecida como 9.530.000 Kcal (39,9 GJ). Todos os valores de entrada e saída do sistema de produto serão relacionados a essa unidade funcional. Segundo COSTA NETO (2000) o poder calorífico do biodiesel de dendê etílico é 9.530 Kcal/Kg. Com base nesse valor de poder calorífico e na unidade funcional foi possível estabelecer o fluxo de referência como sendo 1000 Kg de biodiesel. Isto significa dizer que para produzir 9.530.000 Kcal (39,9 GJ) em

motores a diesel, são necessários 1000 Kg de biodiesel. As fases do ciclo de vida considerada são a agricultura do dendê, a produção e transporte do óleo de palma, a produção e transporte do bioetanol anidro, a produção e transporte da soda cáustica, e produção do biodiesel. Neste estudo não são consideradas as fase de uso, distribuição e disposição final do biodiesel. Essa abordagem de ACV é denominada na literatura como “Cradle to Gate” (berço ao portão de fábrica).

As fases desenvolvidas nesse estudo de ACV são apresentadas na Figura 3.11.

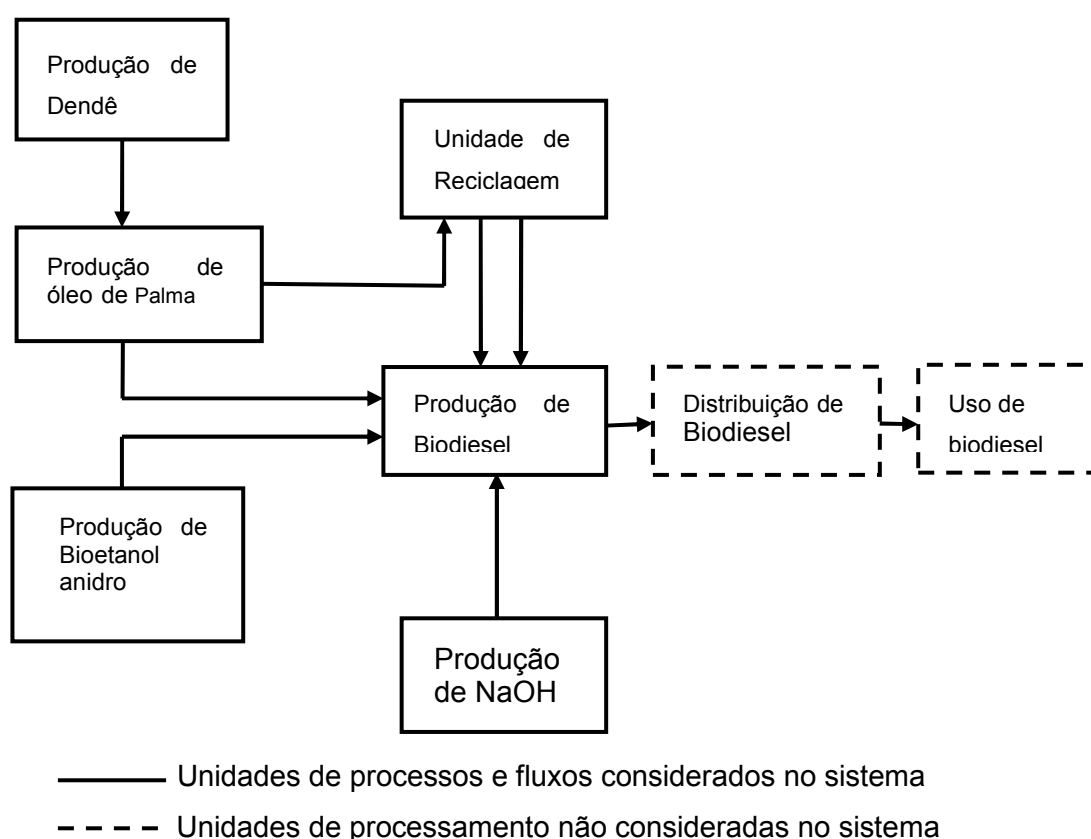


Figura 3.11 - Fases desenvolvidas no estudo adotando a abordagem do berço ao portão de fábrica.

A fronteira geográfica para esse estudo de ACV é o Estado do Pará, localizado na Amazônia brasileira. Será considerada duas unidades virtuais de produção de biodiesel, uma localizada em Tailândia-Pará e outra em Santo Antonio do Tauá - Pará integradas as áreas de produção agrícola e as unidades de produção de óleo de dendê.

Os dados coletados e utilizados nesse trabalho principalmente no que se refere a produção agrícola e produção de óleo foram consolidados no período de 24 anos de operação da AGROPALMA e da DENTAUÁ no estado do Pará. Os dados secundários são relacionados aos últimos 10 anos.

As tecnologias utilizadas nesse estudo de ACV são o cultivo tradicional do dendê constituído das fases de pré-viveiro, viveiro, plantio definitivo, uso de fertilizantes, herbicidas, colheita manual e transporte rodoviário até a indústria de extração de óleo. A produção de óleo é feita por esmagamento, e a energia elétrica e de vapor são oriundos da biomassa, portanto renováveis. O processo de mercúrio é utilizado na produção do hidróxido de sódio. A colheita da cana é manual e a produção de bioetanol anidro é feita por fermentação do caldo de cana. O bagaço de cana é utilizado como fonte de energia. Para produzir o biodiesel utiliza-se a reação de transesterificação na presença de álcool etílico e hidróxido de sódio como catalisador. A transesterificação é o processo de produção de biodiesel utilizado em todo o mundo.

3.2.1.2.2 Sistema de Produto

O sistema de produto é definido como sendo composto dos subsistemas: agricultura de dendê, transporte, produção de óleo de dendê, produção de diesel de petróleo, produção da cana de açúcar, produção de etanol anidro, produção de hidróxido de sódio e produção de biodiesel. A Figura 3.12 apresenta o sistema de produto para produção de biodiesel de óleo de palma.

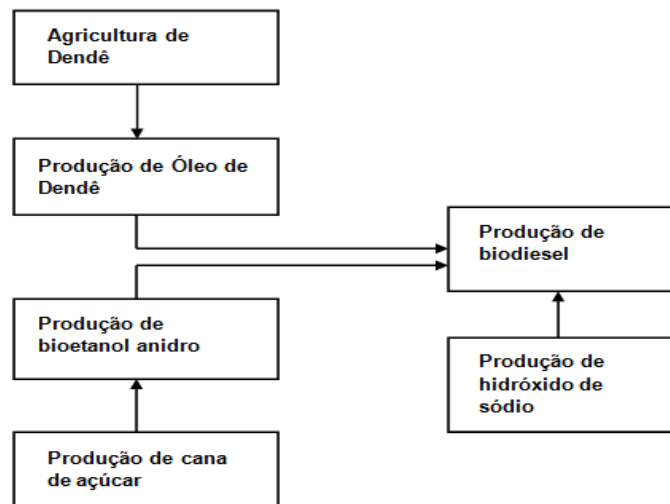


Figura 3.12 - Principais Subsistemas do Sistema de Produto.

Subsistema de Agricultura de Dendê

O cultivo de dendê começa com a aquisição de sementes pré-germinadas. O maior volume de aquisição é feita na empresa ASD Costa Rica - Costa Rica. A única fornecedora nacional é a EMBRABA Ocidental, porém até o momento não supre a demanda nacional. Após a seleção da semente é realizado o plantio em um pré-viveiro. A duração mínima da permanência das mudas no pré-viveiro é de três meses. Em seguida as mudas são transplantadas para o viveiro onde permanecem por um período de 12 a 15 meses (AGROPALMA, 2008). Depois do viveiro é feito o plantio definitivo do dendezeiro na área previamente preparada onde permanecerá por um período de 25 a 30 anos.

A colheita é realizada de 10 em dez dias a partir de três anos tendo como referência o ano do plantio definitivo. O instrumento utilizado na colheita é o sacho para plantas menores ou a foice para plantas mais altas. Os cachos são transportados até a caixa de coleta por uma carroça tracionada por um trator de duas rodas. As caixas de coleta, com capacidade de 16 toneladas, são transportadas até a indústria

extratora de óleo por caminhões. O diesel consumido no sistema de coleta de dendê pelo trator de duas rodas, trator de esteira na preparação do solo, pelo caminhão que transporta os Cachos de Frutos Frescos (CFF) da caixa de coleta até a indústria de óleo são considerados como entrada no subsistema. Aspectos ambientais da produção de óleo diesel e as emissões atmosféricas pelo uso do óleo diesel são contabilizados. Os fluxos de entrada associados às instalações prediais não são considerados.

Neste subsistema é possível identificar os fluxos e unidades de processo que irão influenciar na produção de Cachos de Frutos Frescos (CFF), utilizados na produção de óleo de dendê, que é a matéria prima para produção de biodiesel (Figura 3.13).

Na entrada são considerados os fluxos de fertilizantes, defensivos agrícolas, e diesel. Aspectos associados à produção de sementes não são considerados tendo em vista que ser um fluxo inferior a 5% em massa em relação ao fluxo total na entrada.

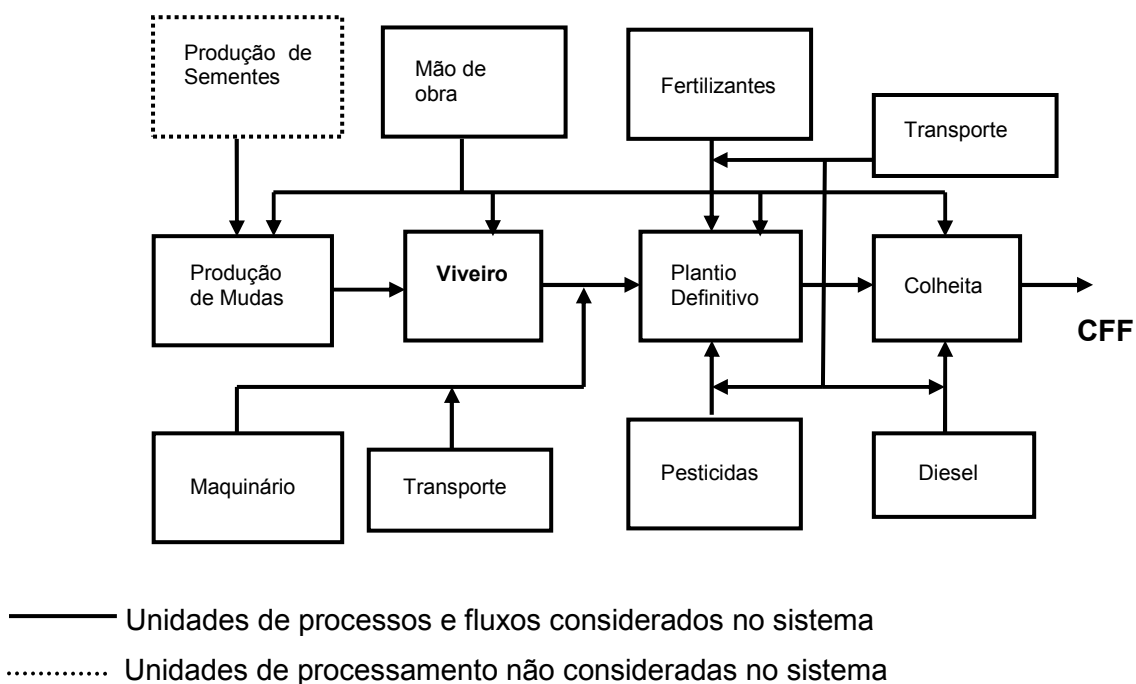


Figura 3.13 - Subsistema de Agricultura de Dendê.

Subsistema de Produção de Óleo de Dendê

O fluxograma da Figura 3.14 apresenta os fluxos de massa e energia no subsistema de produção de óleo de dendê.

Os fluxos de entrada são os Cachos de Frutos Frescos (CFF), Energia elétrica produzida por fibras e cascas gerados no próprio subsistema, vapor para esterilização dos frutos e eletricidade.

Na saída do subsistema pode-se identificar os fluxos de óleo de palma bruto, óleo de palmiste, torta, fibras, cascas, cachos vazios e efluente líquido.

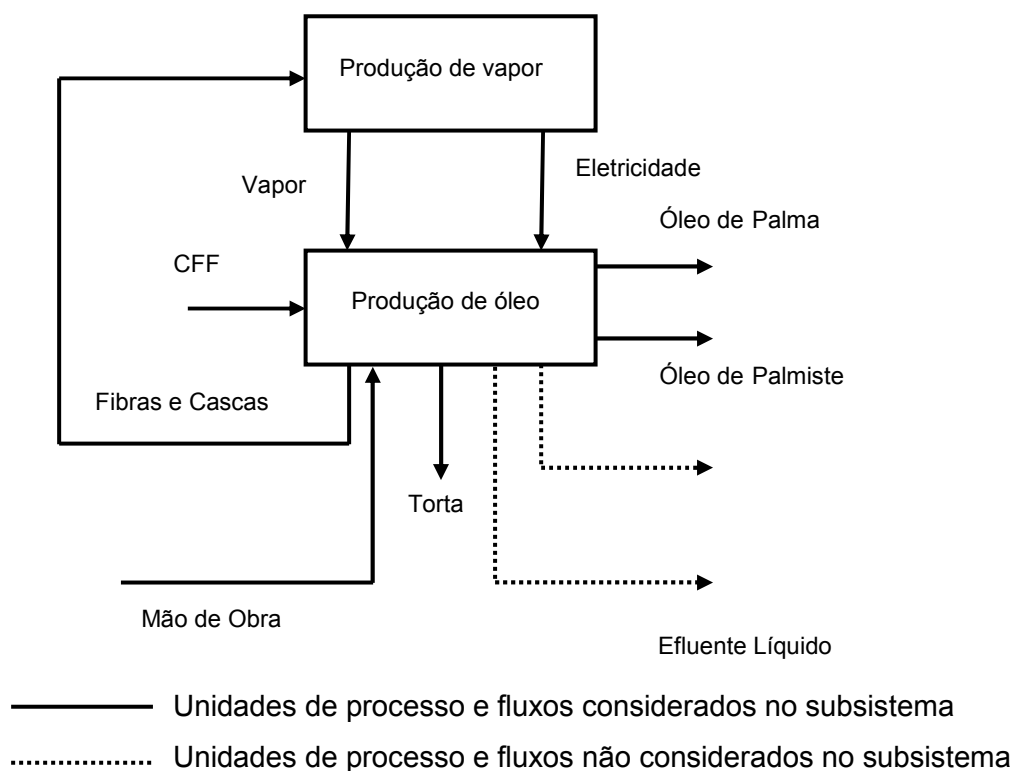


Figura 3.14 – Subsistema de extração de óleo de Dendê.

Subsistema de Produção do Bioetanol Anidro

O bioetanol anidro é produzido a partir da cana de açúcar, conforme é apresentado no fluxograma abaixo (Figura 3.15). O transporte da cana de açúcar após a colheita é feita por transporte rodoviário até a usina de produção de álcool. Após a pesagem e lavagem a cana é moída. O caldo produzido é peneirado com a finalidade de remover material em suspensão. Em seguida é submetido a pasteurização, adição de cal virgem, aquecimento e decantação. O bagaço que resultou da moagem é utilizado pela indústria como combustível na produção de energia. O pH ideal antes da fermentação, é obtido submetendo-se o caldo a uma diluição. Esse produto é conhecido como mosto.

As leveduras são responsáveis pela fermentação do caldo de cana. No final do processo são recuperadas e submetidas a um tratamento que consiste de diluição em água e adição de ácido sulfúrico até a obtenção de pH entre 2 e 2,5.

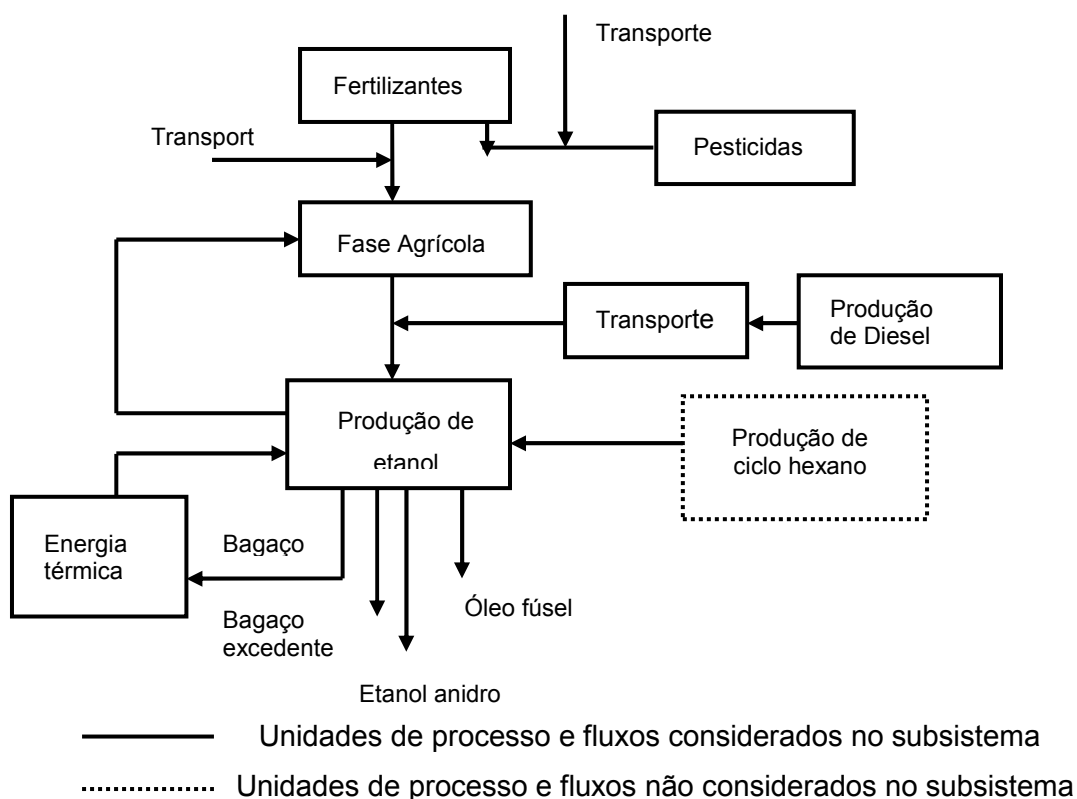


Figura 3.15 - Subsistema de produção de etanol anidro.

O açúcar do mosto, depois da fermentação, é consumido formando um produto chamado vinho que é separado das leveduras por meio de centrifugação. O vinho, com teor de álcool de 7° a 10° GL é levado às torres de destilação onde se obtém o álcool etílico hidratado com teor de 96° GL. O álcool etílico anidro a 99,3° GL é obtido submetendo-se o álcool hidratado a uma mistura com ciclo-hexano e em seguida nova destilação.

A vinhaça resultante da destilação do vinho é utilizada como adubo no cultivo da cana, por ser um efluente com elevados teores de matéria orgânica e nutrientes. O volume de óleo fúsel gerado nesse subsistema é muito pequeno quando comparado com de álcool etílico anidro produzido.

Na fase agrícola são considerados como fluxos de entrada os fertilizantes e, calcário, óleo diesel e seus respectivos transportes.

Subsistema de Produção do Hidróxido de Sódio

O hidróxido de sódio (NaOH), é usado como catalisador na reação de transesterificação para produção de biodiesel. A indústria mais próxima de Tailândia-PA, e Santo Antonio do Tauá-PA, via terrestre é a unidade de Polímeros da Braskem localizada em Maceió-AL. Apresentamos a seguir o fluxograma do subsistema de produção de NaOH (Figura 3.16).

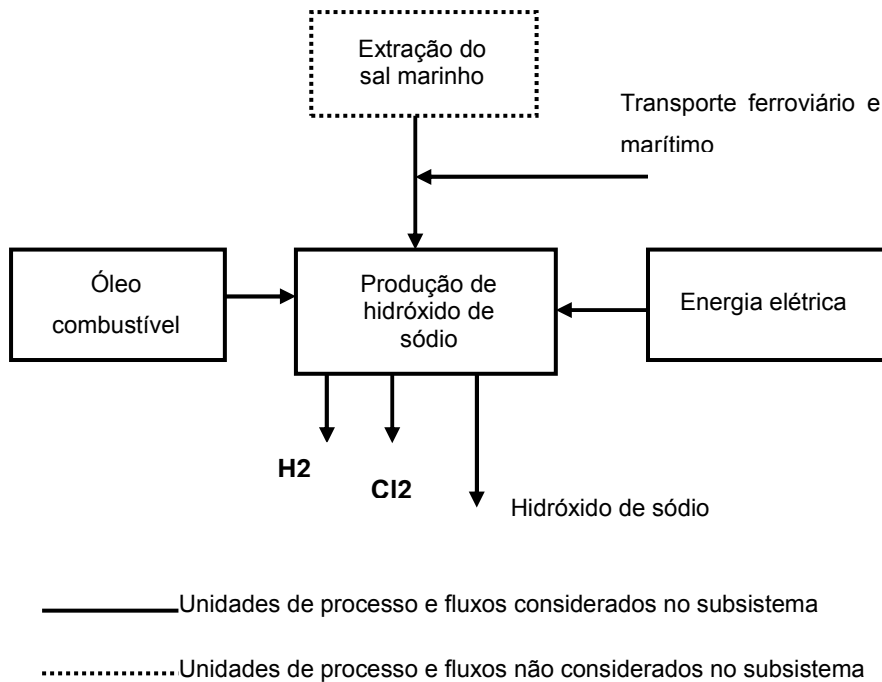
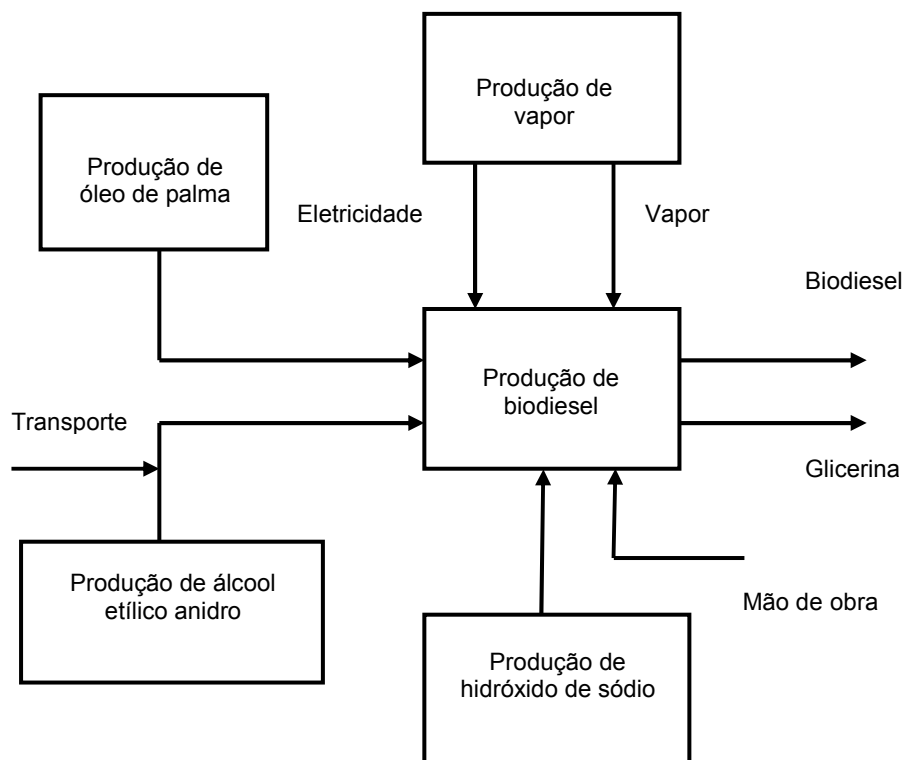


Figura 3.16 - Subsistema de produção de hidróxido de sódio.

Todos os fluxos de entrada na produção de NaOH são considerados como exceção da carga ambiental de extração do sal marinho que é feita por processo natural como a evaporação solar e ação dos ventos sobre o sal úmido retido da água do mar. Além do NaOH são obtidos também como produtos nesse processo os gases cloro e hidrogênio.

Subsistema de Produção de Biodiesel

A rota considerada no processo de produção de biodiesel é a etílica, principalmente por ser o bioetanol anidro um produto renovável. A reação de transesterificação para produção de biodiesel de dendê é feita entre o óleo de dendê, e o bioetanol anidro, na presença do catalisador básico NaOH. Os produtos finais são o biodiesel e a glicerina. A Figura 3.17 apresenta o fluxograma do subsistema de produção de biodiesel de dendê.



Unidades de processo e fluxos considerados nos subsistemas

Figura 3.17 - Subsistema de Produção de biodiesel.

Na entrada desse subsistema temos ainda os fluxos de energia elétrica, vapor e óleo diesel. A carga ambiental referente ao transporte rodoviário do álcool etílico é considerada.

3.2.1.3 Definição do Critério de Alocação

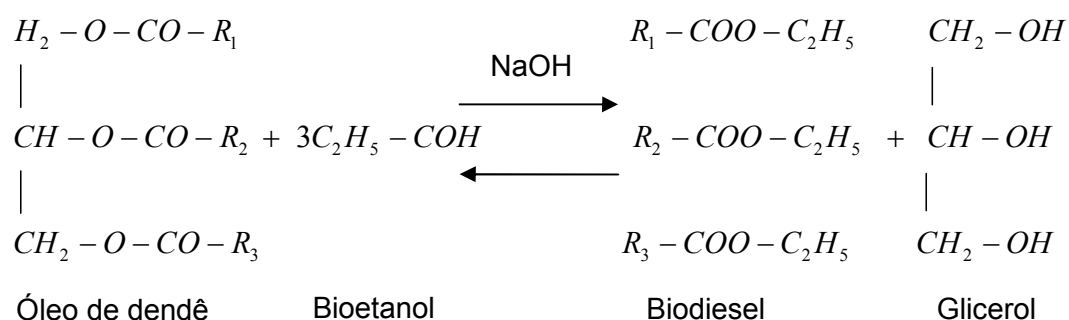
Os produtos de valor comercial obtidos na produção de óleo de dendê são o óleo de dendê, e o óleo de palmiste. A proporção mássica desses produtos são 20%, 1,5% respectivamente. Na alocação de dos aspectos ambientais associados ao sistema de produtos em estudo, adotaremos o critério de valoração econômica de acordo com o preço de mercado.

3.2.1.4 Análise de Inventário

O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) do sistema de produto é realizado levando-se em consideração os vários subsistemas compostos de unidades de processo para os quais os dados primários foram coletados ou foram utilizados Inventários de Ciclo de Vida (ICVs) consolidados.

3.2.1.4.1 Inventário do Biodiesel de Dendê

O Biodiesel e o co-produto glicerol são resultados do processo de transesterificação que consiste na reação entre o óleo de dendê, o bioetanol anidro, na presença do catalisador hidróxido de um sódio (NaOH), conforme apresentado na equação química abaixo.



Segundo o Laboratório de Operações de Separação (LAOS) da Universidade Federal do Pará a massa molecular média do óleo de dendê é 845 kg/mol.

Considerando-se um rendimento de 100% e uma reação estequiométrica são produzidos 891 kg de biodiesel e 92 kg de glicerol, utilizando-se 138 kg de álcool etílico anidro e 845 kg de óleo de dendê.

No processo industrial o rendimento do biodiesel no processo de transesterificação quando a matéria-prima é óleo de palma e a rota é metílica é de 98% (MACEDO e MACEDO, 2004).

Consideramos neste trabalho a possibilidade de obter o mesmo rendimento de 98% usando a rota etílica e o fluxo de referência de 1000 kg de biodiesel podemos determinar que na reação de transesterificação sejam necessários 968 kg de óleo de palma, reagindo com 158 kg de bioetanol anidro. São produzidos ainda 126 kg de glicerina.

Na indústria, a quantidade de hidróxido de sódio (catalisador) utilizado é de 0,4% da quantidade de óleo vegetal usado e a razão molar óleo:álcool de 1:6. A necessidade do excesso de álcool é devido ao caráter reversível da reação (COSTA NETO *et al.* 2000). Com base nessas recomendações para produzir 1000 kg de biodiesel, são necessários 316 Kg de bioetanol anidro e 3,87 kg de hidróxido de sódio.

A produtividade média de dendê na Agropalma é de 23.500 kg/ha-ano. Então para produzir 968 Kg de óleo de dendê ou 1000 kg de biodiesel são necessários 4.840 kg de Cachos de Frutos Frescos de dendê. Isso significa dizer que para cada 1000 kg de biodiesel produzido é necessário cultivar uma área de 0,20 hectares.

A quantidade real utilizada de álcool etílico anidro para produzir 1000 kg de biodiesel é 158 Kg. Estamos considerando que todo o álcool anidro usado em excesso visando garantir a irreversibilidade da reação é recuperado.

Considerando que a produtividade média de uma indústria de álcool é de 83 litros de bioetanol anidro por tonelada de cana (MACEDO *et al.*, 2004) e sua densidade de 791kg/m³ é possível determinar que é necessário 2407 kg de cana de açúcar para produzir 158 litros de bioetanol anidro.

Inventário do subsistema agrícola de Dendê

A agricultura é um processo de conversão de energia feita pela fotossíntese. Nesse processo as plantas convertem energia solar em energia agregada aos produtos vegetais.

A agricultura primitiva se resumia praticamente a semeadura de sementes. Na agricultura moderna, a aplicação de ciência e tecnologia na forma de fertilizantes, máquinas, bombeamento de água, eletricidade, combustíveis fósseis, aumenta substancialmente a produtividade da cultura cultivada. Portanto, a agricultura moderna é altamente dependente de derivados de petróleo.

As condições edafoclimáticas, o método de cultivo de determinada cultura e a matriz energética de um país ou região, influenciam na relação entre a energia fóssil consumida e energia obtida com o uso do bicomcombustível produzido.

As informações sobre o cultivo e produção de óleo de dendê foram coletadas através de questionários, entrevistas com técnicos durante visita técnica à Agropalma localizada no município de Tailândia-Pará e a Dendê do Tauá-(DENTAUÁ), localizada no município de Santo Antonio do Tauá-Pará, além de consulta a literatura.

A área de cultivo próprio da Agropalma é de 32 mil hectares. A parceria com a agricultura familiar é de 1,7 mil hectares e com produtores independentes é cerca de 5.543 hectares. Três unidades de produção de óleo da Agropalma estão localizadas no município de Tailândia-Pará uma no município de Acará-Pará. A distância média entre as áreas de cultivo e a indústria de produção de óleo é de 30 Km.

A área de cultivo próprio da DENTAUÁ é de 3.500 hectares, insuficiente para suprir a indústria de óleo que tem capacidade de processar 12 ton/h de cachos de frutos frescos de dendê. Para assegurar o funcionamento da indústria de produção de

óleo é feita a aquisição de frutos de produtores independentes na região a uma distância média de 30 Km.

Apresentamos a seguir o fluxograma do inventário da fase agrícola da produção de dendê visando uma melhor compreensão das etapas consideradas nessa fase.

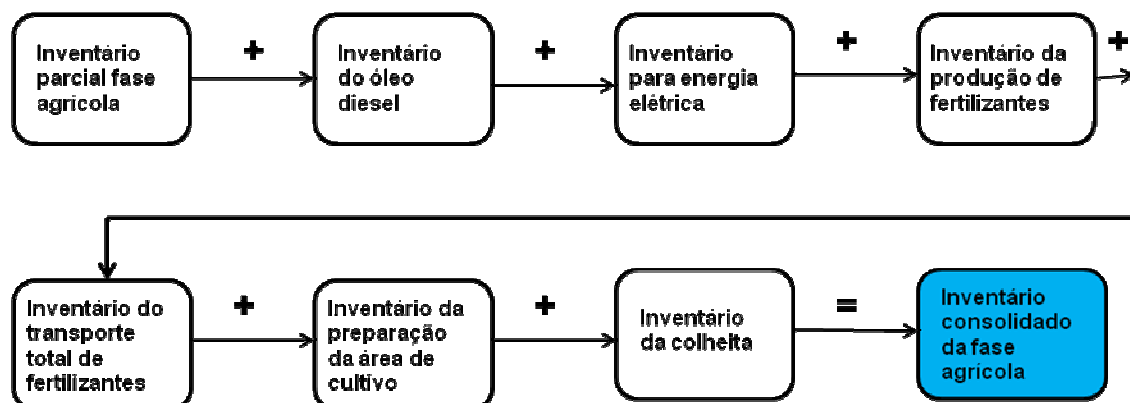


Figura 3.18 – Fluxograma do inventário da fase agrícola.

A Tabela 3.2 apresenta o inventário de entradas e emissões parciais da fase agrícola tendo como base o cultivo de um hectare-ano de dendê nas duas empresas pesquisadas.

Tabela 3.2 – Inventário parcial da fase agrícola do cultivo de um hectare-ano de dendê.

	Unidade	Empresas	
		Dentauá	Agropalma
Entradas			
Mão de obra	Hh	2,16E+02	4,09E+02
Máquinas	Kg	8,22E+00	8,22E+00
Nitrogênio	Kg	6,44E+01	8,33E+01
Fósforo	Kg	4,29E+01	8,33E+01
Potássio	Kg	1,07E+02	1,92E+02
Magnésio	Kg	8,58E+00	1,67E+01
Puerária javanica	Kg	3,00E+00	3,00E+00
Herbicida (Glifosato)	Kg	1,10E+01	5,43E+00

Tabela 3.2 – continuação.

Transporte	Kg	2,52E+02	3,98E+02
CO ₂	Kg	9,09E+03	9,09E+03
Saídas			
Emissões atmosféricas			
CO ₂	Kg	1,03E+02	1,33E+02
N ₂ O	Kg	8,05E-01	1,04E+00
NH ₃	Kg	9,66E+00	1,25E+01
NOx	Kg	1,69E-01	2,19E-01
Herbicida (Glifosato)	Kg	5,50E-01	2,71E-01
Efluentes líquidos			
N	Kg	6,44E+00	8,33E+00
Potássio	Kg	4,29E+00	8,33E+00
Herbicida (Glifosato)	Kg	2,20E+00	1,09E+00
Emissões para o solo			
Herbicida (Glifosato)	Kg	8,25E+00	4,07E+00

Rendimento do dendê: 18.500 Kg/ha (Dentauá);

Rendimento do dendê: 23.500 Kg/ha (Agropalma);

Fonte: DENTAUÁ (2008); AGROPALMA (2008).

As entradas para o subsistema agrícola relativas à mão de obra, maquinário, fertilizantes, herbicida, e produtividade de cachos de frutos frescos por hectare-ano, foram obtidos a partir de visitas e reuniões técnicas realizadas nas empresas, DENTAUÁ (2008) e AGROPALMA (2008) com o objetivo de garantir a credibilidade dos dados. Na determinação da mão de obra em homens-hora por hectare-ano de dendê estão incluídas as atividades no pré-viveiro, viveiro, plantio definitivo, manutenção e administrativa conforme apresentado na Tabela A1. O peso das máquinas e equipamentos por hectare-ano foram determinados com base no peso de cada componente (tratores de esteira, tratores de rodas, caminhões, roçadeiras, patrol, enxadas, facões, pulverizador costal), depreciação e demanda específica de energia para a sua produção (MACEDÔNIO e PICCHIONI, 1985).

São considerados também nesse estudo o transporte de materiais, máquinas e equipamentos (fertilizantes, herbicida, máquinas, equipamentos, combustível). A entrada de dióxido de carbono (CO_2) corresponde à quantidade média absorvida da atmosfera por um hectare de dendê no período de um ano. A determinação é feita com base na estimativa da quantidade de matéria seca do cultivo da palma da ordem de 154,69 toneladas por hectare acumulados no período de 25 anos. A quantidade de carbono é obtida multiplicando-se a quantidade da matéria seca por um fator 0,4 que resulta em 61,88 toneladas de carbono por hectare (SILVA *et al.*, 2000). A média anual de carbono acumulado é 2.480 Kg que corresponde ao seqüestro de 9.093 Kg de dióxido de carbono (CO_2) por hectare de dendê cultivado por ano.

Inventário do óleo diesel

A determinação do inventário do óleo diesel tem como referência aspectos ambiental de extração do petróleo nacional e importado, o transporte marítimo do petróleo importado, a produção de energia elétrica no Brasil, o refino de petróleo e a alocação.

A base de dados GABI 4(2006) apresenta inventário para extração de 1000 Kg de petróleo nacional e importado conforme a terceira coluna da Tabela A2.

A produção nacional de petróleo no ano de 2008 foi de 105.452.170 m^3 - extraídos em terra (12,57%) e no mar (87,43%). O volume total de petróleo refinado no país no mesmo ano foi de 102.531.319 m^3 (89.612.372.810Kg). Desse total de petróleo refinado 22,37% foi importado. A produção de óleo diesel foi de 40.648.511 m^3 (34.144.749.240 Kg). Constata-se que para produzir 1 Kg de óleo diesel é necessário refinar 2,62 Kg de petróleo. Considerando-se que a perda de petróleo no transporte até as refinarias é de 83 Kg para cada 1000 Kg transportados (GABI 4, 2006), constata-se que para produzir 1 Kg de diesel é necessário extrair 2,84 Kg de

petróleo. A quarta coluna da Tabela A2 apresenta o inventário para a extração de 2,84 Kg de petróleo.

O inventário do transporte marítimo do petróleo importado considera o transporte em navios com capacidade de 88.750 toneladas, consome como combustível o óleo diesel e óleo combustível. O retorno do navio até a origem é considerado vazio. A Tabela A3 apresenta esse inventário (PRÉ-CONSULTANTS, 2006).

A mesma base de dados foi utilizada para obter o inventário da produção de 1 Kg de óleo diesel e 1 Kg de óleo combustível apresentados na Tabela A4.

A partir da Tabela A3 que apresenta o Inventário para o transporte marítimo de 1000 Kg Km de petróleo e da Tabela A4 que apresenta o inventário da produção de 1 Kg de óleo diesel e 1 Kg de óleo combustível apresentamos a Tabela A5 que mostra o Inventário consolidado do transporte marítimo de 1000 Kg Km de petróleo importado tendo como base a produção e as emissões de $6,30E-04$ Kg de óleo diesel e de $7,35E-03$ Kg de óleo combustível consumidos no transporte marítimo de 1000 Kg Km de petróleo importado.

Estima-se que do petróleo importado pelo Brasil, 67% é oriundo da África e 33% é oriundo do Oriente Médio. A distância marítima entre esses países e o Brasil, considerando-se o retorno do navio a origem, são respectivamente da ordem de 10.000 Km e 20.000 Km. Considera-se então que um navio que transporta petróleo importado para o Brasil percorre uma distância média de 13.300 Km.

Tendo como referência a importação de 22,37% do total de petróleo refinado no Brasil e que para produzir 1 Kg de óleo diesel são necessários refinar 2,62 Kg de petróleo é possível afirmar que para produzir 1 Kg de óleo diesel é necessário 0,586 Kg de petróleo importado. Com base nessas informações e na Tabela A5,

apresentamos na Tabela A6 o inventário consolidado do transporte marítimo de petróleo importado.

O inventário para o refino de 1 Kg de petróleo é apresentado por VIANNA (2006). A Tabela A7 apresenta esse inventário e a conversão para 2,62 Kg de petróleo nacional e importado necessário para produzir 1 Kg de óleo diesel.

O inventário da produção de energia elétrica no Brasil é feita por COLTRO *et al.* (2003). A Tabela A8 apresenta esse inventário para produzir 1MJ de energia elétrica e a conversão para a quantidade de 0,296 MJ de energia necessária para refinar 2,62 Kg de petróleo conforme apresentado na Tabela A7.

A Tabela A9 apresenta o inventário consolidado do refino de 2,62 Kg de petróleo nacional e importado tendo como base os inventários da extração de petróleo, transporte de petróleo importado, refino de petróleo e energia elétrica necessária para o refino.

Ao refinar o petróleo, além do óleo diesel, outros produtos são produzidos. Cada um contribui com uma parcela dos aspectos ambientais. A Tabela A10 apresenta a produção de derivados de petróleo (ANP, 2008) e o fator de alocação de cada um dos produtos. O fator de alocação foi determinado tendo como base a produção de derivados de petróleo e o poder calorífico de cada um dos produtos que permite determinar o valor energético adotado como critério de alocação.

Finalmente, determinamos o inventário consolidado para a produção de 1 Kg de diesel. Esse inventário é determinado multiplicando-se o inventário consolidado do refino pelo fator de alocação (39,68%) do óleo diesel conforme pode ser verificado na Tabela A11.

Inventário dos fertilizantes

No cultivo do dendê os principais fertilizantes utilizados são N, P_2O_5 , K_2O . A Tabela A 12 mostra o inventário para produção de 1000 Kg de Nitrogênio, 1000 Kg de P_2O_5 e 1000 Kg de K_2O , (SILVA, RIBEIRO e KULAY, 2006; KULAY, 2004)

Com base nos dados primários das quantidades de fertilizantes utilizados para o cultivo de um hectare de dendê na (DENTAUÁ, 2008) e (AGROPALMA, 2008), e os inventários para produzir 1000 Kg de cada um dos fertilizantes, apresentamos nas Tabelas A13 e A14 os inventários parciais do uso de fertilizantes para o cultivo de um hectare de dendê para cada uma das duas empresas estudadas.

O inventário consolidado dos fertilizantes necessário para produzir 1 hectare-ano de dendê tanto na Dentauá como na Agropalma pode ser determinado a partir do inventário para a produção de 1MJ de energia elétrica no Brasil conforme apresentado na Tabela A8 (COLTRO *et al.*, 2003), o inventário consolidado para produção de 1 kg de óleo diesel, (Tabela A11) e as emissões oriundas da queima de 1 Kg de óleo diesel (SHEEHAN *et al.*, 1998) mostrados na Tabela A15, as entradas relacionadas a quantidade de óleo diesel e energia elétrica em GJ para ambas empresas apresentados nas Tabelas A13 e A14.

Na Dentauá, a entrada de óleo diesel mostrado na Tabela A13 corresponde a energia de 0,582 GJ ou 13,8 kg de diesel, determinado a partir do poder calorífico de 10.100 Kcal/Kg desse combustível. A energia elétrica de entrada é de 2,52GJ. A Tabela A16 mostra o inventário consolidado dos fertilizantes para produzir 1 hectare-ano de dendê. Essa Tabela foi construída considerando-se a produção 13,8 Kg de óleo diesel, a partir do Inventário da produção de 1 kg de óleo diesel (Tabela A11), queima de 13,8 Kg de óleo diesel (Tabela A15), produção de 1MJ de energia elétrica (Tabela A8) e inventário parcial dos fertilizantes (Tabela A13).

Da mesma forma foi construída a Tabela A17 que apresenta o inventário consolidado dos fertilizantes para produzir 1 hectare-ano de dendê na Agropalma. Esse inventário considera as emissões para a produção e queima de 24,6 Kg de óleo diesel e produção de 3,38 GJ de energia elétrica necessários na entrada do sistema. Os 24,6 Kg de óleo diesel foram determinados a partir de 1,04 GJ de energia na entrada do sistema considerando-se o poder calorífico de 10.100 Kcal/Kg.

Inventário do transporte dos fertilizantes

Considera-se nessa fase as modalidades de transporte marítimo e rodoviário dos fertilizantes, e o transporte dos cachos de frutos coletados.

Inventário do transporte marítimo de fertilizantes

O Brasil importa 90% do Nitrogênio (N), 50% do Fósforo (P) e 98% do Potássio (K). Na região Norte 100% desses fertilizantes são importados e chegam ao Porto de Vila do Conde (Barcarena-Pará) via marítima tendo como origem a Alemanha, Bielo-Rússia, Marrocos e Israel. A distribuição dos nutrientes a partir de Barcarena é feita via rodoviária.

A determinação da distância via marítima entre os quatro países exportadores de fertilizantes e o Porto de Vila do Conde (Barcarena-Pará-Brasil) é determinada utilizando o Google Earth. O valor médio percorrido pelo navio é de 8.227 Km. Tendo como base as mesmas emissões para o transporte marítimo 1000 Kg Km de petróleo, e as emissões que consideram a produção e as quantidades de óleo diesel ($6,30E-04$ Kg) e óleo combustível ($7,35E-03$ Kg) consumidos (ver Tabela A5) e as quantidades de fertilizantes transportados que são necessários para o cultivo de 1 hectare de dendê determina-se as o inventário das emissões do transporte marítimo de fertilizantes para cada uma das duas empresas em estudo. Esses inventários são apresentados nas Tabelas A18 e A19.

Inventário do transporte rodoviário dos fertilizantes

A determinação do inventário do transporte rodoviário é feito com base nas emissões da queima de diesel em função do peso transportado e da distância rodoviárias que o transporte é realizado (PRÉ-CONSULTANTS, 2006). As Tabelas 26 e 27 apresentam os inventários de transporte rodoviário de fertilizantes de Barcarena-Dentauá (147km) e Barcarena-Agropalma (124km). A primeira coluna dessas tabelas se refere as emissões referentes ao transporte de 1000 Kg de fertilizantes por 1 quilômetro.

As Tabelas A22 e A23 apresentam os inventários consolidados do transporte terrestre de fertilizantes de Barcarena para as empresas Dentauá e Agropalma respectivamente. Esses inventários são determinados com base nas emissões da produção de 1 Kg de óleo diesel (Tabela A11) que permitiu determinar as emissões para a produção de 1,36 e 1,91Kg de óleo diesel conforme apresentados na primeira coluna de cada uma das tabelas abaixo. Para determinar os inventários consolidados adiciona-se o inventário do transporte terrestre dos fertilizantes apresentados nas tabelas A20 e A21.

O inventário consolidado do transporte de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê em cada uma das duas empresas - Dentauá e Agropalma - é determinado com base no inventário consolidado do transporte marítimo e do transporte terrestre determinados anteriormente (Tabelas A18, A19, A22, A23). As Tabelas, A24 e A25 apresentam o inventário consolidado do transporte de fertilizantes.

Inventário da atividade de preparação da área para cultivo de dendê

Atividades mecanizadas na cultura do dendê normalmente são limitadas a preparação da área para cultivo e a colheita. A Tabela A26 apresenta os equipamentos normalmente utilizados na preparação da área para cultivo, o tempo

necessário que cada equipamento gasta para preparar um hectare e o consumo de óleo diesel em litros por hora.

Tendo como base os dados da Tabela A26 verifica-se que são consumidos um total de 150 litros de óleo diesel que para preparar a área de 1 hectare para cultivo de dendê. Considerando o período de produção da cultura de 25 anos significa 6 litros de diesel por hectare-ano que corresponde a 5,04kg de diesel por hectare-ano (massa específica do diesel 840 kg/m³).

Na Tabela A27 apresentamos o inventário da atividade de preparação da área para cultivo de 1 hectare de dendê. Esse inventário é determinado a partir do inventário para produção de 1 kg de óleo diesel (Tabela A11), e da queima de 1 kg de óleo diesel (Tabela A15), transformados para 5,04 kg de óleo diesel respectivamente.

Inventário da atividade de colheita de dendê

A colheita do dendê é feita em um trator de duas rodas da marca Agrale modelo 4230, acoplado a uma carroça. O percurso feito pelo trator é do dendezal até a margem da estrada onde se encontra a caixa de coleta. A colheita de um hectare de dendê na Dentauá que tem uma produtividade de 18.500 Kg/ha é feita em média em oito horas (YAMAGUCHI, 2008). Na Agropalma o tempo para colher um hectare de dendê que tem uma produtividade de 23.500 kg/ha é da ordem de 10 horas (MARACANÃ, 2008). Com base no consumo médio de 2 litros/hora do trator utilizado na colheita de dendê determina-se o consumo de diesel do trator para as duas empresas estudadas. Esses valores são respectivamente 16 e 20 litros de diesel por hectare-ano. Esse consumo de diesel em massa corresponde a 13,5 Kg de na Dentauá e 16,8 kg na Agropalma.

Os inventários associados à colheita de dendê para as duas empresas são apresentados nas Tabelas A28 e A29, construídas a partir do inventário das emissões da produção e da queima de 1 kg de diesel conforme as Tabelas A11 e A15.

Inventário consolidado da agricultura de dendê na Dentauá e Agropalma

As Tabelas 3.3 e 3.4 apresentam o inventário consolidado da fase agrícola do dendê. Foi construída a partir das Tabelas A8, A16, A17, A24, A25, A27, A28, A29, que apresentam respectivamente inventário parcial da fase agrícola, inventário consolidado da produção de fertilizantes, inventário do transporte de fertilizantes, inventário da preparação da área para cultivo e inventário da colheita de dendê.

Tabela 3.3 - Inventário consolidado da agricultura de 1 ha-ano de dendê a Dentauá.

	Unid	Inventário consolidado da prod de fertiliz	Inventário consolidado do transp. Total	Inventário consolidado de prepar da área	Inventário da colheita de dendê	Inventário parcial fase Agrícola	Inventário consolidado da Agricultura
Entradas							
Petróleo	Kg	4,54E+01	1,58E+01	5,80E+00	1,55E+01		8,25E+01
Carvão	Kg	3,23E+01	7,80E-03	7,91E-03	2,12E-02		3,23E+01
Gás Natural	Kg	3,60E+00	1,34E-01	2,42E-01	6,48E-01		4,62E+00
Energia	MJ	3,98E+03	5,17E+00	9,78E-01	2,62E+00		3,99E+03
Vapor	GJ	6,63E-01					6,63E-01
Combustíveis renováveis	Kg	5,04E-03	5,04E-03	1,84E-03	4,93E-03		1,68E-02
Combustível fóssil	GJ	7,04E-02					7,04E-02
Ar	Kg	1,29E+00					1,29E+00
Água	Kg	2,86E+03	6,04E-01	1,38E+00	3,69E+00		2,87E+03
Rocha fosfática bruta	Kg	1,09E+02					1,09E+02
Enxofre elementar	Kg	3,07E+01					3,07E+01
Rocha potássica	Kg	2,03E+02					2,03E+02
Reservas bióticas	Kg	7,88E-03	7,88E-03	2,88E-03	7,71E-03		2,63E-02
Materiais Secundários	Kg	3,35E+00	3,35E+00	5,34E-04	1,43E-03		6,70E+00

Tabela 3.3 - continuação.

Urânio	Kg	4,54E-04	4,62E-08	1,71E-07	4,59E-07		4,55E-04
CO ₂	Kg					9,09E+03	9,09E+03
Herbicida (Glifosato)	Kg					1,10E+01	1,10E+01
Saídas							
Emissões Atmosféricas							
CO ₂	Kg	3,45E+02	4,40E+01	1,74E+01	4,67E+01	1,03E+02	5,56E+02
CO	Kg	7,94E-01	1,30E-01	7,12E-02	1,91E-01		1,19E+00
CH ₄	Kg	3,96E-01	3,96E-01	1,58E-02	4,24E+02		4,25E+02
Vapor de água	Kg	5,84E-01	5,84E-01	1,44E-03	3,86E-03		1,17E+00
Material particulado	Kg	5,93E-01	2,23E-03	9,51E-03	2,55E-02		6,30E-01
CxHy	Kg	1,79E-01	7,40E-02	1,87E-02	5,02E-02		3,22E-01
Metais	Kg	2,94E-07	1,14E-06	9,83E-08	2,63E-07		1,80E-06
NH ₃	Kg	1,51E-08	1,51E-08	3,56E-12	9,53E-12	9,66E+00	9,66E+00
COVNM	Kg	3,21E-02	6,84E-03	5,01E-03	1,34E-02		5,74E-02
NOx	Kg	2,71E+00	8,12E-01	1,97E-01	5,27E-01	1,69E-01	4,42E+00
N ₂ O	Kg	2,88E-02	3,30E-04	2,60E-04	6,96E-04	8,05E-01	8,35E-01
SOx	Kg	1,55E+00	5,52E-03	3,14E-02	8,42E-02		1,67E+00
Metil Carptano	Kg	1,44E-07	1,41E-08	5,44E-08	1,46E-07		3,58E-07
HCl	Kg	1,35E-02	1,33E-03	4,92E-03	1,32E-02		3,29E-02
H ₂ S	Kg	4,08E-05	2,95E-08	1,09E-07	2,93E-07		4,12E-05
HF	Kg	2,57E-03					2,57E-03
Fluoretos	Kg	1,68E-02					1,68E-02
Radiatividade para o ar	KBq	2,46E+01	1,56E-03	5,80E-03	1,55E-02		3,07E+01
Herbicida (Glifosato)	Kg					5,50E-01	5,50E-01
Efluentes líquidos							
DBO	Kg	1,55E-03	5,68E-05	1,90E-04	5,09E-04		2,31E-03
DQO	Kg	4,60E-03	3,27E-04	1,17E-03	3,13E-03		9,23E-03
Metais pesados	Kg	5,28E-07	7,34E-09	2,72E-08	7,29E-08		6,35E-07
CxHy	Kg	1,06E-04	2,52E-05	1,12E-05	3,01E-05		1,73E-04
Efluentes líquidos não esp	Kg	5,02E-07	4,95E-08	1,83E-07	4,91E-07		1,23E-06
Água residual	Kg	4,87E-05	4,80E-06	1,78E-05	4,77E-05		1,19E-04
Óleo não especificado	Kg	2,32E-04	2,28E-05	8,47E-05	2,27E-04		5,66E-04

Tabela 3.3 - continuação.

Sólidos suspensos totais	Kg	1,89E-03	1,62E-04	6,00E-04	1,61E-03		4,26E-03
Cl ⁻	Kg	1,35E-01	4,55E-05	1,28E-04	3,42E-04		1,36E-01
Íons metálicos	Kg	1,31E-07	5,57E-06	4,80E-08	1,29E-07		5,88E-06
Sólidos dissolvidos totais	Kg	1,81E+03	7,98E-09	2,96E-08	7,92E-08		1,81E+03
Fosfato	Kg	4,68E-01					4,68E-01
Na ⁺	Kg	2,28E-04	2,24E-05	8,52E-05	2,28E-04		5,64E-04
K ⁺	Kg	1,73E-01					1,73E-01
Ca ₂ ⁺	Kg	2,24E-01					2,24E-01
Mg ₂ ⁺	Kg	1,30E-01					1,30E-01
Ácidos	Kg	4,29E-07	2,72E-11	1,01E-10	2,70E-10		4,29E-07
Metais	Kg	2,52E-05	1,59E-09	5,90E-09	1,58E-08		2,33E-08
Compostos de nitrogênio	Kg	3,09E-02	1,14E-06	1,01E-07	2,70E-07	6,44E+00	6,47E+00
Óleos e graxas	Kg	3,53E-04	7,66E-05	8,27E-08	2,21E-07		4,30E-04
Compostos de enxofre	Kg	1,77E-05	1,50E-11	2,66E-10	7,13E-10		1,77E-05
Compostos orgânicos totais	Kg	1,23E-05					1,23E-05
Radioatividade para água	KBq	3,81E+01	2,41E-03	8,92E-03	2,39E-02		3,81E+01
Fósforo	Kg					4,29E+00	4,29E+00
Herbicida (Glifosato)	Kg					2,20E+00	2,20E+00
Resíduos sólidos							
Resíduos não especificados	Kg	5,41E-09	5,33E-10	1,98E-09	5,29E-09		1,32E-08
Resíduos inertes	Kg	5,92E-05	2,46E-03	2,16E-05	5,79E-05		2,60E-03
Resíduos sólidos oleosos	Kg	4,40E-03	2,06E-01	1,61E-03	4,31E-03		2,16E-01
Resíduos no solo	dm ³	2,18E-02	2,15E-03	7,96E-03	2,13E-02		5,32E-02
Resíduos processuais	Kg	1,74E-02	1,71E-03	6,35E-03	1,70E-02		4,25E-02
Enxofre	Kg	7,79E-07					7,79E-07
Catalisador usado	Kg	2,16E+00					2,16E+00
Resíduo da mineração	Kg	4,91E+02					4,91E+02
Magnetita	dm ³	1,79E+02					1,79E+02
Lama	Kg	1,58E+02					1,58E+02

Tabela 3.3 - continuação.

Resíduo não apatítico	Kg	5,41E+02					5,41E+02
Herbicida (Glifosato)	Kg					8,25E+00	8,25E+00
Emissões Materiais							
Vapor	GJ	1,13E-01					1,13E-01

Tabela 3.4 - Inventário consolidado da agricultura de 1 ha-ano de dendê na Agropalma.

	Unid	Inventário consolid. da prod de fertiliz	Inventário consolid. Do transp. Total	Inventário consolid. de prepar da área	Inventário da colheita de Dendê	Inventário parcial fase Agrícola	Inventário consolid. da Agricultura
Entradas							
Petróleo	Kg	6,67E+01	2,60E+01	5,80E+00	1,93E+01		1,18E+02
Carvão	Kg	4,33E+01	1,25E-02	7,91E-03	2,64E-02		4,33E+01
Gás Natural	Kg	5,27E+00	2,07E-01	2,42E-01	8,06E-01		6,53E+00
Energia	MJ	5,35E+03	8,56E+00	9,78E-01	3,26E+00		5,36E+03
Vapor	GJ	8,58E-01					8,58E-01
Combustíveis renováveis	Kg	8,98E-03	6,97E-04	1,84E-03	6,13E-03		1,76E-02
Combustível fóssil	GJ	1,37E-01					1,37E-01
Ar	Kg	1,67E+00					1,67E+00
Água	Kg	5,28+03	9,10E-01	1,38E+00	4,59E+00		6,87E+00
Rocha fosfática bruta	Kg	2,12E+06					2,12E+06
Enxofre elementar	Kg	5,96E+01					5,96E+01
Rocha potássica	Kg	3,62E+02					3,62E+02
Reservas bióticas	Kg	1,40E-02	1,09E-03	2,88E-03	9,59E-03		2,76E-02
Materiais Secundários	Kg	4,98E+00	2,02E-04	5,34E-04	1,78E-03		4,98E+00
Urânio	Kg	6,09E-04	6,49E-08	1,71E-07	5,71E-07		6,10E-04
CO ₂	Kg					9,09E+03	9,09E+03
Herbicida (Glifosato)	Kg					5,43E+00	5,43E+00
Saídas							
Emissões Atmosféricas							
CO ₂	Kg	5,25E+02	7,26E+01	1,74E+01	5,81E+01	1,33E+02	8,06E+02
CO	Kg	4,25E+01	2,17E-01	7,12E-02	2,37E-01		4,30E+01
CH ₄	Kg	6,16E-01	5,78E-03	1,58E-02	5,27E-02		6,90E-01
Vapor de água	Kg	7,84E-01	5,46E-04	1,44E-03	4,08E-03		7,90E-01

Tabela 3.4 - continuação.

Material particulado	Kg	9,04E-01	3,11E-03	9,51E-03	3,17E-02		9,48E-01
CxHy	Kg	3,22E-01	1,23E-01	1,87E-02	6,25E-02		5,26E-01
Metais	Kg	5,14E-07	1,90E-06	9,83E-08	3,28E-07		2,84E-06
NH ₃	Kg	2,03E-08	1,35E-12	3,56E-12	1,19E-11	1,25E+01	2,03E-08
COVNM	Kg	4,91E-02	9,96E-03	5,01E-03	1,67E-02		8,08E-02
NOx	Kg	3,34E+00	1,34E+00	1,97E-01	6,56E-01	2,19E-01	5,75E+00
N ₂ O	Kg	3,92E-02	4,37E-04	2,60E-04	8,67E-04	1,04E+00	1,08E+00
SOx	Kg	1,51E+00	1,05E-02	3,14E-02	1,03E-01		1,65E+00
Metil Carptano	Kg	2,56E-07	1,99E-08	5,44E-08	1,81E-07		5,12E-07
HCl	Kg	2,40E-02	1,87E-03	4,92E-03	1,64E-02		4,72E-02
H ₂ S	Kg	5,29E-05	4,14E-08	1,09E-07	3,65E-07		5,34E-05
HF	Kg	5,00E-03					5,00E-03
Fluoretos	Kg	3,26E-02					3,26E-02
Radiotividade para o ar	KBq	3,31E+01	2,20E-03	5,80E-03	1,93E-02		3,31E+01
Herbicida (Glifosato)	Kg					2,71E-01	2,71E-01
Efluentes líquidos							
DBO	Kg	3,08E-03	8,13E-05	1,90E-04	6,33E-04		3,98E-03
DQO	Kg	1,41E+01	4,62E-04	1,17E-03	3,90E-03		1,41E+01
Metais pesados	Kg	1,33E+03	1,03E-08	2,72E-08	9,07E-08		1,33E+03
CxHy	Kg	1,56E-04	4,14E-05	1,12E-05	3,75E-05		2,46E-04
Efluentes líquidos não esp	Kg	8,95E-07	6,95E-08	1,83E-07	6,12E-07		1,76E-06
Água residual	Kg	8,93E-05	6,74E-06	1,78E-05	5,93E-05		1,73E-04
Óleo não especificado	Kg	4,13E-04	3,21E-05	8,47E-05	2,82E-04		8,12E-04
Sólidos suspensos totais	Kg	3,27E-03	2,27E-04	6,00E-04	2,00E-03		6,10E-03
Cl ⁻	Kg	2,41E+01	6,69E-03	1,28E-04	4,25E-04		2,41E+01
Íons metálicos	Kg	2,34E-07	9,30E-06	4,80E-08	1,60E-07		9,74E-06
Sólidos dissolvidos totais	Kg	2,52E+03	1,12E-08	2,96E-08	9,86E-08		2,52E+03
Fosfato	Kg	9,08E+01					9,08E+01
Na ⁺	Kg	1,41E+01	3,15E-05	8,52E-05	2,84E-04		1,41E+01
K ⁺	Kg	3,08E-01					3,08E-01
Ca ₂ ⁺	Kg	4,00E-01					4,00E-01
Mg ₂ ⁺	Kg	2,32E+00					2,32E+00
Ácidos	Kg	5,75E-07	3,82E-11	1,01E-10	3,36E-10		5,75E-07
Metais	Kg	3,38E-05	2,23E-09	5,90E-09	1,97E-08		3,38E-05
Compostos de nitrogênio	Kg	4,01E-02	1,90E-06	1,01E-07	3,36E-07	8,33E+00	4,01E-02
Óleos e graxas	Kg	4,74E-04	1,28E-04	8,27E-08	2,76E-07		6,02E-04
Compostos de enxofre	Kg	2,40E+00	2,10E-11	2,66E-10	8,87E-10		2,40E+00
Compostos orgânicos totais	Kg	1,59E-05					1,59E-05
Radioatividade para água	KBq	5,11E+01	3,38E-03	8,92E-03	2,97E-02		5,11E+01
Fósforo	Kg					8,33E+00	8,33E+00
Herbicida (Glifosato)	Kg					1,09E+00	1,09E+00

Tabela 3.4 - continuação.

Resíduos sólidos							
Resíduos não especificados	Kg	9,64E-09	7,49E-10	1,98E-09	6,59E-09		1,90E-08
Resíduos inertes	Kg	1,06E-04	4,11E-03	2,16E-05	7,21E-05		4,31E-03
Resíduos sólidos oleosos	Kg	7,85E-03	3,05E-01	1,61E-03	5,36E-03		3,20E-01
Resíduos no solo	dm ³	3,89E-02	3,02E-03	7,96E-03	2,65E-02		7,64E-02
Resíduos processuais	Kg	3,10E-02	2,41E-03	6,35E-03	2,12E-02		6,09E-02
Enxofre	Kg	1,01E-06					1,01E-06
Catalisador usado	Kg	4,19E+00					4,19E+00
Resíduo da mineração	Kg	8,78E+02					8,78E+02
Magnetita	dm ³	3,48E+02					3,48E+02
Lama	Kg	3,07E+02					3,07E+02
Resíduo não apatítico	Kg	1,05E+02					1,05E+02
Herbicida (Glifosato)	Kg					4,07E+00	4,07E+00
Emissões Materiais							
Vapor	GJ	1,47E-01					1,47E-01

3.2.1.4.2 Inventário consolidado do transporte dos cachos de frutos na Dentaú e Agropalma

O transporte dos cachos de frutos normalmente é feito em caminhões com capacidade de 15.000 Kg. A distância média entre o dendezeal e a indústria de produção de óleo é da ordem de 30k m para ambas as empresas em estudo.

Inicialmente determinamos o inventário parcial do transporte rodoviário dos cachos de frutos. O consumo de diesel para cada 1000 Kg de carga transportada por quilômetro e as respectivas emissões são apresentadas na terceira coluna da Tabela A38 (PRÉ-CONSULTANTS, 2006). Com base nessas informações, a distância média de 30 km e o peso da carga transportada determina-se o inventário parcial do transporte de cachos de frutos conforme pode ser verificado nas colunas 4 e 5 da mesma tabela.

O inventário consolidado para o transporte de cacho de frutos nas duas empresas é apresentado nas Tabelas A31 e A32. A determinação é feita com base no consumo de óleo diesel e emissões associadas (ver Tabela A30) e as emissões associadas a produção de 11,3 Kg e 14,3 Kg de óleo diesel.

3.2.1.4.3 Inventário da produção de óleo de palma

O fluxograma do inventários da produção de óleo de dendê é mostrado na Figura 3.20.

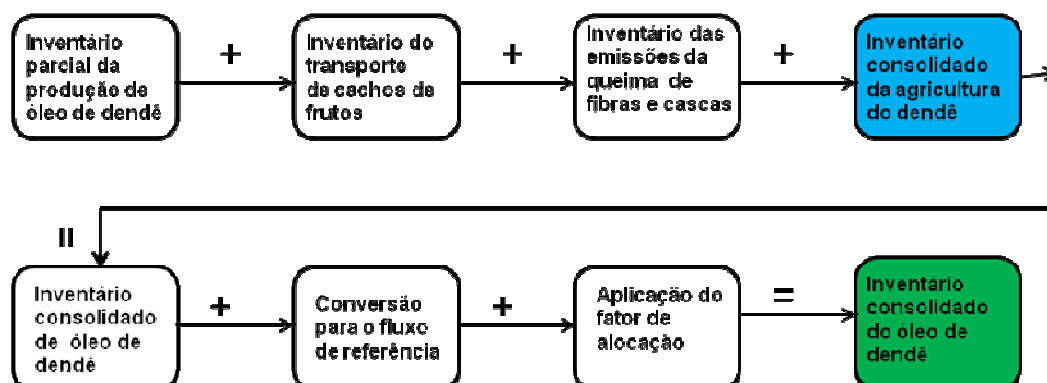


Figura 3.19 – Fluxograma do inventário da produção de óleo de dendê.

As Tabelas 3.5 e 3.6 apresentam o inventário parcial para a produção de 1.000 kg de óleo de palma nas empresas DENTAUÁ E AGROPALMA, respectivamente. As informações de entradas e saídas foram obtidas durante a visita técnica realizada nas empresas.

Tabela 3.5 - Inventário parcial da produção de 1000 kg de óleo dendê na Dentauá.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Cachos de frutos	kg	5,00E+03
Água	Kg	7,00E+02
Energia elétrica	MJ	2,70E+02
Mão de obra	h.h	6,00E+00
Energia	MJ	4,31E+03
Saídas		
Óleo de dendê	Kg	1,00E+03
Óleo de palmiste	Kg	1,25E+02
Torta de palmiste	Kg	1,75E+02
Energia	MJ	5,48E+06
Emissões Atmosféricas		
Vapor de água	Kg	2,00E+02
Efluentes Líquidos		
DBO	Kg	7,50E+00
DQO	Kg	1,61E+01
Sólidos em suspensão	Kg	9,00E-02
Sólidos totais	Kg	1,31E+01
Sólidos Sedimentares	Kg	9,00E-03
Compostos de nitrogênio	Kg	2,31E-01
Matéria graxa	Kg	2,52E+00

Fonte: Dentauá (2009).

Tabela 3.6 - Inventário parcial da produção de 1000 kg de óleo dendê na Agropalma.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Cachos de frutos	kg	5,00E+03
Água	kg	1,30E+03
Mão de obra	hh	4,90E+00
Energia	MJ	8,11E+03
Saídas		
óleo de dendê	kg	1,00E+03
óleo de palmiste	kg	8,75E+01
torta de palmiste	kg	1,75E+02
Energia	MJ	2,45E+06

Tabela 3.6 – continuação.

Emissões Atmosféricas		
Vapor de água	kg	5,00E+02
Efluentes líquidos		
DBO	kg	2,11E+01
DQO	kg	3,18E+01
Sólidos em suspensão	kg	1,45E+01
Sólidos totais	kg	5,93E+01
Sólidos Sedimentares	kg	1,29E+01
Compostos de nitrogênio	kg	2,50E+01
Matéria graxa	kg	5,77E+00

Fonte: Agropalma, 2009.

A Tabela A33 apresenta as estimativas de emissões atmosféricas da queima de fibras e cascas nas indústrias de produção de óleo de palma estudadas. As informações, exceto as emissões de dióxido de carbono são determinadas de acordo com YUSSOF e HANSSEN (2005).

As emissões de dióxido de carbono (CO₂) são determinadas considerando-se que as fibras e cascas contém respectivamente 45% e 53% de carbono (C) e um rendimento de 80% na reação.

O inventário parcial da produção de 1000 kg de óleo de palma em cada uma das duas empresas é apresentado nas Tabelas A34 e A35. É determinado adicionando-se o inventário parcial da produção de óleo de palma DENTAÚA (Tabela A11) e o inventário parcial da produção de óleo de palma na AGROPALMA (Tabela A12) com as respectivas emissões para a atmosfera resultado da queima de fibras e cascas (Tabela A33).

Inventário consolidado da Produção de Óleo de Palma na Dentaúá

O inventário consolidado da produção de óleo de palma na Dentaúá é apresentado na Tabela 3.7. Esse inventário foi determinado agregando-se os valores

referentes ao inventário consolidado na fase agrícola (Tabela 9), o inventário do transporte de cachos de frutos (Tabela A31) e o inventário da produção de óleo de palma na Dentauá, Tabela (A34).

Tabela 3.7 - Inventário consolidado da produção de 1000 Kg de óleo de palma na Dentauá.

	Unid	Inventário consolid. da agricultura	Inventário consolid. do transporte	Inventário da prod. de 1000 kg de óleo de palma	Inventário consol. de 1000 kg de óleo de palma
Entradas					
Cachos de frutos	kg			5,00E+03	5,00E+03
Energia elétrica	MJ			2,70E+02	2,70E+02
Mão de obra	Hh			6,00E+00	6,00E+00
Petróleo	kg	2,23E+01	1,30E+01		3,53E+01
Carvão	kg	8,73E+00	1,77E-02		8,75E+00
Gás Natural	kg	1,25E+00	5,42E-01		1,79E+00
Energia	MJ	1,08E+03	2,19E+00	3,49E+03	4,57E+03
Vapor	GJ	1,79E-01			1,79E-01
Combustíveis renováveis	kg	4,54E-03	4,12E-03		8,67E-03
Combustível fóssil	GJ	1,90E-02			1,90E-02
Ar	kg	3,49E-01			3,49E-01
Água	kg	7,76E+02	3,08E+00	7,00E+02	1,48E+03
Rocha fosfática bruta	kg	2,95E+02			2,95E+02
Enxofre elementar	kg	8,30E+00			8,30E+00
Rocha potássica	kg	5,49E+01			5,49E+01
Reservas bióticas	kg	7,11E-03	6,45E-03		1,36E-02
Materiais Secundários	kg	9,05E-01	1,20E-03		9,07E-01
Urânio	kg	1,23E-04	3,44E-07		1,23E-04
CO ₂	kg	2,46E+03			2,46E+03
Herbicida (Glifosato)	kg	2,97E+00			2,97E+00
Saídas					
Energia	MJ			5,48E+06	5,48E+06
Óleo de palma	kg			1,00E+03	1,00E+03
Óleo de palmiste	kg			1,25E+02	1,25E+02
Torta de palmiste	kg			1,75E+02	1,75E+02
Emissões Atmosféricas					
CO ₂	kg	1,50E+02	3,83E+01	5,33E+02	7,22E+02

Tabela 3.7 – continuação.

CO	kg	3,22E-01	2,15E-01	3,74E+00	4,28E+00
CH ₄	kg	2,30E-01	7,57E-02		3,05E-01
Vapor de água	kg	3,16E-01	3,23E-03	2,00E+02	2,00E+02
Material particulado	kg	1,70E-01	1,87E-02	9,15E-01	1,10E+00
CxHy	kg	8,70E-02	1,46E-03		8,85E-02
Metais	kg	4,86E-07	2,20E-07		7,06E-07
NH ₃	kg	2,61E+00	7,98E-12		2,61E+00
COVNM	kg	1,55E-02	3,64E-02	3,32E-02	8,51E-02
NOx	kg	1,19E+00	3,89E-01	4,26E-01	2,01E+00
N ₂ O	kg	2,26E-01	6,07E-02		2,86E-01
SOx	kg	4,51E-01	2,41E-02	1,33E-02	4,89E-01
Metil Carptano	kg	9,68E-08	1,18E-07		2,14E-07
HCl	kg	8,89E-03	1,10E-02		1,99E-02
H ₂ S	kg	1,11E-05	2,45E-07		1,14E-05
HF	kg	6,95E-04			6,95E-04
Fluoretos	kg	4,54E-03			4,54E-03
Radiotividade para o ar	kBq	8,30E+00	1,30E-02		8,31E+00
Herbicida (Glifosato)	kg	1,49E-01			1,49E-01
Efluentes líquidos					
DBO	kg	6,24E-04	4,26E-04	7,50E+00	7,50E+00
DQO	kg	5,68E-04	2,62E-03	1,61E+01	1,61E+01
Metais pesados	kg	1,72E-07	6,10E-08		2,33E-07
CxHy	kg	4,68E-05	2,52E-05		7,20E-05
Efluentes líquidos não especificados	kg	3,32E-07	4,11E-07		7,44E-07
Água residual	kg	3,22E-04	3,99E-05		3,62E-04
Óleo não especificado	kg	1,53E-04	1,90E-04		3,43E-04
Sólidos suspensos totais	kg	1,15E-03	1,34E-03	9,00E-02	9,25E-02
Cl ⁻	kg	3,65E+00	2,86E-04		3,65E+00
Íons metálicos	kg	1,59E-06	1,08E-07		1,70E-06
Sólidos dissolvidos totais	kg	4,89E+02	6,63E-08	1,31E+01	5,02E+02
Sólidos Sedimentares	kg			9,00E-03	9,00E-03
Fosfato	kg	1,26E-01			1,26E-01
Na ⁺	kg	2,13E+00	1,91E-04		2,13E+00
K ⁺	kg	4,68E-02			4,68E-02
Ca ₂ ⁺	kg	6,05E-02			6,05E-02
Mg ₂ ⁺	kg	3,51E-02			3,51E-02
Ácidos	kg	1,16E-07	2,26E-10		1,16E-07

Tabela 3.7 – continuação.

Metais	kg	6,30E-09	1,32E-08		1,95E-08
Compostos de nitrogênio	kg	1,75E+00	2,26E-07	2,31E-01	1,98E+00
Óleos e graxas	kg	1,16E-04	1,85E-07	2,52E+00	2,52E+00
Compostos de enxofre	kg	3,62E-01	5,97E-10		3,62E-01
Compostos orgânicos totais	kg	4,76E-06			4,76E-06
Radioatividade para água	kBq	1,03E+01	1,44E-02		1,03E+01
Fósforo	kg	1,16E+00			1,16E+00
Herbicida (Glifosato)	kg	5,95E-01			5,95E-01
Resíduos sólidos					
Resíduos não especificados	kg	3,57E-09	4,43E-09		8,00E-09
Resíduos inertes	kg	7,03E-04	4,85E-05		7,51E-04
Resíduos sólidos oleosos	kg	5,84E-02	3,60E-03		6,20E-02
Resíduos no solo	dm³	3,38E+01	1,79E-02		3,38E+01
Resíduos processuais	kg	2,70E+01	1,42E-02		2,70E+01
Enxofre	kg	2,11E-07			2,11E-07
Catalisador usado	kg	5,84E-01			5,84E-01
Resíduo da mineração	kg	1,33E+02			1,33E+02
Magnetita	dm³	4,84E+01			4,84E+01
Lama	kg	4,27E+01			4,27E+01
Resíduo não apatítico	kg	1,46E+02			1,46E+02
Herbicida (Glifosato)	kg	2,23E+00			2,23E+00
Emissões Materiais					
Vapor	GJ	3,05E-02			3,05E-02

Inventário consolidado da Produção de Óleo de Palma na Agropalma

A Tabela 3.8 apresenta o inventário consolidado da produção de óleo de palma na Agropalma. É determinado pela soma dos inventários consolidados na agricultura (Tabela 3.10), no transporte de cachos (Tabela A32) e na produção de óleo de palma (Tabela A35).

Tabela 3.8 - Inventário consolidado da produção de 1000 kg de óleo de palma na Agropalma.

	Unid	Inventário consolid. da Agricultura	Inventário consolid. do transporte	Inventário da prod. de 1000 kg de óleo de palma	Inventário consol. de 1000 kg de óleo de palma
Entradas					
Cachos de frutos	kg			5,00E+03	5,00E+03
Mão de obra	hh			4,90E+00	4,90E+00
Petróleo	kg	2,51E+01	1,64E+01		4,16E+01
Carvão	kg	9,21E+00	2,25E-02		9,24E+00
Gás Natural	kg	1,39E+00	6,86E-01		2,08E+00
Energia	MJ	1,14E+03	2,77E+00	5,74E+03	1,14E+03
Vapor	GJ	1,83E-01			1,83E-01
Combustíveis renováveis	kg	3,74E-03	5,22E-03		8,96E-03
Combustível fóssil	GJ	2,91E-02			2,91E-02
Ar	kg	3,55E-01			3,55E-01
Água	kg	1,13E+03	3,90E+00	1,30E+03	2,43E+03
Rocha fosfática bruta	kg	4,51E+02			4,51E+02
Enxofre elementar	kg	1,27E+01			1,27E+01
Rocha potássica	kg	7,70E+01			7,70E+01
Reservas bióticas	kg	5,87E-03	8,17E-03		1,40E-02
Materiais Secundários	kg	1,06E+00	1,52E-03		1,06E+00
Urânio	kg	1,30E-04	4,35E-07		1,30E-04
CO ₂	kg	1,93E+03			1,93E+03
Herbicida (Glifosato)	kg	1,16E+00			1,16E+00
Saídas					
Energia	MJ			2,45E+06	2,45E+06
Óleo de palma	kg			1,00E+03	1,00E+03
Óleo de palmiste	kg			8,75E+01	8,75E+01
Torta de palmiste	kg			1,75E+02	1,75E+02
Emissões Atmosféricas					
CO ₂	kg	1,71E+02	4,85E+01	8,76E+02	1,10E+03
CO	kg	3,79E-01	2,72E-01	6,15E+00	6,80E+00
CH ₄	kg	1,47E-01	8,46E-02		2,31E-01
Vapor de água	kg	1,68E-01	4,09E-03	5,00E+02	5,00E+02
Material particulado	kg	2,02E-01	2,36E-02	1,50E+00	1,73E+00
CxHy	kg	1,12E-01	1,84E-03		1,14E-01

Tabela 3.8 – continuação.

Metais	kg	6,04E-07	2,79E-07		8,83E-07
NH ₃	kg	2,66E+00	1,01E-11		2,66E+00
COVNM	kg	1,72E-02	4,61E-02	5,45E-02	1,18E-01
NO _x	kg	1,22E+00	4,93E-01	7,00E-01	2,42E+00
N ₂ O	kg	2,30E-01	7,68E-02		3,07E-01
SO _x	kg	3,51E-01	3,05E-02	2,18E-02	4,03E-01
Metil Carptano	kg	1,09E-07	1,49E-07		2,58E-07
HCl	kg	1,00E-02	1,40E-02		2,40E-02
H ₂ S	kg	1,14E-05	3,10E-07		1,17E-05
HF	kg	1,06E-03			1,06E-03
Fluoretos	kg	6,94E-03			6,94E-03
Radiotividade para o ar	kBq	7,04E+00	1,64E-02		7,06E+00
Herbicida (Glifosato)	kg	5,77E-02			5,77E-02
Efluentes líquidos					
DBO	kg	8,47E-04	5,39E-04	2,11E+01	2,11E+01
DQO	kg	3,00E+00	3,32E-03	3,18E+01	3,48E+01
Metais pesados	kg	1,85E-07	7,72E-08		2,62E-07
CxHy	kg	5,23E-05	3,19E-05		8,42E-05
Efluentes líquidos não esp	kg	3,74E-07	5,21E-07		8,95E-07
Água residual	kg	3,68E-05	5,05E-05		8,73E-05
Óleo não especificado	kg	1,73E-04	2,40E-04		4,13E-04
Sólidos suspensos totais	kg	1,30E-03	1,70E-03	1,45E+01	1,45E+01
Cl ⁻	kg	5,13E+00	3,62E-04		5,13E+00
Íons metálicos	kg	2,07E-06	1,36E-07		2,21E-06
Sólidos dissolvidos totais	kg	5,36E+02	8,39E-08	5,93E+01	5,95E+02
Sólidos Sedimentares	kg			1,29E+01	1,29E+01
Fosfato	kg	1,93E-01			1,93E-01
Na ⁺	kg	3,00E+00	2,42E-04		3,00E+00
K ⁺	kg	6,55E-02			6,55E-02
Ca ₂ ⁺	kg	8,51E-02			8,51E-02
Mg ₂ ⁺	kg	4,94E-01			4,94E-01
Ácidos	kg	1,22E-07	2,86E-10		1,23E-07
Metais	kg	7,19E-06	1,67E-08		7,21E-06
Compostos de nitrogênio	kg	1,78E+00	2,86E-07	2,50E+00	4,28E+00
Óleos e graxas	kg	1,28E-04	2,35E-07	5,77E+00	5,77E+00
Compostos de enxofre	kg	5,11E-01	7,55E-10		5,11E-01
Compostos orgânicos totais	kg	3,38E-06			3,38E-06

Tabela 3.8 – continuação.

Radioatividade para água	KBq	1,09E+01	1,82E-02		1,09E+01
Fósforo	kg	1,77E+00			1,77E+00
Herbicida (Glifosato)	kg	2,32E-01			2,32E-01
Resíduos sólidos					
Resíduos especificados não	kg	4,04E-09	5,61E-09		9,65E-09
Resíduos inertes	kg	9,17E-04	6,13E-05		9,78E-04
Resíduos sólidos oleosos	kg	6,81E-02	4,56E-03		7,26E-02
Resíduos no solo	dm ³	2,27E+02	2,26E-02		2,27E+02
Resíduos processuais	kg	3,62E+00	1,80E-02		3,64E+00
Enxofre	kg	2,15E-07			2,15E-07
Catalisador usado	kg	8,91E-01			8,91E-01
Resíduo da mineração	kg	1,87E+02			1,87E+02
Magnetita	kg	7,40E+01			7,40E+01
Lama	kg	6,53E+01			6,53E+01
Resíduo não apatítico	kg	2,23E+02			2,23E+02
Herbicida (Glifosato)	kg	8,66E-01			8,66E-01
Emissões Materiais					
Vapor	GJ	3,13E-02			3,13E-02

Conversão do Inventário consolidado da Produção de Óleo de Dendê na Dentaúá ao fluxo de referência e aplicação do fator de alocação

O fluxo de referência adotado é 1000 kg de biodiesel conforme descrito anteriormente. Para produzir 1000 kg de biodiesel na rota etílica admitindo-se um rendimento de 98% na reação de transesterificação verifica-se que são necessários 968 kg de óleo de palma. A quarta coluna da Tabela 3.9 apresenta o inventário da produção de óleo de palma com base no fluxo de referência. Na quinta coluna desta tabela apresentamos o inventário para a produção de 1000 kg de óleo de palma já corrigido pelo fator de alocação de 84,1% que corresponde à carga ambiental da produção de óleo de palma. A carga ambiental da produção de óleo de palmiste é de 14,6% e da torta de palmiste é de 1,3%. O critério de alocação adotado são os preços

dos produtos FOB Belém sem impostos para cada 1000Kg: óleo de palma – R\$ 1.530,00 (mil quinhentos e trinta reais), óleo de palmiste – R\$ 2.125,00 (dois mil cento e vinte e cinco reais) e torta de palmiste – R\$ 132,00 (cento e trinta e dois reais).

Tabela 3.9 - Inventário da produção de 968 Kg de óleo de dendê na Dentauá para produzir 1000 Kg de biodiesel.

	Unid	Inventário consol. de 1000 kg de óleo de palma	Inventário consol. de 968 kg de óleo de palma	Inventário consol. fator de alocação 84,1%
Entradas				
Cachos de frutos	kg	5,00E+03	4,84E+03	4,07E+03
Energia elétrica	MJ	2,70E+02	2,61E+02	2,20E+02
Mão de obra	hh	6,00E+00	5,81E+00	4,88E+00
Petróleo	kg	3,53E+01	3,42E+01	2,87E+01
Carvão	kg	8,75E+00	8,47E+00	7,12E+00
Gás Natural	kg	1,79E+00	1,73E+00	1,46E+00
Energia	MJ	1,08E+03	1,05E+03	8,79E+02
Vapor	GJ	1,79E-01	1,73E+00	1,46E+00
Combustíveis renováveis	kg	8,67E-03	8,39E-03	7,06E-03
Combustível fóssil	GJ	1,90E-02	1,84E-02	1,55E-02
Ar	kg	3,49E-01	3,38E-01	2,84E-01
Água	kg	1,48E+03	1,43E+03	1,20E+03
Rocha fosfática bruta	kg	2,95E+02	2,86E+03	2,40E+03
Enxofre elementar	kg	8,30E+00	8,03E+00	6,76E+00
Rocha potássica	kg	5,49E+01	5,31E+01	4,47E+01
Reservas bióticas	kg	1,36E-02	1,32E-02	1,11E-02
Materiais Secundários	kg	9,07E-01	8,78E-01	7,38E-01
Urânio	kg	1,23E-04	1,19E-04	1,00E-04
CO ₂	kg	2,46E+03	2,38E+03	2,00E+03
Herbicida (Glifosato)	kg	2,97E+00	2,87E+00	2,42E+00
Saídas				
Energia	MJ	5,23E+03	5,06E+03	4,26E+03
Óleo de palma	kg	1,00E+03	9,68E+02	9,68E+02
Óleo de palmiste	kg	1,25E+02	1,21E+02	1,21E+02
Torta de palmiste	kg	1,75E+02	1,69E+02	1,69E+02

Tabela 3.9 – continuação.

Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	7,42E+02	7,18E+02	6,04E+02
CO	kg	4,28E+00	4,14E+00	3,48E+00
CH ₄	kg	3,05E-01	2,95E-01	2,48E-01
Vapor de água	kg	2,00E+02	1,94E+02	1,63E+02
Material particulado	kg	1,10E+00	1,06E+00	8,95E-01
CxHy	kg	8,85E-02	8,57E-02	7,20E-02
Metais	kg	7,06E-07	6,83E-07	5,75E-07
NH ₃	kg	2,61E+00	2,53E+00	2,12E+00
COVNM	kg	8,51E-02	8,24E-02	6,93E-02
NOx	kg	2,01E+00	1,95E+00	1,64E+00
N ₂ O	kg	2,86E-01	2,77E-01	2,33E-01
SOx	kg	4,89E-01	4,73E-01	3,98E-01
Metil Carptano	kg	2,14E-07	2,07E-07	1,74E-07
HCl	kg	1,99E-02	1,93E-02	1,62E-02
H ₂ S	kg	1,14E-05	1,10E-05	9,28E-06
HF	kg	6,95E-04	6,73E-04	5,66E-04
Fluoretos	kg	4,54E-03	4,39E-03	3,70E-03
Radiotividade para o ar	kBq	8,31E+00	8,04E+00	6,77E+00
Herbicida (Glifosato)	kg	1,49E-01	1,44E-01	1,21E-01
Efluentes líquidos				
DBO	kg	7,50E+00	7,26E+00	6,11E+00
DQO	kg	1,61E+01	1,56E+01	1,31E+01
Metais pesados	kg	2,33E-07	2,26E-07	1,90E-07
CxHy	kg	7,20E-05	6,97E-05	5,86E-05
Efluentes líquidos não esp	kg	7,44E-07	7,20E-07	6,06E-07
Água residual	kg	3,62E-04	3,50E-04	2,95E-04
Óleo não especificado	kg	3,43E-04	3,32E-04	2,79E-04
Sólidos suspensos totais	kg	9,25E-02	8,95E-02	7,53E-02
Cl ⁻	kg	3,65E+00	3,53E+00	2,97E+00
Íons metálicos	kg	1,70E-06	1,65E-06	1,38E-06
Sólidos dissolvidos totais	kg	5,02E+02	4,86E+02	4,09E+02
Sólidos Sedimentares	kg	9,00E-03	8,71E-03	7,33E-03
Fosfato	kg	1,26E-01	1,22E-01	1,03E-01
Na ⁺	kg	2,13E+00	2,06E+00	1,73E+00
K ⁺	kg	4,68E-02	4,53E-02	3,81E-02
Ca ₂ ⁺	kg	6,05E-02	5,86E-02	4,93E-02
Mg ₂ ⁺	kg	3,51E-02	3,40E-02	2,86E-02

Tabela 3.9 – continuação.

Ácidos	kg	1,16E-07	1,12E-07	9,44E-08
Metais	kg	1,95E-08	1,89E-08	1,59E-08
Compostos de nitrogênio	kg	1,98E+00	1,92E+00	1,61E+00
Óleos e graxas	kg	2,52E+00	2,44E+00	2,05E+00
Compostos de enxofre	kg	3,62E-01	3,50E-01	2,95E-01
Compostos orgânicos totais	kg	4,76E-06	4,61E-06	3,88E-06
Radioatividade para água	kBq	1,03E+01	9,97E+00	8,39E+00
Fósforo	kg	1,16E+00	1,12E+00	9,44E-01
Herbicida (Glifosato)	kg	5,95E-01	5,76E-01	4,84E-01
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	8,00E-09	7,74E-09	6,51E-09
Resíduos inertes	kg	7,51E-04	7,27E-04	6,11E-04
Resíduos sólidos oleosos	kg	6,20E-02	6,00E-02	5,05E-02
Resíduos no solo	dm³	3,38E+01	3,27E+01	2,75E+01
Resíduos processuais	kg	2,70E+01	2,61E+01	2,20E+01
Enxofre	kg	2,11E-07	2,04E-07	1,72E-07
Catalisador usado	kg	5,84E-01	5,65E-01	4,75E-01
Resíduo da mineração	kg	1,33E+02	1,29E+02	1,08E+02
Magnetita	dm³	4,84E+01	4,69E+01	3,94E+01
Lama	kg	4,27E+01	4,13E+01	3,48E+01
Resíduo não apatítico	kg	1,46E+02	1,41E+02	1,19E+02
Herbicida (Glifosato)	kg	2,23E+00	2,16E+00	1,82E+00
Emissões Materiais				
Vapor	GJ	3,05E-02	2,95E-02	2,48E-02

Conversão do Inventário consolidado da Produção de óleo de dendê na Agropalma ao Fluxo de referência e aplicação do fator de alocação

O procedimento de conversão do inventário consolidado da produção de óleo de palma na Agropalma é idêntico ao realizado no item anterior. No entanto, a carga ambiental da produção de óleo de palma é 88%, do óleo de palmiste, 11% e da torta de palmiste é 11%. A Tabela 3.10 apresenta esse inventário.

Tabela 3.10 - Inventário da produção de 968 kg de óleo de palma na Agropalma para produzir 1000 kg de biodiesel.

	Unid	Inventário consol. de 1000 kg de óleo de palma	Inventário consol. de 968 kg de óleo de palma	Inventário consol. fator de alocação 88,00%
Entradas				
Cachos de frutos	kg	5,00E+03	4,84E+03	4,26E+03
Mão de obra	hh	4,90E+00	4,74E+00	4,17E+00
Petróleo	kg	4,16E+01	4,03E+01	3,54E+01
Carvão	kg	9,24E+00	8,94E+00	7,87E+00
Gás Natural	kg	2,08E+00	2,01E+00	1,77E+00
Energia	MJ	1,14E+03	1,10E+03	9,71E+02
Vapor	GJ	1,83E-01	1,77E-01	1,56E-01
Combustíveis renováveis	kg	8,96E-03	8,67E-03	7,63E-03
Combustível fóssil	GJ	2,91E-02	2,82E-02	2,48E-02
Ar	kg	3,55E-01	3,44E-01	3,02E-01
Água	kg	2,43E+03	2,35E+03	2,07E+03
Rocha fosfática bruta	kg	4,51E+02	4,37E+02	3,84E+02
Enxofre elementar	kg	1,27E+01	1,23E+01	1,08E+01
Rocha potássica	kg	7,70E+01	7,45E+01	6,56E+01
Reservas bióticas	kg	1,40E-02	1,36E-02	1,19E-02
Materiais Secundários	kg	1,06E+00	1,03E+00	9,03E-01
Urânio	kg	1,30E-04	1,26E-04	1,11E-04
CO ₂	kg	1,93E+03	1,87E+03	1,64E+03
Herbicida (Glifosato)	kg	1,16E+00	1,12E+00	9,88E-01
Saídas				
Energia	MJ	8,59E+03	8,32E+03	7,32E+03
Óleo de palma	kg	1,00E+03	9,68E+02	9,68E+02
Óleo de palmiste	kg	8,75E+01	8,47E+01	8,47E+01
Torta de palmiste	kg	1,75E+02	1,69E+02	1,69E+02
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	1,11E+03	1,07E+03	9,46E+02
CO	kg	6,80E+00	6,58E+00	5,79E+00
CH ₄	kg	2,31E-01	2,24E-01	1,97E-01
Vapor de água	kg	5,00E+02	4,84E+02	4,84E+02
Material particulado	kg	1,73E+00	1,67E+00	1,67E+00
CxHy	kg	1,14E-01	1,10E-01	9,71E-02
Metais	kg	8,83E-07	8,55E-07	7,52E-07

Tabela 3.10 – continuação.

NH ₃	kg	2,66E+00	2,57E+00	2,27E+00
COVNM	kg	1,18E-01	1,14E-01	1,01E-01
NOx	kg	2,42E+00	2,34E+00	2,06E+00
N ₂ O	kg	3,07E-01	2,97E-01	2,62E-01
SOx	kg	4,03E-01	3,90E-01	3,43E-01
Metil Carptano	kg	2,58E-07	2,50E-07	2,20E-07
HCl	kg	2,40E-02	2,32E-02	2,04E-02
H ₂ S	kg	1,17E-05	1,13E-05	9,97E-06
HF	kg	1,06E-03	1,03E-03	9,03E-04
Fluoretos	kg	6,94E-03	6,72E-03	5,91E-03
Radiotividade para o ar	kBq	7,06E+00	6,83E+00	6,01E+00
Herbicida (Glifosato)	kg	5,77E-02	5,59E-02	4,92E-02
Efluentes líquidos				
DBO	kg	2,11E+01	2,04E+01	1,80E+01
DQO	kg	3,48E+01	3,37E+01	2,96E+01
Metais pesados	kg	2,62E-07	2,54E-07	2,23E-07
CxHy	kg	8,42E-05	8,15E-05	7,17E-05
Efluentes líquidos não esp	kg	8,95E-07	8,66E-07	7,62E-07
Água residual	kg	8,73E-04	8,45E-04	7,44E-04
Óleo não especificado	kg	4,13E-04	4,00E-04	3,52E-04
Sólidos suspensos totais	kg	1,45E+01	1,40E+01	1,24E+01
Cl ⁻	kg	5,13E+00	4,97E+00	4,37E+00
Íons metálicos	kg	2,21E-06	2,14E-06	1,88E-06
Sólidos dissolvidos totais	kg	5,95E+02	5,76E+02	5,07E+02
Sólidos Sedimentares	kg	1,29E+01	1,25E+01	1,10E+01
Fosfato	kg	1,93E-01	1,87E-01	1,64E-01
Na ⁺	kg	3,00E+00	2,90E+00	2,56E+00
K ⁺	kg	6,55E-02	6,34E-02	5,58E-02
Ca ₂ ⁺	kg	8,51E-02	8,24E-02	7,25E-02
Mg ₂ ⁺	kg	4,94E-02	4,78E-02	4,21E-02
Ácidos	kg	1,23E-07	1,19E-07	1,05E-07
Metais	kg	7,21E-06	6,98E-06	6,14E-06
Compostos de nitrogênio	kg	4,28E+00	4,14E+00	3,65E+00
Óleos e graxas	kg	5,77E+00	5,59E+00	4,92E+00
Compostos de enxofre	kg	5,11E-01	4,95E-01	4,35E-01
Compostos orgânicos totais	kg	3,38E-06	3,27E-06	2,88E-06
Radioatividade para água	kBq	1,09E+01	1,06E+01	9,29E+00
Fósforo	kg	1,77E+00	1,71E+00	1,51E+00
Herbicida (Glifosato)	kg	2,32E-01	2,25E-01	1,98E-01

Tabela 3.10 – continuação.

Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	9,65E-09	9,34E-09	8,22E-09
Resíduos inertes	kg	9,78E-04	9,47E-04	8,33E-04
Resíduos sólidos oleosos	kg	7,26E-02	7,03E-02	6,18E-02
Resíduos no solo	dm ³	4,54E+01	4,39E+01	3,87E+01
Resíduos processuais	kg	3,62E+00	3,50E+00	3,08E+00
Enxofre	kg	2,15E-07	2,08E-07	1,83E-07
Catalisador usado	kg	8,91E-01	8,62E-01	7,59E-01
Resíduo da mineração	kg	1,87E+02	1,81E+02	1,59E+02
Magnetita	dm ³	7,40E+01	7,16E+01	6,30E+01
Lama	kg	6,53E+01	6,32E+01	5,56E+01
Resíduo não apatítico	kg	2,23E+02	2,16E+02	1,90E+02
Herbicida (Glifosato)	kg	8,66E-01	8,38E-01	7,38E-01
Emissões Materiais				
Vapor	GJ	3,13E-02	3,03E-02	2,67E-02

Inventário da Produção de Etanol Anidro

Apresentamos a seguir o fluxograma do inventário da produção do etanol anidro com o objetivo de ajudar no entendimento das etapas consideradas nesse inventário.

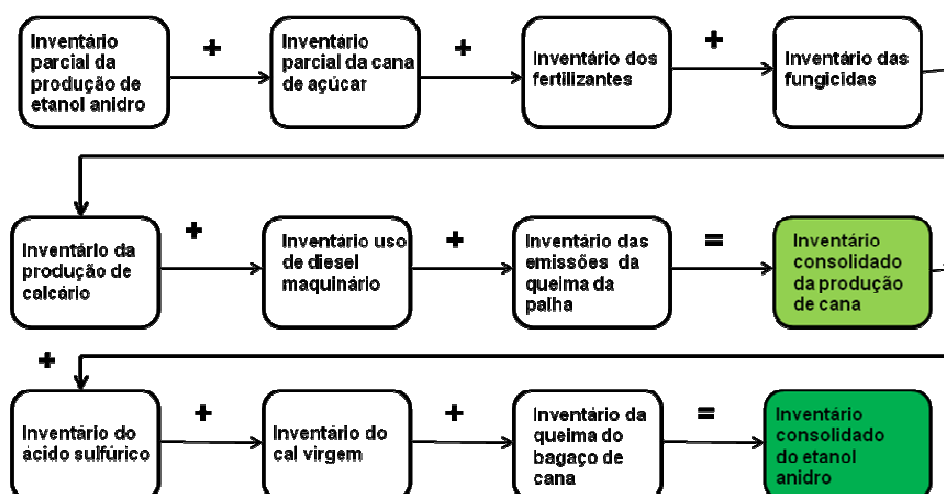


Figura 3.20 – Fluxograma do inventário da produção de etanol anidro.

Na Tabela A36 apresentamos o inventário parcial de 1000 kg do bioetanol anidro (ALMEIDA *et al*, 2007).

A determinação do inventário consolidado do bioetanol anidro necessita do inventário da produção de cana de açúcar, do ácido sulfúrico e da cal virgem.

Neste trabalho o inventário da produção da cana de açúcar é realizado com base nos dados levantados por VIANA (2008) para produção de 1000 kg de cana de açúcar (Tabela A37).

A Tabela A38 apresenta o inventário consolidado para a produção de 1000 kg de Herbicida e 1000 kg de Clorpirifós Etil, defensivos agrícolas utilizados no cultivo da cana de açúcar (VIANA, 2008; NEMECEK, 2004)

As emissões resultantes da queima da palha correspondente a 1000 kg de cana de açúcar são apresentados na Tabela A39 (ALMEIDA, MARZULO e MARTINS, 2007)

O inventário consolidado da produção de 1000 Kg de calcário é apresentado por VIANA (2008) conforme Tabela A40.

Conversão da produção da cana de açúcar para o fluxo de referência

Verifica-se na reação de transesterificação que para produzir 1000 kg de biodiesel na rota etílica admitindo-se um rendimento de 98% são necessários 158 kg de bioetanol anidro. Considerando-se que o processamento de 1000 kg de cana de açúcar produz 83 litros de bioetanol anidro de densidade 791 kg/m³ pode-se determinar que para produzir 158 Kg de bioetanol anidro são necessários 2.407 Kg de cana de açúcar.

Tendo como base a Tabela A37 do inventário da produção de 1000 kg de cana de açúcar apresentamos a Tabela A41 que apresenta o inventário da produção de 2.407 kg de cana de açúcar ajustada para o fluxo de referência.

Para determinar o inventário consolidado da cana de açúcar é necessário determinar o inventário consolidado dos fertilizantes, do calcário, óleo diesel, herbicida, clorpirifós etil nos quantitativos referentes ao fluxo de referência. Esses valores serão adicionados ao inventário das emissões da queima da palha de cana convertidos também para o fluxo de referência.

Inventário dos fertilizantes para a produção de 2407 kg cana de açúcar

O inventário parcial para a produção de fertilizantes para o cultivo de 2407 kg de cana de açúcar apresentado na Tabela A42 é determinado com base nos quantitativos de fertilizantes (N, P_2O_5 , K_2O), necessários para o cultivo da cana conforme Tabela A41 e o inventário de produção de 1000 kg de cada um dos fertilizantes, Tabela A12.

Em seguida faz-se o inventário da produção e queima do quantitativo de óleo diesel e da produção de eletricidade utilizados para produção de fertilizantes e adiciona-se ao inventário parcial da produção de fertilizantes obtendo-se o inventário consolidado da produção de fertilizantes apresentado na Tabela A43.

Utilizando o mesmo procedimento realizado para o inventário do transporte marítimo e terrestre de fertilizantes para o cultivo de dendê, determina-se o inventário do transporte marítimo e terrestre dos quantitativos de fertilizantes necessários para o cultivo de 2407 kg de cana de açúcar (Tabela A42). Nesse caso o transporte terrestre é realizado por 429 km entre Barcarena e Ulianópolis. A Tabela A44 apresenta o inventário do transporte total dos fertilizantes.

A somatória do inventário consolidado da produção de fertilizantes (Tabela A43) e do inventário consolidado do transporte total de fertilizantes (Tabela A44) resulta no inventário consolidado dos fertilizantes para o cultivo de 2407 kg de cana de açúcar apresentados na Tabela A45.

Para o cultivo de 2407 Kg de cana de açúcar são necessários também 12 kg de calcário (Tabela A41). Com base no inventário da produção de 1000 kg de calcário, Tabela A40 (VIANA, 2008) determina-se o inventário da produção de 12 kg de calcário, apresentado na Tabela A46.

O inventário parcial do transporte terrestre de 12 kg de calcário entre Bandeirantes do Tocantins (TO) - Ulianópolis (PA) que corresponde a um percurso de 543 km é apresentado na Tabela, A47.

Verificando-se o consumo de óleo diesel de 0,280 kg na tabela anterior (A47), determina-se o inventário consolidado do transporte de 12 kg de calcário, Tabela A48.

A junção do inventário da produção com o inventário consolidado do transporte de 12 kg de calcário resulta na Tabela A49 que representa o inventário consolidado de 12 kg de calcário para a produção de 2407 kg de cana de açúcar.

A Tabela A41 mostra que são necessários 0,0647 kg de herbicida e 0,000912 kg de clorpirifós etil para produzir 2407 kg de cana de açúcar. O inventário desses quantitativos de defensivos agrícolas é determinado conhecendo-se o inventário para 1000 Kg defensivos, Tabela A38 (VIANA, 2008; NEMECEK, 2004). O resultado desse inventário é apresentado na Tabela A50.

O inventário da queima da palha correspondente a 2407 kg da cana de açúcar é apresentado na Tabela A51, construída a partir do inventário da queima da

palha para 1000 Kg de cana de açúcar conforme apresentado anteriormente na Tabela A39 (ALMEIDA, MARZULLO e MARTINS, 2007)

A Tabela A52 mostra o inventário da produção e queima de 2 kg de óleo diesel utilizado no maquinário para preparação da área para cultivo de 2.407 kg de cana de açúcar conforme apresentado na Tabela A41.

Apresenta-se a seguir o inventário consolidado da produção de 2407 Kg de cana de açúcar necessário para produzir 158 kg de bioetanol anidro, Tabela A53 construída a partir das tabelas A41, A45, A49, A50, A51 e A52.

Inventário do ácido sulfúrico para produção de 158 Kg de bioetanol anidro

Realiza-se esse inventário tendo como referência o inventário consolidado da produção de 1000 kg de ácido sulfúrico (KULAY, 2004 e VIANA, 2008), convertido para o fluxo de referência desse trabalho. Pode-se verificar do inventário da produção de 1000 kg de bioetanol anidro Tabela A36, que para produzir 158 kg de bioetanol anidro são necessários 1,8 kg de ácido sulfúrico cujas emissões são apresentadas na sexta coluna da Tabela A55.

Inventário da cal virgem para produção de 158 Kg de bioetanol anidro

Para produzir 158 kg de bioetanol anidro são necessários 2,0 kg de cal virgem. O inventário para esses quantitativos foram obtidos com base no inventário consolidado para a produção de 1000 kg de cal virgem, (VIANA, 2008). Os resultados desse inventário são apresentados na sétima coluna da Tabela A55.

Inventário da queima de bagaço da cana na produção de energia

As emissões resultantes da queima de 280 kg de bagaço resultante do processamento de 1000 kg de cana de açúcar são apresentadas na Tabela A54, IPCC (1996) e EPA (1996). A quinta coluna da Tabela 16 representa as emissões para a

atmosfera referentes a queima de 674 kg de bagaço de cana de açúcar de acordo com o fluxo de referência do presente trabalho.

As emissões de dióxido de carbono não são consideradas partindo-se do princípio que essas emissões são absorvidas pelo sistema.

Inventário consolidado de 158 kg de bioetanol

O inventário parcial de 158 kg de bioetanol anidro é feito com base no inventário parcial de 1000 kg de bioetanol anidro (Tabela A45), adaptada ao fluxo de referência. Esse resultado é apresentado na primeira coluna da Tabela 16. A junção desse inventário parcial com o inventário total consolidado da produção de 2407 kg de cana de açúcar (Tabela A53), da queima de 674 Kg de bagaço de cana (Tabela A54), de 1,8 kg de ácido sulfúrico, de 2,0 kg de cal virgem resulta no inventário consolidado da produção de 158 kg de bioetanol anidro apresentado na oitava coluna da tabela A55.

Inventário da produção e transporte de 158 kg de bioetanol anidro para produzir 1000 kg de biodiesel na Dentauá

Para realizar o inventário do transporte consideramos que o bioetanol anidro a adquirido na empresa Pagrisa S/A, localizada em Ulianópolis (PA) e realizamos o seu transporte em caminhões a óleo diesel até a suposta indústria de biodiesel localizada em Santo Antônio do Tauá (PA), anexa à indústria de óleo de palma Dentauá. Determina-se então o consumo de óleo diesel e as emissões no transporte de 158 kg de bioetanol no trecho Ulianópolis-Santo Antonio do Tauá (359 Km). Os resultados são apresentados na Tabela A56.

O Inventário total do transporte de 158 kg de bioetanol anidro no trecho Ulianópolis-Santo Antonio do Tauá é apresentado na Tabela A57. Esse inventário leva em consideração o inventário da produção de 2,44 kg de óleo diesel consumido no transporte.

O inventário consolidado da produção e transporte de 158 Kg de bioetanol anidro para produzir 1000 Kg de biodiesel numa indústria localizada em Santo Antônio do Tauá é apresentada da Tabela 3.11, construída a partir das Tabelas A54 e A56.

Tabela 3.11 - Inventário consolidado da produção e transporte de 158 kg de bioetanol anidro no trecho Ulianópolis-Dentauá (359 Km).

	Unid	Inventário consol da prod 158 Kg de bioetanol anidro	Inventário consolidado do transp terrestre	Inventário consol da produção e transp de 158 Kg de bioetanol
Entradas				
Petróleo	kg	4,34E+00	2,81E+00	7,15E+00
Carvão	Kg	1,05E+00	3,83E-03	1,06E+00
Gás Natural	kg	2,16E-01	1,17E-01	3,33E-01
Energia	MJ	1,27E+02	4,73E-01	1,28E+02
Energia (explosivos)	MJ	9,59E-06		9,59E-06
Vapor	GJ	3,17E-02		3,17E-02
Combustíveis renováveis	kg	2,89E-05	8,91E-04	9,19E-04
Combustível fóssil	GJ	5,08E-04		5,08E-04
Gás Natural	kg	2,16E+00		2,16E+00
Ar	kg	9,01E+00		9,01E+00
Água	kg	1,19E+03	6,66E-01	1,19E+03
Rocha metamórfica	kg	1,00E+03		1,00E+03
Rocha fosfática bruta	kg	7,91E+00		7,91E+00
Enxofre elementar	kg	8,16E-01		8,16E-01
Ciclo hexano	kg	1,20E-01		1,20E-01
Rocha potássica	kg	9,26E-01		9,26E-01
Reservas bióticas	kg	3,43E-05	1,39E-03	1,43E-03
Materiais Secundários	kg	7,89E-02	2,59E-04	7,92E-02
Urânio	kg	1,48E-05	8,30E-08	1,48E-05
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	2,08E+01	8,31E+00	2,91E+01
CO	kg	8,38E+00	2,27E-02	8,40E+00
CH ₄	kg	5,35E-02	7,54E-03	6,10E-02
Vapor de água	kg	1,96E-02	6,98E-04	2,03E-02

Tabela 3.11 – continuação.

Material particulado	kg	6,09E+00	5,75E-03	6,10E+00
CxHy	kg	1,16E+01	3,15E-04	1,16E+01
Metais	kg	2,00E-03	4,76E-08	2,00E-03
NH ₃	kg	3,76E-02	1,72E-12	3,76E-02
COVNM	kg	7,54E-03	1,29E-02	2,05E-02
NOx	kg	4,19E-01	1,01E-01	5,20E-01
N ₂ O	kg	8,31E-02	1,07E-02	9,38E-02
SOx	kg	3,84E-02	9,70E-03	4,81E-02
Metil Carptano	kg	2,93E-08	2,54E-08	5,46E-08
HCl	kg	2,34E-03	2,38E-03	4,72E-03
H ₂ S	kg	1,49E-06	5,29E-08	1,54E-06
Herbicida	kg	6,47E-03		6,47E-03
Clorpirifós etil	kg	9,12E-05		9,12E-05
HF	kg	1,86E-05		1,86E-05
Fluoretos	kg	1,21E-04		1,21E-04
Radiotividade para o ar	KBq	8,03E-01	2,81E-03	8,06E-01
Efluentes líquidos				
DBO	kg	1,18E-04	9,20E-05	2,10E-04
DQO	kg	6,06E-04	5,66E-04	1,17E-03
Metais pesados	kg	2,81E-08	1,32E-08	4,13E-08
CxHy	kg	8,81E-06	5,44E-06	1,43E-05
Efluentes líquidos não esp	kg	9,83E-08	8,88E-08	1,87E-07
Água residual	kg	9,56E-06	8,61E-06	1,82E-05
Óleo não especificado	kg	7,91E-01	4,10E-05	7,91E-01
Sólidos suspensos totais	kg	3,31E-04	2,90E-04	6,21E-04
Cl ⁻	kg	6,18E-02	6,17E-05	6,18E-02
Metais pesados não espec	kg	1,23E-09		4,17E-10
Íons metálicos	kg	1,03E-07	2,32E-08	1,26E-07
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,31E+01	1,43E-08	1,31E+01
Fosfato	kg	3,38E-03		3,38E-03
Na ⁺	kg	3,61E-02	4,03E-05	3,62E-02
Efluentes líquidos perig.	kg	3,30E-03		3,30E-03
K ⁺	kg	7,89E-04		7,89E-04
Ca ₂ ⁺	kg	1,02E-03		1,02E-03
Mg ₂ ⁺	kg	5,93E-04		5,93E-04
Ácidos	kg	1,40E-08	4,88E-11	1,40E-08
Metais	kg	8,23E-07	2,85E-09	8,26E-07

Tabela 3.11 – continuação.

Compostos de nitrogênio	kg	2,48E-01	4,88E-08	2,48E-01
Óleos e graxas	kg	1,15E-05	4,00E-08	1,15E-05
Compostos de enxofre	kg	1,34E+00	2,68E-11	1,34E+00
Compostos orgân. Totais	kg	1,23E-05		1,23E-05
Herbicidas	kg	1,75E-02		1,75E-02
Clorpirifós etil	kg	2,46E-04		2,46E-04
Radioatividade para água	KBq	1,22E+00	4,32E-03	1,23E+00
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	6,95E-05	9,56E-10	6,95E-05
Resíduos inertes	kg	4,40E-05	1,05E-05	5,45E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	3,52E-01	7,78E-04	3,53E-01
Resíduos no solo	dm³	2,26E+02	3,86E-03	2,26E+02
Resíduos processuais	kg	1,81E+02	3,07E-03	1,81E+02
Resíduos não inertes	kg	4,70E-03		4,70E-03
Resíduos sólidos perigosos	kg	1,50E+02		1,50E+02
Enxofre	kg	2,63E-08		2,63E-08
Catalisador usado	kg	2,60E-02		2,60E-02
Resíduo da mineração	kg	2,24E+00		2,24E+00
Magnetita	dm³	1,30E+00		1,30E+00
Lama	Kg	1,14E+00		1,14E+00
Resíduo não apatítico	Kg	3,91E+00		3,91E+00
Herbicidas	Kg	3,63E-02		3,63E-02
Clorpirifós etil	Kg	5,10E-04		5,10E-04
Borra de enxofre	Kg	1,37E-02		1,37E-02
Borra de catalisador	Kg	1,05E-01		1,05E-01
Cinzas	Kg	3,57E-03		3,57E-03
Emissões Materiais				
Vapor	GJ	3,82E-03		3,82E-03
Energia	GJ	1,10E-03		1,10E-03

Inventário da produção e transporte de 158 kg de bioetanol anidro para produzir 1000 kg de biodiesel na Agropalma

Neste caso a indústria de biodiesel está supostamente localizada em Tailândia distante 452 km de Ulianópolis. A metodologia para realizar o inventário é mesma anterior. O consumo de óleo diesel no transporte é de 3,07 kg. O inventário da produção e das emissões durante o transporte está mostrado na quarta coluna da Tabela 3.12, que adicionados ao inventário da produção de 158 Kg de bioetanol anidro resulta no inventário consolidado conforme a quinta coluna da mesma tabela.

Tabela 3.12 - Inventário consolidado da produção e transporte de 158 kg de bioetanol anidro no trecho Ulianópolis-Agropalma (452 Km).

	Unid	Inventário consol da prod 158 kg de bioetanol anidro	Inventário consolidado de transp. terrestre	Inventário consol da produção e transp de 158 kg de bioetanol
Entradas				
Petróleo	kg	4,34E+00	3,53E+00	7,87E+00
Carvão	kg	1,05E+00	4,82E-03	1,06E+00
Gás Natural	kg	2,16E-01	1,47E-01	3,63E-01
Energia	MJ	1,27E+02	5,96E-01	1,28E+02
Energia (explosivos)	MJ	9,59E-06		9,59E-06
Vapor	GJ	3,17E-02		3,17E-02
Combustíveis renováveis	kg	2,89E-05	1,12E-03	1,15E-03
Combustível fóssil	GJ	5,08E-04		5,08E-04
Gás Natural	kg	2,16E+00		2,16E+00
Ar	Kg	9,01E+00		9,01E+00
Água	Kg	1,19E+03	8,38E-01	1,19E+03
Rocha metamórfica	Kg	1,00E+03		1,00E+03
Rocha fosfática bruta	Kg	7,91E+00		7,91E+00
Enxofre elementar	Kg	8,16E-01		8,16E-01
Ciclo hexano	Kg	1,20E-01		1,20E-01
Rocha potássica	Kg	9,26E-01		9,26E-01
Reservas bióticas	Kg	3,43E-05	1,75E-03	1,79E-03
Materiais Secundários	Kg	7,89E-02	3,25E-04	7,93E-02
Urânio	Kg	1,48E-05	1,04E-07	1,49E-05

Tabela 3.12 – continuação.

Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	Kg	2,08E+01	1,05E+01	3,13E+01
CO	Kg	8,38E+00	2,86E-02	8,41E+00
CH ₄	Kg	5,35E-02	9,49E-03	6,30E-02
Vapor de água	Kg	1,96E-02	8,78E-04	2,05E-02
Material particulado	Kg	6,09E+00	7,23E-03	6,10E+00
CxHy	Kg	1,16E+01	3,96E-04	1,16E+01
Metais	Kg	2,00E-03	5,99E-08	2,00E-03
NH ₃	Kg	3,76E-02	2,17E-12	3,76E-02
COVNM	Kg	7,54E-03	1,63E-02	2,38E-02
NOx	Kg	4,19E-01	1,27E-01	5,47E-01
N ₂ O	Kg	8,31E-02	1,35E-03	8,45E-02
SOx	Kg	3,84E-02	1,16E-02	5,00E-02
Metil Carptano	Kg	2,93E-08	3,19E-08	6,12E-08
HCl	Kg	2,34E-03	3,00E-03	5,33E-03
H ₂ S	Kg	1,49E-06	6,66E-08	1,55E-06
Herbicida	Kg	6,47E-03		6,47E-03
Clorpirifós etil	Kg	9,12E-05		9,12E-05
HF	Kg	1,86E-05		1,86E-05
Fluoretos	Kg	1,21E-04		1,21E-04
Radiatividade para o ar	KBq	8,03E-01	3,53E-03	8,07E-01
Efluentes líquidos				
DBO	Kg	1,18E-04	1,16E-04	2,34E-04
DQO	Kg	6,06E-04	7,12E-04	1,32E-03
Metais pesados	Kg	2,81E-08	1,66E-08	4,47E-08
CxHy	Kg	8,81E-06	6,85E-06	1,57E-05
Efluentes líquidos não esp	Kg	9,83E-08	1,12E-07	2,10E-07
Água residual	Kg	9,56E-06	1,08E-05	2,04E-05
Óleo não especificado	Kg	7,91E-01	5,16E-05	7,91E-01
Sólidos suspensos totais	Kg	3,31E-04	3,65E-04	6,96E-04
Cl ⁻	Kg	6,18E-02	7,77E-05	6,18E-02
Metais pesados não espec	Kg	1,23E-09		4,17E-10
Íons metálicos	Kg	1,03E-07	2,92E-08	1,32E-07
Sólidos dissolvidos totais	Kg	1,31E+01	1,80E-08	1,31E+01
Fosfato	Kg	3,38E-03		3,38E-03
Na ⁺	Kg	3,61E-02	5,07E-05	3,62E-02

Tabela 3.12 – continuação.

Efluentes líquidos perigosos	Kg	3,30E-03		3,30E-03
K ⁺	Kg	7,89E-04		7,89E-04
Ca ₂ ⁺	Kg	1,02E-03		1,02E-03
Mg ₂ ⁺	Kg	5,93E-04		5,93E-04
Ácidos	Kg	1,40E-08	6,14E-11	1,40E-08
Metais	Kg	8,23E-07	3,59E-09	8,27E-07
Compostos de nitrogênio	Kg	2,48E-01	6,14E-08	2,48E-01
Óleos e graxas	Kg	1,15E-05	5,03E-08	1,16E-05
Compostos de enxofre	Kg	1,34E+00	3,38E-11	1,34E+00
Compostos orgân. totais	Kg	1,23E-05		1,23E-05
Herbicidas	Kg	1,75E-02		1,75E-02
Clorpirifós etil	Kg	2,46E-04		2,46E-04
Radioatividade para água	KBq	1,22E+00	5,43E-03	1,23E+00
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	Kg	6,95E-05	1,20E-09	6,95E-05
Resíduos inertes	Kg	4,40E-05	1,32E-05	5,72E-05
Resíduos sólidos oleosos	Kg	3,52E-01	9,79E-04	3,53E-01
Resíduos no solo	dm ³	2,26E+02	4,85E-03	2,26E+02
Resíduos processuais	Kg	1,81E+02	3,87E-03	1,81E+02
Resíduos não inertes	Kg	4,70E-03		4,70E-03
Resíduos sólidos perigosos	Kg	1,50E+02		1,50E+02
Enxofre	Kg	2,63E-08		2,63E-08
Catalisador usado	Kg	2,60E-02		2,60E-02
Resíduo da mineração	Kg	2,24E+00		2,24E+00
Magnetita	dm ³	1,30E+00		1,30E+00
Lama	Kg	1,14E+00		1,14E+00
Resíduo não apatítico	Kg	3,91E+00		3,91E+00
Herbicidas	Kg	3,63E-02		3,63E-02
Clorpirifós etil	Kg	5,10E-04		5,10E-04
Borra de enxofre	Kg	1,37E-02		1,37E-02
Borra de catalisador	Kg	1,05E-01		1,05E-01
Cinzas	kg	3,57E-03		3,57E-03
Emissões Materiais				
Vapor	GJ	3,82E-03		3,82E-03
Energia	GJ	1,10E-03		1,10E-03

Inventário do Hidróxido de Sódio (soda cáustica) para produção de 1000 kg de biodiesel

Para produzir 1000 kg de biodiesel são necessários 3,9 kg de hidróxido de sódio. O inventário desse quantitativo é determinado a partir do inventário parcial de 1000 kg de hidróxido de sódio (BORGES, 2004).

O inventário parcial de 3,9 kg de hidróxido de sódio é apresentado na terceira coluna da Tabela A59. Verifica-se no inventário que são necessários ainda 16,8 MJ de energia térmica e 40,1 MJ de energia elétrica.

A Tabela A58 apresenta o inventário parcial da geração de 16,8 MJ de energia térmica e o quantitativo de 0,418 kg óleo combustível (SHEEHAN *et al.*, 1998).

O inventário consolidado da produção e uso de 0,418 kg de óleo combustível, Tabela A59, é determinado a partir dos inventários do refino de 2,62 kg de petróleo e do inventário da geração de 16,8 MJ de energia.

O inventário de 40,1 MJ de energia elétrica é obtido com base no inventário para produção de energia elétrica no Brasil (COLTRO *et al.*, 2003). Esse inventário é mostrado na quinta coluna da Tabela 3.13.

A soma dos inventários para produção parcial de 3,9 kg de hidróxido de sódio, produção e uso de óleo combustível e de energia elétrica resulta no inventário para produção de 3,9 kg de hidróxido de sódio. Sabe-se ainda que além da soda cáustica são produzidos 3,47 kg de gás cloro e 0,1 kg gás hidrogênio.

Procedendo-se a alocação com base nas massas verifica-se que a carga ambiental do hidróxido de sódio é de 52,2%, do gás cloro 46,4% e do gás hidrogênio 1,4%.

O inventário consolidado da produção de 3,9 kg de hidróxido de sódio é obtido multiplicando-se os valores da sexta coluna da Tabela 3.13 pelo fator de alocação 52,2%. Esses valores podem ser visualizados na sétima coluna da Tabela 3.13.

Tabela 3.13 - Inventário consolidado da produção de 3,9 kg de soda cáustica para produção de 1000 Kg biodiesel.

	Unid	Produção de de 3,9 Kg de soda cáustica	Inventário da produção e uso de 0,418 Kg de óleo combustível	Inventário de 40,1 MJ de energia elétrica	Inventário consolidado de 3,9 Kg de soda caustica	Inventário consolidado da produção 3,9 Kg de soda cáustica fator de alocação 52,2%
Entradas						
Petróleo	Kg		4,11E+00	4,85E-02	4,16E+00	1,80E+00
Carvão	Kg		5,60E-03	5,13E-01	5,19E-01	2,71E-01
Gás Natural	Kg		1,72E-01	3,05E-02	2,02E-01	1,06E-01
Energia	MJ		6,95E-01	6,34E+01	6,41E+01	3,34E+01
Combustíveis renováveis	Kg		1,30E-03		1,30E-03	6,89E-04
Água	Kg	1,73E+00	9,76E-01	6,42E+00	9,13E+00	4,77E+00
Reservas bióticas	Kg		2,04E-03		2,04E-03	1,08E-03
Materiais Secundários	Kg		3,77E-04	3,61E-02	3,65E-02	1,90E-02
Urânio	Kg		1,22E-07	7,22E-06	7,34E-06	3,83E-06
Sal marinho	Kg	6,44E+00			6,44E+00	6,72E+00
Saídas						
Emissões Atmosféricas						
CO ₂	Kg		2,27E+00	7,14E-01	2,98E+00	1,58E+00
CO	Kg		2,54E-01	5,97E-03	2,60E-01	1,71E-01
CH ₄	Kg		1,06E-02	2,20E-03	1,28E-02	6,75E-03
Vapor de água	Kg		1,02E-03	9,22E-03	1,02E-02	5,35E-03
Material particulado	Kg		6,53E-04	2,69E-03	3,35E-03	1,36E-02
CxHy	Kg		4,77E-04	3,01E-05	5,07E-04	2,67E-04
Metais	Kg		6,96E-08	4,01E+01	4,01E+01	2,09E+01

Tabela 3.13 – continuação.

NH ₃	Kg		2,55E-12	2,41E-10	2,43E-10	2,13E-05
COVNM	Kg		3,56E-03	2,92E-04	2,43E-10	2,13E-05
NOx	Kg		6,02E-03	2,31E-02	2,91E-02	1,54E-02
N ₂ O	Kg		4,62E-06	4,41E-04	4,46E-04	2,35E-04
SOx	Kg		6,69E-03	4,65E-03	1,13E-02	5,96E-03
Metil Carptano	Kg		3,72E-08		3,72E-08	1,96E-08
HCl	Kg		3,49E-03		3,49E-03	1,84E-03
H ₂ S	Kg		7,77E-08		7,77E-08	4,10E-08
Cl ₂	Kg	9,17E-05			9,17E-05	4,78E-05
H ₂	Kg	3,47E-04			3,47E-04	1,81E-04
Diclorometano	Kg	1,28E-04			1,28E-04	6,70E-05
Radiatividade para o ar	KBq		4,10E-03	3,92E-01	3,96E-01	2,06E-01
Efluentes Líquidos						
DBO	Kg		1,35E-04	2,81E-06	1,38E-04	7,26E-05
DQO	Kg		8,30E-04	5,21E-06	8,35E-04	4,41E-04
Metais pesados	Kg		1,93E-08		1,93E-08	1,02E-08
CxHy	Kg		7,97E-06	1,20E-06	9,17E-06	4,84E-06
Efluentes líquidos não esp	Kg		1,30E-07		1,30E-07	6,86E-08
Água residual	Kg		1,26E-05		1,26E-05	6,66E-06
Óleo não especificado	Kg		6,01E-05		6,01E-05	3,17E-05
Sólidos suspensos totais	Kg		4,27E-04	4,01E-06	4,31E-04	2,27E-04
Cl ⁻	Kg	1,84E-05	9,03E-05	2,41E-09	1,09E-04	5,73E-05

Tabela 3.13 – continuação.

Metais pesados não espec	Kg			7,22E-09	7,22E-09	3,77E-09
Íons metálicos	Kg		3,40E-08		3,40E-08	1,80E-08
Sólidos dissolvidos totais	Kg		2,10E-08	2,01E-06	2,03E-06	1,06E-06
Na ⁺	Kg		6,05E-05		6,05E-05	3,20E-05
Ácidos	Kg		7,13E-11	6,82E-09	6,89E-09	3,60E-09
Metais	Kg		4,20E-09	4,01E-07	4,05E-07	2,12E-07
Compostos de nitrogênio	Kg		7,15E-08	1,80E-07	1,04E-06	5,44E-07
Óleos e graxas	Kg		5,87E-08	5,61E-06	5,67E-06	2,96E-06
Compostos de enxofre	Kg		1,89E-10	1,80E-07	1,81E-07	9,43E-08
Hg	Kg	1,04E-06			1,04E-06	5,44E-07
Radioatividade para água	KBq		6,34E-03	6,06E-01	6,12E-01	3,19E-01
Resíduos sólidos						
Resíduos não especificados	Kg		1,40E-09		1,40E-09	7,40E-10
Resíduos inertes	Kg		1,53E-05		1,53E-05	8,08E-06
Resíduos sólidos oleosos	Kg		1,14E-03		1,14E-03	6,01E-04
Resíduos no solo	dm ³		5,63E-03	1,34E-03	6,97E-03	3,67E-03
Resíduos processuais	Kg	4,68E-04	4,50E-03	4,29E-01	4,34E-01	2,27E-01
Cinzas	Kg	3,57E-03			3,57E-03	1,86E-03

Considera-se a aquisição de hidróxido de sódio no mercado de Belém. O inventário do transporte no trecho Belém - Santo Antônio do Tauá (61,3 km) e Belém-Tailândia (173 Km) é feito usando a mesma metodologia utilizada anteriormente. Os resultados são adicionados ao inventário da produção de 3,9 kg de hidróxido (Tabela 3.13) que resulta no inventário consolidado de produção e transporte de hidróxido de sódio apresentados nas Tabelas 3.14 e 3.15.

Tabela 3.14 - Inventário da produção e transporte no trecho Belém - Santo Antônio do Tauá (61,3 Km) de 3,9 kg de hidróxido de sódio para produção de 1000 kg de biodiesel.

	Unid	Inventário consolidado da produção de 3,9 kg de soda cáustica fator de alocação 52,2%	Inventário consolidado do transporte terrestre de 3,9 kg hidróxido de sódio	Inventário consolidado de produção e transporte de 3,9 kg de soda cáustica
Entradas				
Petróleo	Kg	1,80E+00	1,18E-02	1,81E+00
Carvão	Kg	2,71E-01	1,62E-05	2,71E-01
Gás Natural	Kg	1,06E-01	4,94E-04	1,07E-01
Energia	MJ	3,34E+01	2,00E-03	3,34E+01
Combustíveis renováveis	Kg	6,89E-04	3,76E-06	6,92E-04
Água	Kg	4,77E+00	2,81E-03	4,77E+00
Reservas bióticas	Kg	1,08E-03	5,88E-06	1,08E-03
Materiais Secundários	Kg	1,90E-02	1,09E-06	1,90E-02
Urânio	Kg	3,83E-06	3,50E-10	3,83E-06
Sal marinho	Kg	6,72E+00		6,72E+00
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	Kg	1,58E+00	3,50E-02	1,61E+00
CO	Kg	1,71E-01	9,59E-05	1,71E-01
CH ₄	Kg	6,75E-03	3,18E-05	6,78E-03
Vapor de água	Kg	5,35E-03	2,95E-06	5,36E-03
Material particulado	Kg	1,36E-02	2,26E-02	3,62E-02
CxHy	Kg	2,67E-04	1,33E-06	2,69E-04
Metais	Kg	2,09E+01	2,01E-10	2,09E+01

Tabela 3.14 – continuação.

NH ₃	Kg	2,13E-05	7,27E-15	2,13E-05
COVNM	Kg	2,13E-05	5,45E-05	7,58E-05
NOx	Kg	1,54E-02	4,26E-04	1,58E-02
N ₂ O	Kg	2,35E-04	4,53E-06	2,40E-04
SOx	Kg	5,96E-03	3,88E-05	6,00E-03
Metil Carptano	Kg	1,96E-08	1,07E-10	1,97E-08
HCl	Kg	1,84E-03	1,01E-05	1,85E-03
H ₂ S	Kg	4,10E-08	2,24E-10	4,12E-08
Cl ₂	Kg	4,78E-05		4,78E-05
H ₂	Kg	1,81E-04		1,81E-04
Diclorometano	Kg	6,70E-05		6,70E-05
Radiotividade para o ar	KBq	2,06E-01	1,18E-05	2,06E-01
Efluentes líquidos				
DBO	Kg	7,26E-05	3,88E-07	7,30E-05
DQO	Kg	4,41E-04	2,39E-06	4,43E-04
Metais pesados	Kg	1,02E-08	5,56E-11	1,02E-08
CxHy	Kg	4,84E-06	2,30E-08	4,86E-06
Efluentes líquidos não esp	Kg	6,86E-08	3,75E-10	6,90E-08
Água residual	Kg	6,66E-06	3,64E-08	6,69E-06
Óleo não especificado	Kg	3,17E-05	1,73E-07	3,19E-05
Sólidos suspensos totais	Kg	2,27E-04	1,23E-06	2,29E-04
Cl ⁻	Kg	5,73E-05	2,61E-07	5,76E-05
Metais pesados não espec	Kg	3,77E-09		3,77E-09
Íons metálicos	Kg	1,80E-08	9,81E-11	1,81E-08
Sólidos dissolvidos totais	Kg	1,06E-06	6,05E-11	1,06E-06
Na ⁺	Kg	3,20E-05	1,70E-07	3,21E-05
Ácidos	Kg	3,60E-09	2,06E-13	3,60E-09
Metais	Kg	2,12E-07	1,21E-11	2,12E-07
Compostos de nitrogênio	Kg	5,44E-07	2,06E-10	5,44E-07
Óleos e graxas	Kg	2,96E-06	1,69E-10	2,96E-06
Compostos de enxofre	Kg	9,43E-08	1,13E-13	9,43E-08
Hg	Kg	5,44E-07		5,44E-07
Radioatividade para água	KBq	3,19E-01	1,82E-05	3,19E-01
Resíduos sólidos				

Tabela 3.14 – continuação.

Resíduos não especificados	Kg	7,40E-10	4,04E-12	7,44E-10
Resíduos inertes	Kg	8,08E-06	4,42E-08	8,13E-06
Resíduos sólidos ole.	Kg	6,01E-04	3,29E-06	6,04E-04
Resíduos no solo	dm ³	3,67E-03	1,63E-05	3,69E-03
Resíduos processuais	Kg	2,27E-01	1,30E-05	2,27E-01
Cinzas	Kg	1,86E-03		1,86E-03

Tabela 3.15 - Inventário da produção e transporte no trecho Belém - Tailândia (173 Km) de 3,9 kg de hidróxido de sódio para produção de 1000 kg de biodiesel.

	Unid	Inventário consolidado da produção de 3,9 kg de soda cáustica fator de alocação 52,2%	Inventário consolidado do transporte terrestre de 3,9 kg hidróxido de sódio	Inventário consolidado de produção. e transporte de 3,9 kg de soda cáustica
Entradas				
Petróleo	Kg	1,80E+00	3,34E-02	1,83E+00
Carvão	Kg	2,71E-01	4,55E-05	2,71E-01
Gás Natural	Kg	1,06E-01	1,39E-03	1,08E-01
Energia	MJ	3,34E+01	5,63E-03	3,34E+01
Combustíveis renováveis	Kg	6,89E-04	1,06E-05	6,99E-04
Água	Kg	4,77E+00	7,92E-03	4,78E+00
Reservas bióticas	Kg	1,08E-03	1,66E-05	1,09E-03
Materiais Secundários	Kg	1,90E-02	3,07E-06	1,90E-02
Urânio	Kg	3,83E-06	9,86E-10	3,83E-06
Sal marinho	Kg	6,72E+00		6,72E+00
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	Kg	1,58E+00	9,88E-02	1,68E+00
CO	Kg	1,71E-01	2,71E-04	1,71E-01
CH ₄	Kg	6,75E-03	8,96E-05	6,84E-03
Vapor de água	Kg	5,35E-03	8,29E-06	5,36E-03
Material particulado	Kg	1,36E-02	6,39E-02	7,75E-02
CxHy	Kg	2,67E-04	3,74E-06	2,71E-04
Metais	Kg	2,09E+01	5,66E-10	2,09E+01
NH ₃	Kg	2,13E-05	2,05E-14	2,13E-05
COVM	Kg	2,13E-05	1,54E-04	1,75E-04

Tabela 3.15 – continuação.

NOx	Kg	1,54E-02	1,20E-03	1,66E-02
N ₂ O	Kg	2,35E-04	1,28E-05	2,48E-04
SOx	Kg	5,96E-03	1,09E-04	6,07E-03
Metil Carptano	Kg	1,96E-08	3,02E-10	1,99E-08
HCl	Kg	1,84E-03	2,83E-05	1,87E-03
H ₂ S	Kg	4,10E-08	6,29E-10	4,17E-08
Cl ₂	Kg	4,78E-05		4,78E-05
H ₂	Kg	1,81E-04		1,81E-04
Diclorometano	Kg	6,70E-05		6,70E-05
Radiotividade para o ar	KBq	2,06E-01	3,34E-05	2,06E-01
Efluentes líquidos				
DBO	Kg	7,26E-05	1,09E-06	7,37E-05
DQO	Kg	4,41E-04	6,73E-06	4,47E-04
Metais pesados	Kg	1,02E-08	1,57E-10	1,03E-08
CxHy	Kg	4,84E-06	6,47E-08	4,90E-06
Efluentes líquidos não esp	Kg	6,86E-08	1,06E-09	6,97E-08
Água residual	Kg	6,66E-06	1,02E-07	6,76E-06
Óleo não especificado	Kg	3,17E-05	4,87E-07	3,22E-05
Sólidos suspensos totais	Kg	2,27E-04	3,45E-06	2,31E-04
Cl ⁻	Kg	5,73E-05	7,34E-07	5,80E-05
Metais pesados não espec	Kg	3,77E-09		3,77E-09
Íons metálicos	Kg	1,80E-08	2,76E-10	1,82E-08
Sólidos dissolvidos totais	Kg	1,06E-06	1,70E-10	1,06E-06
Na ⁺	Kg	3,20E-05	4,79E-07	3,24E-05
Ácidos	Kg	3,60E-09	5,80E-13	3,60E-09
Metais	Kg	2,12E-07	3,39E-11	2,12E-07
Compostos de nitrogênio	Kg	5,44E-07	5,80E-10	5,44E-07
Óleos e graxas	Kg	2,96E-06	4,76E-10	2,96E-06
Compostos de enxofre	Kg	9,43E-08	3,19E-13	9,43E-08
Hg	Kg	5,44E-07		5,44E-07
Radioatividade para água	KBq	3,19E-01	5,13E-05	3,19E-01
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	Kg	7,40E-10	1,14E-11	7,51E-10
Resíduos inertes	Kg	8,08E-06	1,24E-07	8,21E-06

Tabela 3.15 – continuação.

Resíduos sólidos	Kg	6,01E-04	9,25E-06	6,10E-04
Resíduos no solo	dm³	3,67E-03	4,58E-05	3,72E-03
Resíduos processuais	Kg	2,27E-01	3,65E-05	2,27E-01
Cinzas	kg	1,86E-03		1,86E-03

Inventário parcial da Produção de Biodiesel

O inventário consolidado da produção de 1000 Kg de Biodiesel inicia com o inventário parcial. A seguir adicionamos todos os inventários realizados anteriormente, inventário consolidado do óleo de dendê, inventário consolidado do etanol anidro, e do hidróxido de sódio. Aplicamos no final o fator de alocação que leva em consideração o co-produto glicerol. Apresentamos na Figura 3.21 o fluxograma do inventário da produção de biodiesel de dendê.

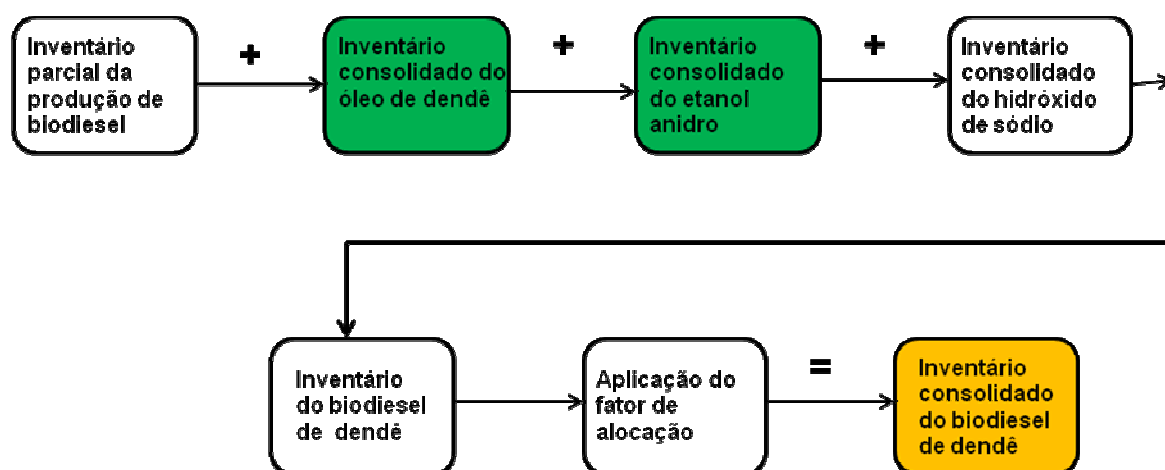


Figura 3.21 – Fluxograma do inventário da produção de biodiesel de dendê.

Na produção de 1000 kg de biodiesel são necessários 42.900 kg de água segundo informações da indústria de base Dedine S/A (2007). As quantidades de óleo de palma, bioetanol anidro e hidróxido de sódio são determinados pela reação de transesterificação considerando um rendimento de 98%, conforme apresentado anteriormente.

A energia elétrica e o vapor necessário para produzir 1000 kg de biodiesel são 56 MJ e 230 kg respectivamente (CIENTEC, 2008).

Segundo VIANA (2008) a produção de 1000 kg de biodiesel gera cerca de 60 kg de efluentes líquidos com uma massa específica de 947 kg/m³. Tendo como referência essa informação e os fatores médios de emissões usados para determinar os efluentes líquidos gerados como: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 3500 mg de O₂/litro de efluente gerado; Demanda Química de Oxigênio (DQO): 75.000 mg de O₂/litro de efluente gerado (SBRT, 2006) e de emissão dos compostos de nitrogênio da ordem de 0,0647g/litro de efluente gerado (SUEHARA *et al.*, 2005), determina-se o inventário parcial para a produção de 1000 Kg de biodiesel apresentados na Tabela 3.16.

Tabela 3.16 - Inventário parcial para a produção de 1000 kg de biodiesel.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Água	kg	4,29E+04
Vapor	kg	2,30E+02
Óleo de palma	kg	9,68E+02
Bioetanol anidro	kg	1,58E+02
Hidróxido de sódio	kg	3,90E+00
Energia Elétrica	MJ	5,60E+01
Efluentes líquidos		
DBO	kg	1,59E-01
DQO	kg	4,45E+00
Compostos de nitrogênio	kg	4,10E-03
Resíduos sólidos		

Tabela 3.16 – continuação.

Resíduos glicéricos	kg	1,26E+01
Resíduos processuais	kg	2,00E+01
Produtos		
Biodiesel	kg	1,00E+03
Glicerol	kg	1,26E+02

Inventário da Produção de Biodiesel de palma de óleo na Dentauá

O inventário da produção de 1000 kg de biodiesel de óleo palma (Dendê) na Dentauá, localizada no município de Santo Antônio do Tauá (PA) é apresentado na sétima coluna da Tabela 3.17. É constituído pelo inventário parcial da produção de 1000 kg de biodiesel, inventário da produção de 968 Kg de óleo de palma, inventário consolidado da produção e transporte de 158 kg bioetanol anidro, inventário consolidado da produção e transporte de 3,9 kg de hidróxido de sódio, todos determinados anteriormente (Tabelas, 3.10, 3.12, 3.15 e 3.16).

É importante verificar que além dos 1000 kg de biodiesel são produzidos também 126 kg de glicerol. Aplicando-se o fator de alocação em massa determina-se que a carga ambiental da produção de 1000 kg de biodiesel de palma de óleo é 88,8% ficando a produção de 126 kg de glicerol responsável por 11,2% da carga ambiental.

A oitava coluna da Tabela 3.17 apresenta a carga ambiental da produção de 1000 kg de biodiesel de palma de óleo na Dentauá.

Tabela 3.17 - Inventário consolidado para produção de 1000 kg de biodiesel na Dentauá.

	Unid	Produção De 1000 kg de biodiesel	Inventário da produção de de 968 kg de óleo de palma	Inventário consolidado da produção e transporte de 158 kg de bioetanol	Inventário consolidado da produção e transporte 3,9 kg de hidróxido de sódio	Inventário consolidado para produção de 1000 kg de biodiesel	Inventário consolidado para produção de 1000 kg de biodiesel biodiesel aloc. 88,8%
Entradas							
Cachos de frutos	Kg		4,08E+03			4,08E+03	3,62E+03
Energia elétrica	MJ		2,20E+02			2,20E+02	1,95E+02
Mão de obra	Hh		4,89E+00			4,89E+00	4,34E+00
Petróleo	Kg		2,88E+01	7,15E+00	1,81E+00	3,77E+01	3,35E+01
Carvão	Kg		7,13E+00	1,06E+00	2,71E-01	8,46E+00	7,51E+00
Gás Natural	Kg		1,46E+00	3,33E-01	1,07E-01	1,90E+00	1,69E+00
Energia	MJ		8,80E+02	1,28E+02	3,34E+01	1,04E+03	9,25E+02
Energia (explosivos)	MJ			9,59E-06		9,59E-06	8,52E-06
Vapor	GJ		1,46E+00	3,17E-02		1,49E+00	1,32E+00
Combustíveis renováveis	Kg		7,07E-03	9,19E-04	6,92E-04	8,68E-03	7,71E-03
Combustível fóssil	GJ		1,55E-02	5,08E-04		1,60E-02	1,42E-02
Gas Natural	Kg			2,16E+00		2,16E+00	1,92E+00
Ar	Kg		2,84E-01	9,01E+00		9,29E+00	8,25E+00
Água	Kg	4,29E+04	1,21E+03	1,19E+03	4,77E+00	4,53E+04	4,02E+04
Rocha metaformica	Kg			1,00E+03		1,00E+03	8,91E+02
Rocha fosfática bruta	Kg		2,40E+03	7,91E+00		2,41E+03	2,14E+03

Tabela 3.17 – continuação.

Enxofre elementar	Kg		6,76E+00	8,16E-01		7,58E+00	6,73E+00
Ciclo hexano	Kg			1,20E-01		1,20E-01	1,06E-01
Rocha potássica	Kg		5,31E+01	9,26E-01		5,41E+01	4,80E+01
Reservas bióticas	Kg		1,11E-02	1,43E-03	1,08E-03	1,36E-02	1,21E-02
Materiais Secundários	Kg		7,39E-01	7,92E-02	1,90E-02	8,37E-01	7,44E-01
Urânio	Kg		1,00E-04	1,48E-05	3,83E-06	1,19E-04	1,06E-04
CO ₂	Kg		2,01E+03			2,01E+03	1,78E+03
Herbicida (Glifosato)	Kg		2,42E+00			2,42E+00	2,15E+00
Sal marinho	Kg				6,72E+00	6,72E+00	5,97E+00
Vapor	Kg	2,30E+02					
Saídas							
Emissões Atmosféricas							
CO ₂	Kg		6,05E+02	2,91E+01	1,61E+00	6,35E+02	5,64E+02
CO	Kg		3,49E+00	8,40E+00	1,71E-01	1,21E+01	1,07E+01
CH ₄	Kg		2,49E-01	6,10E-02	6,78E-03	3,16E-01	2,81E-01
Vapor de água	Kg		1,63E+02	2,03E-02	5,36E-03	1,63E+02	1,45E+02
Material particulado	Kg		8,97E-01	6,10E+00	3,62E-02	7,03E+00	6,24E+00
CxHy	Kg		7,21E-02	1,16E+01	2,69E-04	1,16E+01	1,03E+01
Metais	Kg		5,75E-07	2,00E-03	2,09E+01	2,09E+01	1,86E+01
NH ₃	Kg		2,13E+00	3,76E-02	2,13E-05	2,16E+00	1,92E+00
COVNM	Kg		6,94E-02	2,05E-02	7,58E-05	8,99E-02	7,98E-02
NOx	Kg		1,95E+00	5,20E-01	1,58E-02	2,48E+00	2,20E+00
N ₂ O	Kg		2,33E-01	9,38E-02	2,40E-04	3,27E-01	2,91E-01
SOx	Kg		3,99E-01	4,81E-02	6,00E-03	4,53E-01	4,02E-01

Tabela 3.17 – continuação.

Metil Carptano	Kg		1,74E-07	5,46E-08	1,97E-08	2,49E-07	2,21E-07
HCl	Kg		1,62E-02	4,72E-03	1,85E-03	2,28E-02	2,02E-02
H ₂ S	Kg		9,29E-06	1,54E-06	4,12E-08	1,09E-05	9,65E-06
HF	Kg		5,66E-04	1,86E-05		5,85E-04	5,20E-04
Fluoretos	Kg		3,70E-03	1,21E-04		3,82E-03	3,39E-03
Cl ₂	Kg				4,78E-05	4,78E-05	4,25E-05
H ₂	Kg				1,81E-04	1,81E-04	1,61E-04
Diclorometano	Kg				6,70E-05	6,70E-05	5,95E-05
Radiatividade para o ar	KBq		6,77E+00	8,06E-01	2,06E-01	7,79E+00	6,91E+00
Herbicida (Glifosato)	Kg		1,21E-01	6,47E-03		1,28E-01	1,14E-01
Clorpirifós etil	Kg			9,12E-05		9,12E-05	8,10E-05
Efluentes líquidos							
DBO	Kg	2,22E-01	6,11E+00	2,10E-04	7,30E-05	6,33E+00	5,63E+00
DQO	Kg	4,43E+00	1,31E+01	1,17E-03	4,43E-04	1,76E+01	1,56E+01
Metais pesados	Kg		9,47E-09	4,13E-08	1,02E-08	6,10E-08	5,42E-08
CxHy	Kg		5,87E-05	1,43E-05	4,86E-06	7,78E-05	6,91E-05
Efluentes líquidos não esp	Kg		6,06E-07	1,87E-07	6,90E-08	8,63E-07	7,66E-07
Água residual	Kg		2,95E-04	1,82E-05	6,69E-06	3,20E-04	2,84E-04
Óleo não especificado	Kg		2,80E-04	7,91E-01	3,19E-05	7,91E-01	7,03E-01
Sólidos suspensos totais	Kg		7,54E-02	6,21E-04	2,29E-04	7,62E-02	6,77E-02
Cl ⁻	Kg		2,97E+00	6,18E-02	5,76E-05	3,04E+00	2,70E+00
Metais pesados não espec	Kg			4,17E-10	3,77E-09	4,18E-09	3,72E-09
Íons metálicos	Kg		1,39E-06	1,26E-07	1,81E-08	1,53E-06	1,36E-06

Tabela 3.17 – continuação.

Sólidos dissolvidos totais	Kg		4,09E+02	1,31E+01	1,06E-06	4,22E+02	3,75E+02
Sólidos Sedimentares	Kg		7,34E-03			7,34E-03	6,51E-03
Fosfato	Kg		1,03E-01	3,38E-03		1,06E-01	9,42E-02
Na ⁺	Kg		1,74E+00	3,62E-02	3,21E-05	1,77E+00	1,57E+00
Efluentes líquidos perigosos	Kg			3,30E-03			3,30E-03
K ⁺	Kg		3,82E-02	7,89E-04		3,90E-02	3,46E-02
Ca ₂ ⁺	Kg		4,93E-02	1,02E-03		5,03E-02	4,47E-02
Mg ₂ ⁺	Kg		2,86E-02	5,93E-04		2,92E-02	2,59E-02
Ácidos	Kg		9,45E-08	1,40E-08	3,60E-09	1,12E-07	9,96E-08
Metais	Kg		1,59E-08	8,26E-07	2,12E-07	1,05E-06	9,36E-07
Compostos de nitrogênio	Kg	4,10E-03	1,61E+00	2,48E-01	5,44E-07	1,87E+00	1,66E+00
Óleos e graxas	Kg		2,05E+00	1,15E-05	2,96E-06	2,05E+00	1,82E+00
Compostos de enxofre	Kg		2,95E-01	1,34E+00	9,43E-08	1,64E+00	1,45E+00
Compostos orgânicos totais	Kg		3,88E-06	1,23E-05		1,62E-05	1,44E-05
Hg	Kg				5,44E-07	5,44E-07	4,83E-07
Fósforo	Kg		9,45E-01			9,45E-01	8,40E-01
Herbicidas	Kg		4,85E-01	1,75E-02	1,75E-02	5,20E-01	4,62E-01
Clorpirifós etil	Kg			2,46E-04	2,46E-04	4,91E-04	4,36E-04
Radioatividade para água	KBq		8,40E+00	1,23E+00	1,25E+00	1,09E+01	9,66E+00
Resíduos sólidos							
Resíduos não especificados	Kg		6,52E-09	6,95E-05	7,44E-10	6,95E-05	6,17E-05
Resíduos inertes	Kg		6,12E-04	5,45E-05	8,13E-06	6,75E-04	5,99E-04
Resíduos sólidos oleosos	Kg		5,05E-02	3,53E-01	6,04E-04	4,04E-01	3,59E-01

Tabela 3.17 – continuação.

Resíduos no solo	dm³		2,75E+01	2,26E+02	3,69E-03	2,54E+02	2,25E+02
Resíduos processuais	Kg	2,00E+01	2,20E+01	1,81E+02	2,27E-01	2,23E+02	1,98E+02
Resíduos não inertes	Kg			4,70E-03		4,70E-03	4,18E-03
Resíduos sólidos perigosos	Kg			1,50E+02		1,50E+02	1,33E+02
Enxofre	Kg		1,72E-07	2,63E-08		1,98E-07	1,76E-07
Catalisador usado	Kg		4,76E-01	2,60E-02		5,02E-01	4,46E-01
Resíduo da mineração	Kg		1,08E+02	2,24E+00		1,11E+02	9,83E+01
Magnetita	dm³		3,94E+01	1,30E+00		4,07E+01	3,62E+01
Lama	Kg		3,48E+01	1,14E+00		3,59E+01	3,19E+01
Resíduo não apatítico	Kg		1,19E+02	3,91E+00		1,23E+02	1,09E+02
Herbicida (Glifosato)	Kg		1,82E+00	3,63E-02		1,85E+00	1,65E+00
Clorpirifós etil	Kg			5,10E-04		5,10E-04	4,53E-04
Borra de enxofre	Kg			1,37E-02		1,37E-02	1,21E-02
Borra de catalisador	Kg			1,05E-01		1,05E-01	9,29E-02
Cinzas	Kg			3,57E-03	1,86E-03	5,43E-03	4,83E-03
Resíduos Glicéricos	Kg	1,26E+01					
Emissões Materiais							
Vapor	GJ		2,49E-02	3,82E-03		2,87E-02	2,55E-02
Energia	GJ			1,10E-03		1,10E-03	9,77E-04
Produtos							
Biodiesel	Kg	1,00E+03				1,00E+03	
Glicerol	Kg	1,26E+02				1,26E+02	

Consolidação do Inventário de Biodiesel de óleo de dendê na Agropalma

O procedimento para consolidação desse inventário é o mesmo utilizado no item anterior. Neste caso a localização da empresa Agropalma é Tailândia (PA). Em relação ao inventário anterior muda as cargas ambientais referentes a inventário consolidado da produção de 968 kg de óleo de palma, o transporte do bioetanol anidro e o transporte do hidróxido de sódio. As Tabelas 3.9, 3.11, 3.14 e 3.16 apresentam as cargas ambientais referentes a esses inventários.

O Inventário da produção de 1000 kg de biodiesel na Agropalma é apresentado na sétima coluna da Tabela 3.18. Na oitava coluna apresenta-se o inventário tendo-se aplicado o fator de alocação de 88,8%.

Tabela 3.18 - Inventário consolidado para produção de 1000 kg de biodiesel na Agropalma.

	Unid	Produção de 1000 kg biodiesel	Inventário da produção de 968 kg de óleo de palma	Inventário consol. da produção e Transp. de 158 kg de bioetanol	Inventário consol. da prod. e transp. 3,9 kg de soda Cáustica	Inventário consol. da prod. de 1000 kg de biodiesel	Inventário consol da produção de 1000 kg de biodiesel aloc. 88,8%
Entradas							
Cachos de frutos	Kg		4,26E+03			4,26E+03	3,78E+03
Mão de obra	Hh		4,17E+00			4,17E+00	3,71E+00
Petróleo	Kg		3,54E+01	7,87E+00	1,83E+00	4,51E+01	4,01E+01
Carvão	Kg		7,87E+00	1,06E+00	2,71E-01	9,20E+00	8,17E+00
Gás Natural	Kg		1,77E+00	3,63E-01	1,08E-01	2,24E+00	1,99E+00
Energia	MJ		9,71E+02	1,28E+02	3,34E+01	1,13E+03	1,01E+03
Energia (explosivos)	MJ			9,59E-06		9,59E-06	8,52E-06
Vapor	GJ		1,56E-01	3,17E-02		1,88E-01	1,67E-01
Combustíveis renováveis	Kg		7,63E-03	1,15E-03	6,99E-04	9,48E-03	8,42E-03
Combustível fóssil	GJ		2,48E-02	5,08E-04		2,53E-02	2,25E-02
Gas Natural	Kg			2,16E+00		2,16E+00	1,92E+00
Ar	Kg		3,02E-01	9,01E+00		9,31E+00	8,27E+00
Água	Kg	4,29E+04	2,07E+03	1,19E+03	4,78E+00	4,62E+04	4,10E+04
Rocha metaformica	Kg			1,00E+03		1,00E+03	8,91E+02
Rocha fosfática bruta	Kg		3,84E+02	7,91E+00		3,92E+02	3,48E+02
Enxofre elementar	Kg		1,08E+01	8,16E-01		1,16E+01	1,03E+01
Ciclo hexano	Kg			1,20E-01		1,20E-01	1,06E-01
Rocha potássica	Kg		6,56E+01	9,26E-01		6,65E+01	5,91E+01
Reservas bióticas	Kg		1,19E-02	1,79E-03	1,09E-03	1,48E-02	1,31E-02
Materiais Secundários	Kg		9,03E-01	7,93E-02	1,90E-02	1,00E+00	8,89E-01

Tabela 3.18 – continuação.

Urânio	Kg		1,11E-04	1,49E-05	3,83E-06	1,29E-04	1,15E-04
CO ₂	Kg		1,64E+03			1,64E+03	1,46E+03
Herbicida (Glifosato)	Kg		9,88E-01			9,88E-01	8,77E-01
Sal marinho	Kg				6,72E+00	6,72E+00	5,97E+00
Vapor	Kg	2,30E+02					
Saídas							
Emissões Atmosféricas							
CO ₂	Kg		9,46E+02	3,13E+01	1,68E+00	9,78E+02	8,69E+02
CO	Kg		5,79E+00	8,41E+00	1,71E-01	1,44E+01	1,28E+01
CH ₄	Kg		1,97E-01	6,30E-02	6,84E-03	2,67E-01	2,37E-01
Vapor de água	Kg		4,84E+02	2,05E-02	5,36E-03	4,84E+02	4,30E+02
Material particulado	Kg		1,67E+00	6,10E+00	7,75E-02	7,85E+00	6,97E+00
CxHy	Kg		9,71E-02	1,16E+01	2,71E-04	1,17E+01	1,04E+01
Metais	Kg		7,52E-07	2,00E-03	2,09E+01	2,09E+01	1,86E+01
NH ₃	Kg		2,27E+00	3,76E-02	2,13E-05	2,30E+00	2,05E+00
COVNM	Kg		1,01E-01	2,38E-02	1,75E-04	1,25E-01	1,11E-01
NOx	Kg		2,06E+00	5,47E-01	1,66E-02	2,62E+00	2,33E+00
N ₂ O	Kg		2,62E-01	8,45E-02	2,48E-04	3,46E-01	3,07E-01
SOx	Kg		3,43E-01	5,00E-02	6,07E-03	3,99E-01	3,55E-01
Metil Carptano	Kg		2,20E-07	6,12E-08	1,99E-08	3,01E-07	2,67E-07
HCl	Kg		2,04E-02	5,33E-03	1,87E-03	2,76E-02	2,46E-02
H ₂ S	Kg		9,97E-06	1,55E-06	4,17E-08	1,16E-05	1,03E-05
HF	Kg		9,03E-04	1,86E-05		9,22E-04	8,18E-04
Fluoretos	Kg		5,91E-03	1,21E-04		6,03E-03	5,36E-03
Cl ₂	Kg				4,78E-05	4,78E-05	4,25E-05
H ₂	Kg				1,81E-04	1,81E-04	1,61E-04

Tabela 3.18 – continuação.

Diclorometano	Kg				6,70E-05	6,70E-05	5,95E-05
Radiotividade para o ar	KBq		6,01E+00	8,07E-01	2,06E-01	7,03E+00	6,24E+00
Herbicida (Glifosato)	Kg		4,92E-02	6,47E-03		5,56E-02	4,94E-02
Clorpirifós etil	Kg			9,12E-05		9,12E-05	8,10E-05
Efluentes líquidos							
DBO	Kg	2,22E-01	1,80E+01	2,34E-04	7,37E-05	1,82E+01	1,62E+01
DQO	Kg	4,43E+00	2,96E+01	1,32E-03	4,47E-04	3,41E+01	3,03E+01
Metais pesados	Kg		2,23E-07	4,47E-08	1,03E-08	2,78E-07	2,47E-07
CxHy	Kg		7,17E-05	1,57E-05	4,90E-06	9,23E-05	8,19E-05
Efluentes líquidos não esp	Kg		7,62E-07	2,10E-07	6,97E-08	1,04E-06	9,25E-07
Água residual	Kg		7,44E-04	2,04E-05	6,76E-06	7,71E-04	6,84E-04
Óleo não especificado	Kg		3,52E-04	7,91E-01	3,22E-05	7,91E-01	7,03E-01
Sólidos suspensos totais	Kg		1,24E+01	6,96E-04	2,31E-04	1,24E+01	1,10E+01
Cl ⁻	Kg		4,37E+00	6,18E-02	5,80E-05	4,43E+00	3,94E+00
Metais pesados não espec	Kg			4,17E-10	3,77E-09	4,18E-09	3,72E-09
Íons metálicos	Kg		1,88E-06	1,32E-07	1,82E-08	2,03E-06	1,81E-06
Sólidos dissolvidos totais	Kg		5,07E+02	1,31E+01	1,06E-06	5,20E+02	4,62E+02
Sólidos Sedimentares	Kg		1,10E+01			1,10E+01	9,76E+00
Fosfato	Kg		1,64E-01	3,38E-03		1,68E-01	1,49E-01
Na ⁺	Kg		2,56E+00	3,62E-02	3,24E-05	2,59E+00	2,30E+00
Efluentes líquidos perigosos	Kg			3,30E-03			3,30E-03
K ⁺	Kg		5,58E-02	7,89E-04		5,66E-02	5,02E-02
Ca ₂ ⁺	Kg		7,25E-02	1,02E-03		7,35E-02	6,53E-02
Mg ₂ ⁺	Kg		4,21E-02	5,93E-04		4,27E-02	3,79E-02
Ácidos	Kg		1,05E-07	1,40E-08	3,60E-09	1,22E-07	1,09E-07
Metais	Kg		6,14E-06	8,27E-07	2,12E-07	7,18E-06	6,38E-06

Tabela 3.18 – continuação.

Compostos de nitrogênio	Kg	4,10E-03	3,65E+00	2,48E-01	5,44E-07	3,90E+00	3,46E+00
Óleos e graxas	Kg		4,92E+00	1,16E-05	2,96E-06	4,92E+00	4,36E+00
Compostos de enxofre	Kg		4,35E-01	1,34E+00	9,43E-08	1,78E+00	1,58E+00
Compostos orgânicos totais	Kg		2,88E-06	1,23E-05		1,52E-05	1,35E-05
Hg	Kg				5,44E-07	5,44E-07	4,83E-07
Fósforo	Kg		1,51E+00			1,51E+00	1,34E+00
Herbicidas	Kg		1,98E-01	1,75E-02	1,75E-02	2,33E-01	2,07E-01
Clorpirifós etil	Kg			2,46E-04	2,46E-04	4,91E-04	4,36E-04
Radioatividade para água	KBq		9,29E+00	1,23E+00	3,19E-01	1,08E+01	9,62E+00
Resíduos sólidos							
Resíduos não especificados	Kg		8,22E-09	6,95E-05	7,51E-10	6,95E-05	6,17E-05
Resíduos inertes	Kg		8,33E-04	5,72E-05	8,21E-06	8,99E-04	7,98E-04
Resíduos sólidos oleosos	Kg		6,18E-02	3,53E-01	6,10E-04	4,16E-01	3,69E-01
Resíduos no solo	dm ³		3,87E+01	2,26E+02	3,72E-03	2,65E+02	2,35E+02
Resíduos processuais	Kg	2,00E+01	3,08E+00	1,81E+02	2,27E-01	2,04E+02	1,81E+02
Resíduos não inertes	Kg			4,70E-03		4,70E-03	4,18E-03
Resíduos sólidos perigosos	Kg			1,50E+02		1,50E+02	1,33E+02
Enxofre	Kg		1,83E-07	2,63E-08		2,09E-07	1,86E-07
Catalisador usado	Kg		7,59E-01	2,60E-02		7,85E-01	6,97E-01
Resíduo da mineração	Kg		1,59E+02	2,24E+00		1,62E+02	1,43E+02
Magnetita	dm ³		6,30E+01	1,30E+00		6,43E+01	5,71E+01
Lama	Kg		5,56E+01	1,14E+00		5,67E+01	5,04E+01
Resíduo não apatítico	Kg		1,90E+02	3,91E+00		1,94E+02	1,72E+02
Herbicida (Glifosato)	Kg		7,38E-01	3,63E-02		7,74E-01	6,87E-01
Clorpirifós etil	Kg			5,10E-04		5,10E-04	4,53E-04
Borra de enxofre	Kg			1,37E-02		1,37E-02	1,21E-02

Tabela 3.18 – continuação.

Borra de catalisador	Kg			1,05E-01		1,05E-01	9,29E-02
Cinzas	Kg			3,57E-03	1,86E-03	5,43E-03	4,83E-03
Resíduos Glicéricos	Kg	1,26E+01					
Emissões Materiais							
Vapor	GJ		2,67E-02	3,82E-03		3,05E-02	2,71E-02
Energia	GJ			1,10E-03		1,10E-03	9,77E-04
Produtos							
Biodiesel	Kg	1,00E+03				1,00E+03	
Glicerol	Kg	1,26E+02				1,26E+02	

3.3 DESEMPENHO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE DENDÊ

3.3.1 Energia para produção de dendê

A estimativa da quantidade de energia necessária para cultivar um hectare de dendê é determinada para cada uma das duas empresas citadas anteriormente, considerando-se os insumos mais relevantes como mão de obra, maquinário, combustível, fertilizantes, herbicida, e transporte (de maquinários, fertilizantes e combustíveis) até a fazenda.

A Tabela 3.19 apresenta as quantidades energéticas de cada insumo e o total para cultivar um hectare de dendê na DENTAUÁ e na AGROPALMA.

Tabela 3.19 – Energia para produzir um hectare de dendê no Pará.

Insumos	DENTAUÁ		AGROPALMA	
	Quantidade	Energia (kcal/ha-ano)	Quantidade	Energia (kcal/ha-ano)
Mão de obra	216 h.h	56.523	409 h.h	99.954
Máquinas	8,22 kg	133.921	8,22 kg	133.921
Diesel	11,07 L	93.918	11,28 kg	95.700
Nitrogênio	64,35 kg	1.196.202	83,30 kg	1.548.464
Fósforo	42,90 kg	177.606	83,30 kg	344.862
Potássio	107,25 kg	349.635	191,60 kg	624.616
Magnésio	8,58 kg	14.629	16,70 kg	28.473
Herbicida	11,00 kg	627.000	5,43 kg	309.510
Transporte	251,60 kg	176.117	398,05 kg	291.056
Total		2.825.551		3.476.556

Rendimento do dendê: 18.500 kg/ha (DENTAUÁ); 23.500 kg/há.

Fonte: DENTAUÁ (2008); AGROPALMA (2008); PIMENTEL (2007); STOUT (1990).

Os insumos da segunda e quarta coluna da Tabela 3.19 foram obtidos conforme descrito no item 3.2.3 deste trabalho e apresentados na Tabela 3.2.

A energia correspondente a preparação mecanizada da área de cultivo e ao transporte do fruto até a usina de processamento está contabilizada no consumo de óleo diesel.

O quantitativo de energia por hectare-ano correspondente a mão de obra foi determinado com base nos dados primários (DENTAUÁ, 2008; AGROPALMA, 2008), obtidos nas visitas e reuniões técnicas e dados secundários da literatura referente a quantidade de energia necessária para a execução de cada uma das atividades realizadas para o cultivo de dendê (STOUT, 1990; PIMENTEL, 1980).

A energia necessária na fabricação de máquinas e equipamentos (tratores de esteira, tratores de rodas, caminhões, roçadeiras, patrol, enxadas, facões, pulverizador costal) é determinada considerando-se o peso dos equipamentos, vida útil, e a energia média necessária para fabricar cada quilograma de máquina ou equipamento (MACEDÔNIO e PICCHIONI, 1985). A mesma energia consumida para produzir o maquinário é adotada para os dois empreendimentos uma vez que desde que bem dimensionado, esse é um parâmetro que não varia significativamente de um empreendimento para outro.

É importante registrar que segundo ASDCRA (2008), a preparação da área para cultivo de dendê pela agricultura familiar em áreas não florestadas no Pará é feita toda manual, não havendo consumo de combustíveis fósseis.

A estimativa do consumo de óleo diesel inclui o gasto na preparação da área, colheita, manutenção e transporte dos cachos de fruto até a usina de produção de óleo considerando-se a distância média de 30 km para ambas empresas. Para efeito

de cálculo foi considerado o poder calorífico do óleo diesel de 10.100 kcal/kg e a densidade igual a 840 kg/m³.

A energia consumida pelo fertilizante é obtida tendo como referência a quantidade média anual de fertilizantes utilizado por hectare-ano e a quantidade de energia consumida na sua produção segundo a FAO (1999).

A energia média necessária para produzir 1 kg de herbicida é de 57.000 Kcal (PIMENTEL,1980). Determina-se então a energia consumida anualmente para cultivar um hectare de dendê relativo à herbicida com base nessa informação e na quantidade consumida por hectare-ano.

O transporte de materiais e equipamentos (fertilizantes, pesticidas, máquinas, equipamentos, combustível, etc) utilizados no Pará é feito por via rodoviária ou marítima. Segundo PIMENTEL (1980), a energia utilizada no transporte rodoviário de suprimentos pode ser estimada considerando-se que são gastos 0,83Kcal para transportar um quilograma numa distância de um quilômetro (0,83Kcal/Kg/Km). Quando o sistema de transporte é marítimo ou fluvial a energia utilizada para transportar a mesma carga na mesma distância é cerca de dez vezes menor, ou seja, a energia utilizada é 0,08 kcal/kg/km. Tendo-se a distância média marítima de 8227 Km entre os países exportadores de fertilizantes e o Porto de Vila do Conde(Barcarena-Pará-Brasil) determina-se a energia consumida nessa fase. As distâncias rodoviárias Barcarena-DENTAUÁ (147 km), Belém-DENTAUÁ (50 km), Barcarena-AGROPALMA (124 km), Belém-AGROPALMA (220 km), possibilitam determinar a energia utilizada no transporte rodoviário.

3.3.2 Energia para produção óleo de dendê

A DENTAUÁ usa parte das fibras para produção de vapor utilizado na industrialização do óleo. A energia elétrica utilizada é fornecida pela concessionária de

eletricidade. Os cachos vazios, as cascas e parte das fibras são utilizadas como adubo orgânico na plantação. Os efluentes líquidos após tratamento adequado também retornam para a plantação como adubo orgânico. A torta de palmiste é utilizada como ração animal. A AGROPALMA, além do vapor de processo, utiliza fibras e cascas para produzir a energia elétrica utilizada na fabricação de óleo de óleo. A Tabela 3.20 mostra os quantitativos energéticos e de materiais para produzir uma tonelada de óleo de palma.

Tabela 3.20 - Energia para produzir 1000 kg de óleo de dendê no Pará.

	DENTAUÁ			AGROPALMA		
Insumos	Quantidade	Ene Fóssil	Energia	Quantidade	Ene Fóssil	Energia
		(kcal/ton)	(kcal/ton)		(kcal/ton)	kcal/ton)
Dendê	5.000 kg	748.386	763.662	5.000 kg	718.426	739.693
Eletricidade	74 kwh		63.640			
Mão de obra	6 h.h		1.800	4,9 h.h		1.470
Total		748.386	829.102		718.426	741.163
Saída						
Óleo de palma	1.000 kg		9.104.000			9.104.000
Óleo de palmiste	125 kg		1.138.000	87,5 kg		796.600
Total			10.242.000			9.900.600
Entrada/Saída						
Energia fóssil		1:13,7 (7,3%)			1:13,8 (7,2%)	
Energia total		1:12,4 (8,1%)			1:13,4 (7,5%)	

Fonte: DENTAUÁ (2008); AGROPALMA (2008); ANP (2007).

A energia total é determinada considerando-se as diversas formas de energia utilizada na indústria adicionada à energia consumida na produção agrícola normalizada para uma tonelada de óleo. No balanço energético para a produção de óleo na DENTAUÁ, não é contabilizado a energia do vapor de processo uma vez que esse vapor é produzido pelas fibras da própria indústria. Na AGROPALMA, além da energia do vapor não é contabilizado a energia elétrica uma vez que toda a energia é produzida pelas fibras e cascas.

Os quantitativos e condições de vapor de processo por tonelada de óleo produzido é 1600 kg (DENTAUÁ) e 3.000 kg (AGROPALMA) de vapor saturado a 135°C. As quantidades energéticas são respectivamente 825.222 kcal e 1.550.444 kcal.

A energia elétrica consumida na AGROPALMA para produzir uma tonelada de óleo é 100 kwh. Na DENTAUÁ é 75 kwh.

O rendimento de óleo de palma em relação ao peso de cachos de frutos frescos é 20% nas duas empresas, enquanto o de óleo de palmiste é 2,5% na DENTAUÁ e 1,75% na AGROPALMA. O poder calorífico do óleo de dendê é 9.104 Kcal/Kg.

3.3.3 Energia para produção biodiesel de óleo de dendê

No balanço energético é considerado apenas o álcool utilizado na reação uma vez que o álcool em excesso é recuperado. A energia de 1.120.219 Kcal/ton de biodiesel referente aos 158 kg de álcool anidro, Bioetano(1), é determinada com base no seu poder calorífico de 7.090 Kcal/Kg (SHELL, 1991). Segundo a BARRALCOOL, 2009 a produtividade média é de 83 L de álcool etílico anidro por tonelada de cana. A energia para processar uma tonelada de cana visando a produção de etanol é 55.842 Kcal (MACEDO *et al*, 2008). Com base nessas informações e na densidade do álcool anidro determina-se a energia de 134.219 Kcal, Bioetanol (2), utilizada para produzir 158 kg de álcool etílico anidro. O quantitativo referente ao transporte é determinado considerando-se as distâncias rodoviárias: PAGRISA (Ulianópolis-PA)-DENTAUÁ (Santo Antônio do Tauá-PA)- 359 Km e PAGRISA (Ulianópolis-PA)-AGROPALMA (Tailândia-PA)- 452 Km. A Tabela 3.21 apresenta os quantitativos materiais e energético para produzir 1 tonelada de biodiesel no Estado do Pará.

Tabela 3.21 – Energia para produzir 1000 kg de biodiesel no Pará.

Insumos	DENTAUÁ		Energia	AGROPALMA		
	Quantidade	Ene Fóssil		Quantidade	Ene Fossil	Energia
	(kg)	(kcal/ton)	(kcal/ton)	(kg)	(kcal/ton)	(kcal)/ton
Óleo de palma	968	724.399	802.571	968	695.436	717.446
Bioetanol (1)	158		1.120.219	158		1.120.219
Bioetanol (2)	158		134.219	158		134.219
Transporte	158	47.079	47.079	158	59.275	59.275
NaOH	3,9	780	780	3,9	780	780
Mão de obra	5,0 h.h		1.500	5,0 h.h		1.500
Total (1)		772.258	1.972.149		755.491	1.899.220
Total (2)		772.258	986.149		755.491	913.220
Saída						
Biodiesel 1000 kg	-		9.530.000	1.000 kg	-	9.530.000
Glicerina 126 kg	-		571.788	126 kg	-	571.788
Total			10.101.788			10.101.788
Entrada/ Saída						
Energia fóssil		1 : 13,1 (7,6%)			1:13,4 (7,5%)	
Energia total (1)		1 :5,1 (19,6%)			1:5,3 (18,9%)	
Energia total(2)		1 :10,2 (9,8%)			1:11,1 (9,0%)	
Energia biodiesel /fóssil 1: 12,3(8,1%)				1:13,4 (7,5%)		

Fonte: DENTAUÁ (2008); AGROPALMA (2008); DEDINE (2008).

Total de energia fóssil é obtido adicionando-se a energia fóssil consumida na produção de óleo de palma, catalisador (NaOH), e transporte de álcool anidro.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES DOS RESULTADOS DO POTENCIAL DO CULTIVO DE DENDÊ NO PARÁ

Considerando-se apenas as áreas de consolidação e expansão produtiva desflorestada e de não floresta verifica-se uma área de 24,1 milhões de hectares no estado do Pará. Deste total 18,2 milhões de hectares tem alta aptidão quanto as condições edáficas e de relevo dos quais 920,8 mil hectares podem ser utilizados para cultivo de palma de óleo sem necessidade de uso de irrigação por estarem localizados em áreas de alta aptidão climática (déficit hídrico menor do que 100 mm).

Adicionando-se a área alta aptidão sem uso de irrigação com a área de alta aptidão com o uso de irrigação recomendada a área de alta aptidão para o cultivo de palma de óleo é da ordem de 8,5 milhões de hectares.

As áreas desflorestadas e de não floresta que apresentam média e baixa aptidão edáfica e com relação ao relevo, para o cultivo de palma de óleo são respectivamente 5,1 milhões e 742,8 mil hectares. A área considerada inapta é da ordem de 2,5 milhões de hectares. Quando se leva em consideração as condições climáticas (déficit hídrico) essa área aumenta para 13,2 milhões de hectares.

Deve-se observar que nos dados da Tabela 2 não estão inclusos possíveis Áreas de Preservação Permanente (APP's), necessitando-se, portanto estudos mais detalhados para cada empreendimento de cultivo da palma de óleo. Da mesma forma

quanto as áreas destinadas a reserva legal que neste caso, conforme a legislação, poderá ser em área localizada fora do empreendimento.

Dos 110,4 milhões de hectares passíveis de uso para o cultivo de palma de óleo do ponto de vista edáfico e de relevo no estado do Pará 80,2 milhões de hectares são áreas de floresta. Desse total, 28% estão na área de consolidação e expansão produtiva. Mesmo estando localizada na área de consolidação e expansão produtiva, ou seja, fora das áreas especialmente protegidas do estado do Pará, essas áreas não são consideradas como potenciais para o cultivo de palma de óleo uma vez que não há justificativas sustentáveis para suprimir a floresta com esse objetivo.

A interpretação do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) para produção de biodiesel de dendê é feita verificando-se os consumos de insumos e as emissões mais significativas em cada uma das fases de produção do biodiesel de dendê. Esses valores são comparados com o inventário consolidado da produção de biodiesel para cada uma das empresas que fazem parte desse estudo.

No caso dos insumos optou-se pela interpretação do consumo de Petróleo, Carvão e Gás Natural por se tratar de combustíveis fósseis que possuem elevada influência na economia e na poluição ambiental do planeta.

No que tange as emissões são analisadas as emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos mais relevantes.

4.2 CONSUMOS DE PETRÓLEO, CARVÃO E GÁS NATURAL NA DENTAUÁ E AGROPALMA

As quantidades consumidas de petróleo, carvão e gás natural para produzir 1000 Kg de biodiesel de óleo de palma na Dentauá e Agropalma são apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Consumo de combustível fóssil para produzir 1000 Kg de biodiesel.

Insumo	Unid	Consumo	
		DENTAUÁ	AGROPALMA
Petróleo	Kg	3,35E+01	4,01E+01
Carvão	Kg	7,51E+00	8,17E+00
Gás Natural	Kg	1,69E+00	1,99E+00

Verifica-se na tabela acima que para cada 1000 kg de biodiesel produzido na Agropalma são consumidos 6,6 kg (19,7%) a mais de petróleo que na Dentauá. Os consumos de Carvão e Gás Natural são superiores em 8,8% e 17,7%, respectivamente.

A seguir apresentamos o consumo de petróleo, carvão e gás natural na produção de biodiesel de óleo de palma para as fases de produção de palma de óleo, cana de açúcar, bioetanol anidro e hidróxido de sódio. Deve-se verificar que todos esses quantitativos referem-se ao fluxo de referência estabelecido anteriormente, de 1000 kg de biodiesel de dendê.

Tabela 4.2 - Consumo de combustível fóssil para produzir 1000 kg de biodiesel por fase de produção.

DENTAUÁ				
Fases de produção	Unid	Petróleo	Carvão	Gás Natural
Dendê	kg	1,82E+01	7,11E+00	1,02E+00
Óleo de palma	kg	1,06E+01	1,44E-02	4,40E-01
Cana de açúcar	kg	4,10E+00	1,05E+00	2,07E-01
Bioetanol anidro	kg	2,38E-01	1,44E-03	9,16E-03
Hidróxido de sódio	kg	1,81E+00	2,71E-01	1,07E-01
AGROPALMA				
Fases de produção	Unid	Petróleo	Carvão	Gás Natural
Dendê	kg	2,14E+01	7,84E+00	1,18E+00
Óleo de palma	kg	1,40E+01	1,91E-02	5,84E-01
Cana de açúcar	kg	4,10E+00	1,05E+00	2,07E-01
Bioetanol anidro	kg	2,38E-01	1,44E-03	9,16E-03
Hidróxido de sódio	kg	1,83E+00	2,71E-01	1,08E-01

Fazendo-se uma relação do consumo de Petróleo, Carvão e Gás Natural nas fases de produção de dendê, cana de açúcar, bioetanol anidro e hidróxido de sódio (Tabela 4.2), com o consumo total resultante do inventário do ciclo de vida para produzir 1000 Kg de biodiesel de dendê (Tabela 28) pode-se determinar quanto representa o consumo de cada um dos combustíveis para cada uma dessas fases em relação ao consumo final. Essa análise torna-se importante para decisão sobre uma possível intervenção para melhoria do desempenho em cada uma das fases de produção. A Tabela 4.3 apresenta os resultados dessa análise para as duas empresas utilizadas neste estudo.

Tabela 4.3 - Porcentagem de consumo de combustível fóssil em cada uma das fases de produção em relação ao consumo total.

DENTAUÁ (%)			
Fases de produção	Petróleo	Carvão	Gás Natural
Dendê	4,81E+01	8,4E+01	53,40E+01
Óleo de palma	2,80E+01	1,70E-01	2,31E+01
Cana de açúcar	1,09E+01	1,24E+01	1,09E+01
Bioetanol anidro	6,31E-01	1,70E-02	4,81E-01
Hidróxido de sódio	4,80E+00	3,20E+00	5,62E+00
Biodiesel	7,55E+00	1,70E-01	6,46E+00
AGROPALMA (%)			
Fases de produção	Petróleo	Carvão	Gás Natural
Dendê	4,73E+01	8,52E+01	5,27E+01
Óleo de palma	3,09E+01	2,08E-01	2,61E+01
Cana de açúcar	9,08E+00	1,14E+01	9,24E+00
Bioetanol anidro	5,27E-01	1,57E-02	4,09E-01
Hidróxido de sódio	4,05E+00	2,95E+00	4,82E+00
Biodiesel	8,06E+00	2,06E-01	6,82E+00

Melhor visualização dessa análise pode ser feita nas Figuras 4.1 e 4.2, construídas a partir da Tabela 30. Estas figuras representam o consumo percentual do petróleo, carvão e gás natural em relação ao consumo total de combustíveis utilizados na produção de biodiesel.

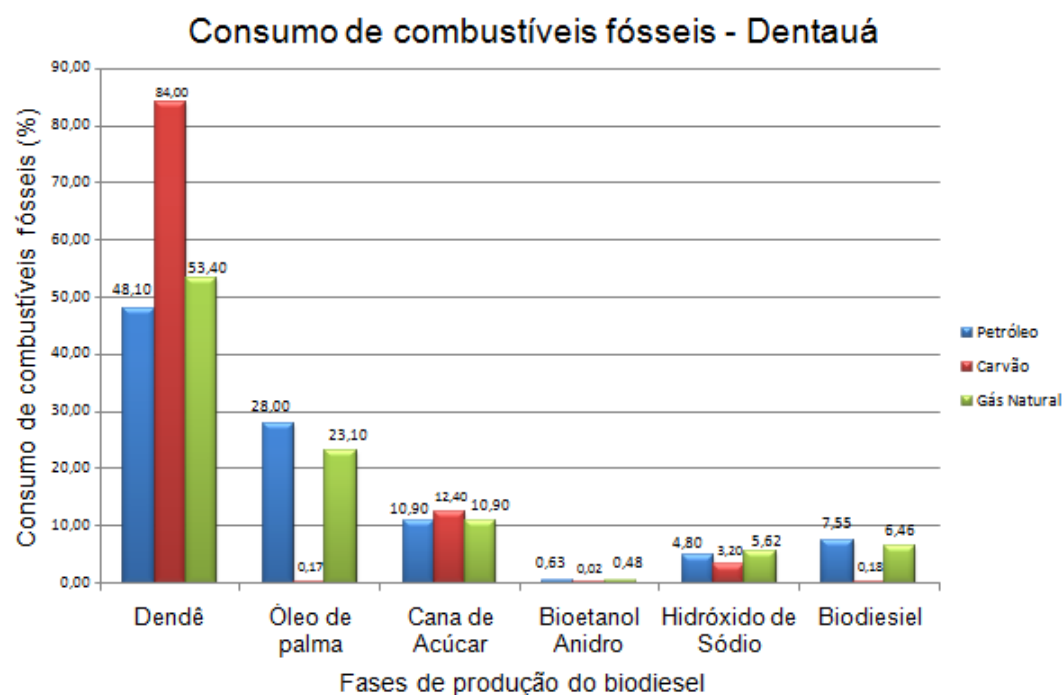


Figura 4.1 - Consumo de combustíveis fósseis na produção de biodiesel – Dentauá.

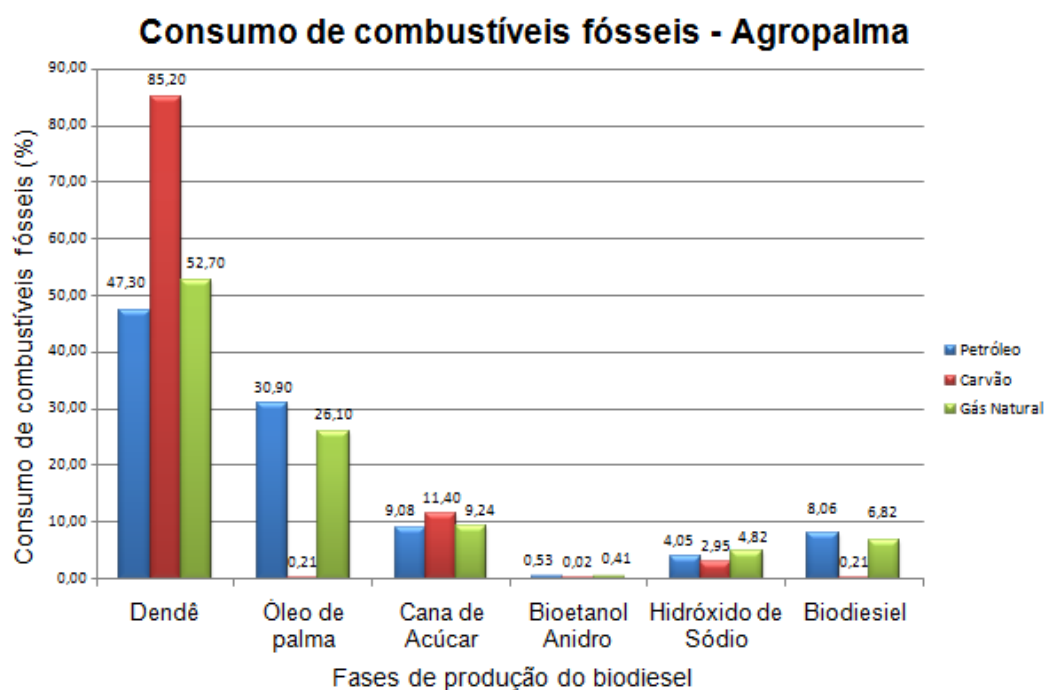


Figura 4.2 - Consumo de combustíveis fósseis na produção de biodiesel – Agropalma.

A fase agrícola de produção de dendê e a fase de produção de óleo são responsáveis por 76,1% do petróleo consumido para a produção de 1000 kg de biodiesel na empresa Dentauá. Esse consumo é de 78,2% na empresa Agropalma. A produção e transporte dos fertilizantes utilizados no cultivo de dendê, a preparação da área de cultivo, a colheita e o transporte de cachos de frutos são os responsáveis por esse elevado consumo de petróleo nessas duas fases de produção.

O consumo de carvão é elevado na fase de produção de dendê. Os valores são de 84% na Dentauá e 85,2% na Agropalma. Analisando o inventário dessa fase verifica-se que essa participação elevada do carvão é principalmente porque os fertilizantes e defensivos são importados de países onde a matriz de produção de energia elétrica tem como combustível primário o carvão. A utilização desses insumos produzidos no Brasil implicaria na redução ou supressão da utilização do carvão no processo uma vez que a energia elétrica nacional é oriunda principalmente de usinas hidrelétricas.

Da mesma forma acontece com relação ao consumo de gás natural na fase agrícola. O seu consumo tem uma participação de 53,4% na Dentauá e 52,7% na Agropalma.

É importante observar que os valores consumidos na Agropalma são sempre superiores aos consumidos na Dentauá. Isso ocorre considerando que no cultivo de dendê na Agropalma os quantitativos de fertilizantes utilizados para a mesma área de cultivo são superiores.

4.3 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

A Tabela 4.4 apresenta as emissões atmosféricas para a produção de 1000 kg de biodiesel de dendê na Dentauá e Agropalma.

A Agropalma apresenta valores de emissões atmosféricas mais elevadas que a Dentaúá para a maioria dos poluentes. Destacam-se as emissões de dióxido de carbono mais elevada em 54% por ser um gás responsável pelo aquecimento global.

Tabela 4.4 - Emissões atmosféricas na produção 1000 kg de biodiesel.

Emissões	Unid	Quantidades emitidas	
		DENTAUÁ	AGROPALMA
CO ₂	kg	5,64E+02	8,69E+02
CO	kg	1,07E+01	1,28E+01
CH ₄	kg	2,81E-01	2,37E-01
Material particulado	kg	6,24E+00	6,97E+00
CxHy	kg	1,03E+01	1,04E+01
NOx	kg	2,20E+00	2,33E+00
N ₂ O	kg	2,91E-01	3,07E-01
SOx	kg	4,02E-01	3,55E-01
NH ₃	kg	1,92E+00	2,05E+00

As Tabelas 4.5 e 4.6 apresentam as emissões atmosféricas na produção de 1000 kg de biodiesel em cada uma das fases de produção.

Tabela 4.5 - Emissões atmosférica na produção de 1000 kg biodiesel de dendê nas fases de produção.

DENTAUÁ						
Fases de produção	Unid	CO ₂	CO	CH ₄	Material particulado	CxHy
Dendê	kg	1,22E+02	2,62E-01	1,87E-01	1,39E-01	7,08E-02
Óleo de palma	kg	4,65E+02	3,22E+00	6,16E-02	7,60E-01	1,19E-03
Cana de açúcar	kg	1,85E+01	1,42E-01	1,60E-02	5,80E+00	1,16E+01
Bioetanol anidro	kg	2,30E+00	8,24E+00	3,75E-02	2,95E-01	4,84E-05
Hidróxido de sódio	kg	1,61E+00	1,71E-01	6,78E-03	3,62E-02	2,69E-04
AGROPALMA						
Fases de produção	Unid	CO ₂	CO	CH ₄	Material particulado	CxHy
Dendê	kg	1,46E+02	3,23E-01	1,25E-01	1,72E-01	9,53E-02
Óleo de palma	kg	7,88E+02	5,47E+00	7,21E-02	1,30E+00	1,57E-03
Cana de açúcar	kg	1,85E+01	1,42E-01	1,60E-02	5,80E+00	1,16E+01
Bioetanol anidro	kg	2,30E+00	8,24E+00	3,75E-02	2,95E-01	4,84E-05
Hidróxido de sódio	kg	1,68E+00	1,71E-01	6,84E-03	7,75E-02	2,71E-04

Fonte: Construída pelo autor.

Tabela 4.6 – Emissões atmosféricas na produção de 1000 kg biodiesel de dendê nas fases de produção.

DENTAUÁ					
Fases de produção	Unid	NOx	N ₂ O	SOx	NH ₃
Dendê	kg	9,73E-01	1,84E-01	3,67E-01	2,13E+00
Óleo de palma	kg	6,63E-01	4,94E-02	3,04E-02	6,50E-12
Cana de açúcar	kg	4,05E-01	7,29E-02	3,21E-02	3,76E-02
Bioetanol anidro	kg	9,40E-03	1,02E-02	6,31E-03	6,73E-13
Hidróxido de sódio	kg	1,58E-02	2,40E-04	6,00E-03	2,13E-05
AGROPALMA					
Fases de produção	Unid	NOx	N ₂ O	SOx	NH ₃
Dendê	kg	1,04E+00	1,96E-01	2,99E-01	2,27E+00
Óleo de palma	kg	1,02E+00	6,54E-02	4,45E-02	8,60E-12
Cana de açúcar	kg	4,05E-01	7,29E-02	3,21E-02	3,76E-02
Bioetanol anidro	kg	9,40E-03	1,02E-02	6,31E-03	6,73E-13
Hidróxido de sódio	kg	1,66E-02	2,48E-04	6,07E-03	2,13E-05

A relação entre os valores de emissões atmosféricas para cada uma das fases de produção e o valor total das emissões para produção de 1000 kg de biodiesel resulta as Tabelas 4.7 e 4.8 que expressam em percentual a contribuição de cada uma das fases de produção em relação ao valor total das emissões.

Tabela 4.7 - Porcentagem das emissões atmosféricas na produção de 1000 kg biodiesel de dendê.

DENTAUÁ (%)					
Fases de produção	CO ₂	CO	CH ₄	Material particulado	CxHy
Dendê	1,93E+01	2,17E+00	5,91E+01	1,97E+00	6,09E-01
Óleo de palma	7,32E+01	2,67E+01	1,95E+01	1,08E+01	1,02E-02
Cana de açúcar	2,91E+00	1,18E+00	5,06E+00	8,25E+01	9,94E+01
Bioetanol anidro	3,62E-01	6,83E+01	1,18E+01	4,19E+00	4,16E-04

Tabela 4.7 – continuação.

Hidróxido de sódio	2,54E-01	1,42E+00	2,14E+00	5,15E-01	2,31E-03
Biodiesel	4,05E+00	2,43E-01	2,37E+00	5,29E-02	3,52E-03
AGROPALMA (%)					
Fases de produção	CO₂	CO	CH₄	Material particulado	CxHy
Dendê	1,49E+01	2,25E+00	4,69E+01	2,19E+00	8,17E-01
Óleo de palma	8,05E+01	3,81E+01	2,70E+01	1,66E+01	1,35E-02
Cana de açúcar	1,89E+00	9,87E-01	6,00E+00	7,38E+01	9,92E+01
Bioetanol anidro	2,35E-01	5,73E+01	1,41E+01	3,75E+00	4,15E-04
Hidróxido de sódio	1,72E-01	1,19E+00	2,57E+00	9,87E-01	2,95E-03
Biodiesel	2,25E+00	1,96E-01	3,44E+00	2,67E+00	4,83E-03

Tabela 4.8 - Porcentagem das emissões atmosféricas na produção de 1000kg biodiesel de dendê.

K				
Fases de produção	NOx	N₂O	SOx	NH₃
Dendê	3,92E+01	5,62E+01	8,12E+01	9,82E+01
Óleo de palma	2,67E+01	1,51E+01	6,72E+00	3,00E-10
Cana de açúcar	1,63E+01	2,23E+01	7,09E+00	1,74E+00
Bioetanol anidro	3,79E-01	3,12E+00	1,39E+00	3,11E-11
Hidróxido de sódio	6,39E-01	7,32E-02	1,32E+00	9,85E-04
Biodiesel	1,68E+01	3,26E+00	2,30E+00	8,62E-02
AGROPALMA (%)				
Fases de produção	NOx	N₂O	SOx	NH₃
Dendê	3,96E+01	5,66E+01	7,49E+01	9,85E+01
Óleo de palma	3,89E+01	1,89E+01	1,11E+01	3,73E-10
Cana de açúcar	1,54E+01	2,11E+01	8,03E+00	1,63E+00
Bioetanol anidro	3,58E-01	2,95E+00	1,58E+00	2,92E-11
Hidróxido de sódio	6,33E-01	7,16E-02	1,52E+00	9,26E-04
Biodiesel	5,08E+00	4,24E-01	2,85E+00	0,00E+00

Para uma melhor visualização das contribuições de cada uma das fases em relação ao valor total são construídos os gráficos representados nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6.

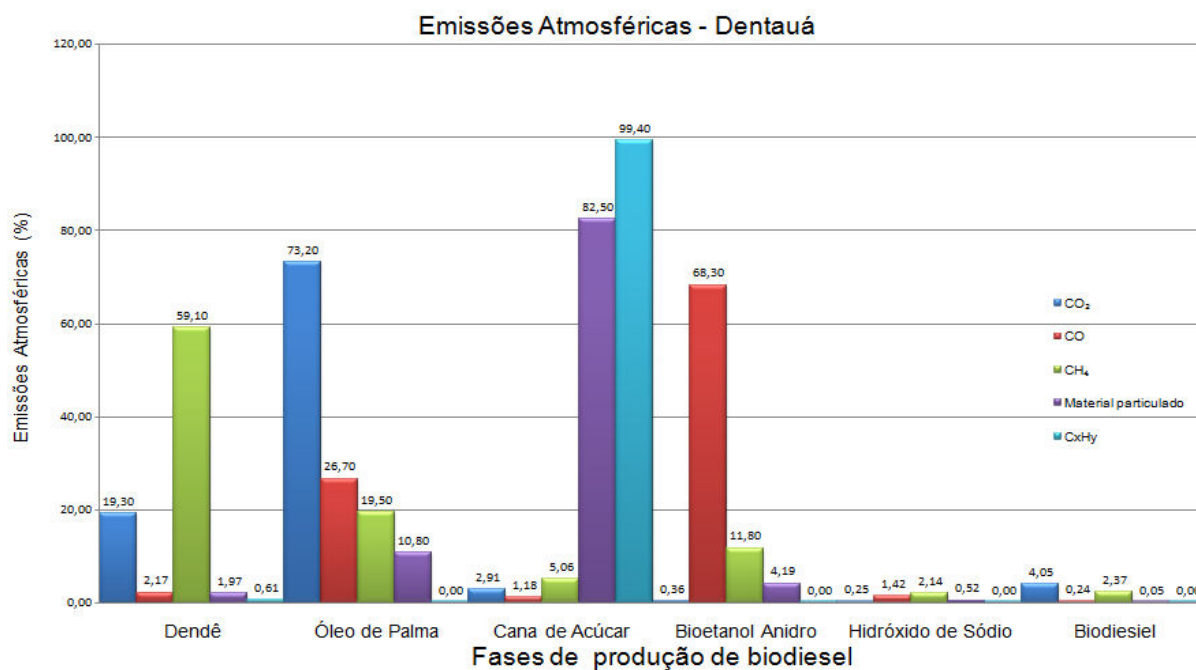


Figura 4.3 – Emissões atmosféricas (%) – Dentauá.

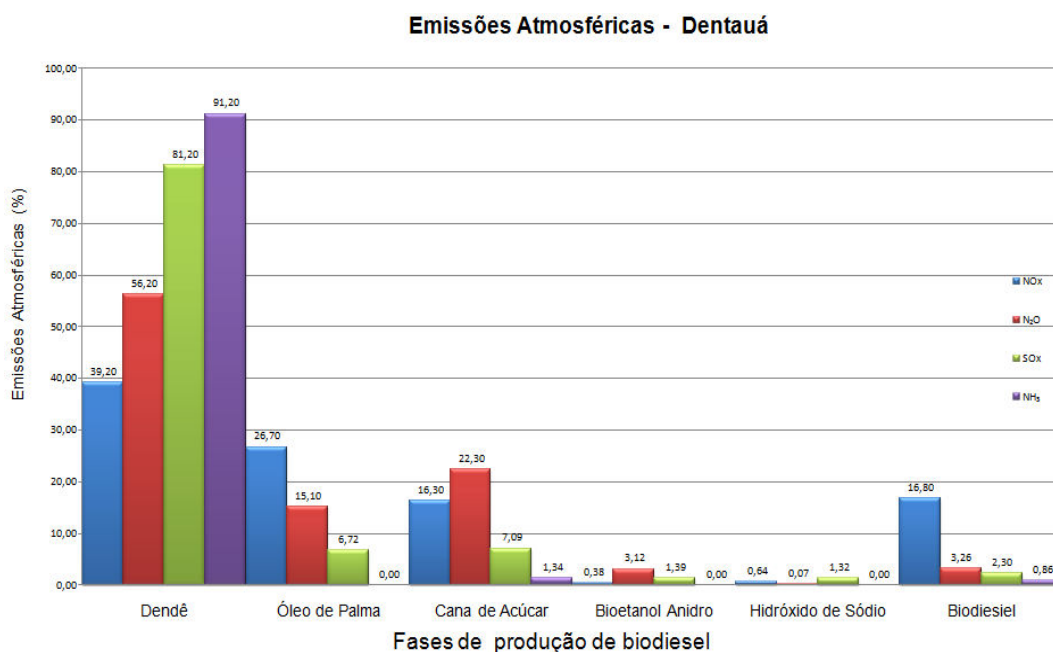


Figura 4.4 - Emissões atmosféricas (%) – Dentauá.

A produção de dendê na Dentauá é responsável pela emissão para a atmosfera de 91,2% da amônia emitida em todo o sistema de produção de biodiesel, 81,2% das emissões de óxido de enxofre, 59,1% de metano, 56,2% de óxido nitroso, 39,2% de óxido de nitrogênio e 19,3%, de dióxido de carbono.

No sistema de produção de óleo de dendê são emitidos 73,2% de dióxido de carbono, 26,7% de monóxido de carbono, 19,5 de metano, 10,8% de material particulado, 26,7% de óxido nítrico 15,1% de óxido nitroso e 6,72% de óxido de enxofre.

Na produção de cana de açúcar são 99,4%, de emissão de hidrocarbonetos, e 82,5% de material particulado.

A produção de Bioetanol anidro é responsável pela emissão de 68,3 de monóxido de carbono e 11,8% de metano

Na produção de biodiesel verificou-se a emissão de 16,8% de óxido de nitrogênio.

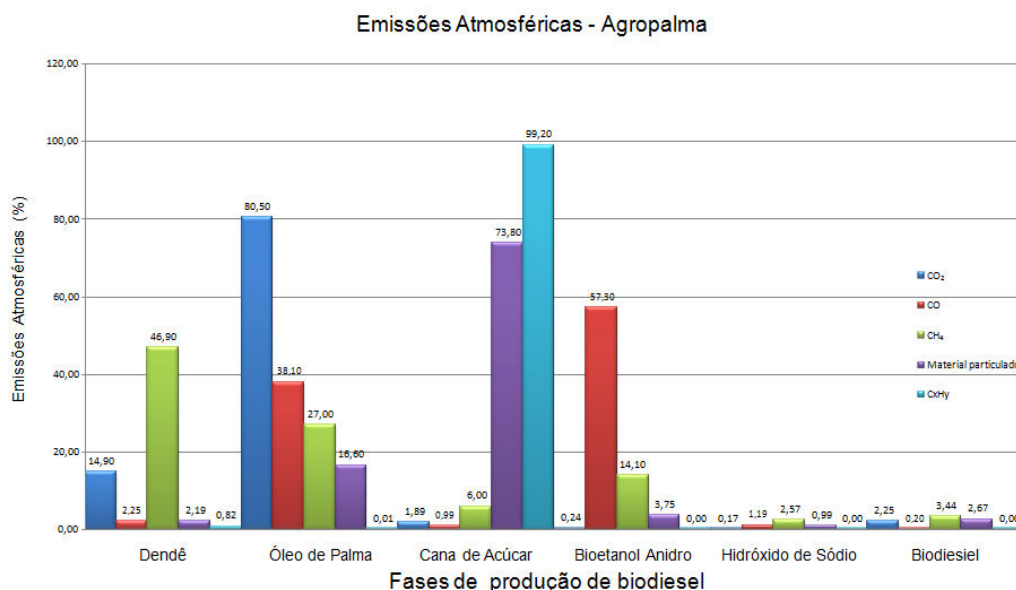


Figura 4.5 - Emissões atmosféricas (%) – Agropalma.

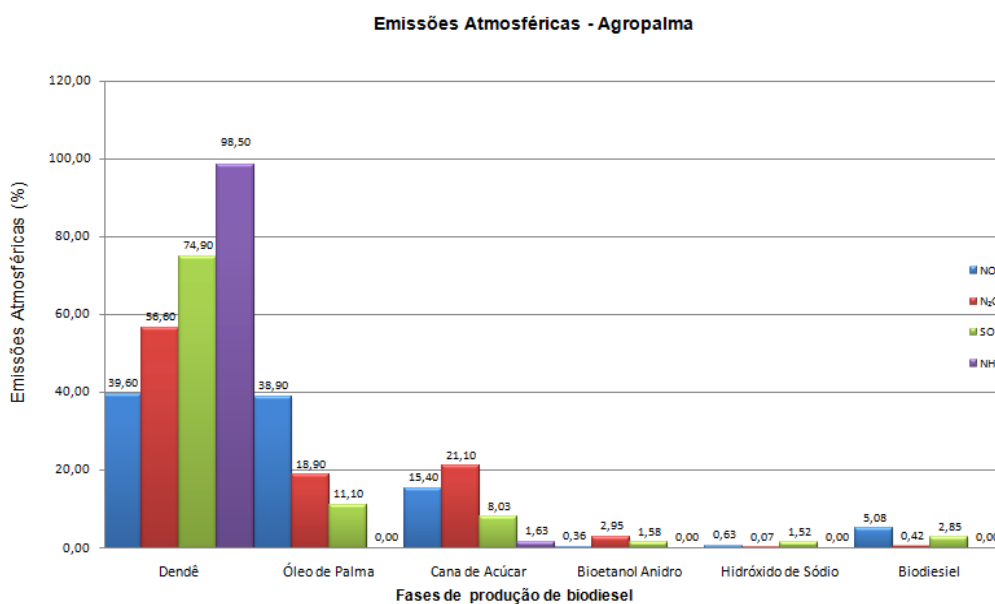


Figura 4.6 - Emissões atmosféricas (%) – Agropalma.

Na Agropalma a emissão de amônia na produção de dendê é 95,5% de todo o sistema de produção de biodiesel. O óxido de enxofre representa 74,9%, o óxido nitroso 56,6%, o metano 46,9%, o óxido de nitrogênio 39,6% e o dióxido de carbono 14,9%.

O uso de fertilizantes na produção de dendê é o principal responsável pela emissão de amônia em ambas as empresas. Na emissão de dióxido de carbono os principais contribuintes são a produção e o uso dos fertilizantes na produção de dendê. No caso do óxido nítrico e óxido de enxofre a produção de fertilizante é o principal responsável pelas emissões. A emissão mais expressiva de óxido nitroso acontece durante o uso do fertilizante.

No sistema de produção de óleo de dendê na empresa Agropalma são emitidos 80,5% de dióxido de carbono, 38,1% de monóxido de carbono, 27% de metano, 16,6% de material particulado, 38,9% de óxido de nitrogênio, 18,9% de óxido nitroso e 11,1% de óxido de enxofre.

Nas duas empresas a contribuição predominante para as emissões de dióxido de carbono, monóxido de carbono, material particulado é a queima de fibras e cascas na

produção de energia necessária para a produção de óleo. O sistema de transporte de cachos de frutos contribui com todas essas emissões.

Na Agropalma a produção de cana de açúcar emite 99,2% de hidrocarbonetos de todo o sistema de produção de biodiesel, 73,8% de material particulado, 21,1% de óxido nítrico, 15,2% de óxido de nitrogênio, e 8,03% de óxido de enxofre.

A queima da palha da cana é a responsável pelas elevadas emissões de hidrocarbonetos e material particulado na produção de cana de açúcar. As demais emissões são contribuições do sistema de transporte dos fertilizantes.

Na produção de bioetanol anidro na Agropalma as emissões de monóxido de carbono representam 57,5 % e de metano são 14,1%.

A queima de bagaço de cana para a produção de energia na indústria de bioetanol é o principal responsável por essas emissões.

A contribuição das emissões na produção e transporte de hidróxido de sódio são consideradas irrelevantes.

4.4 EFLUENTES LÍQUIDOS

As emissões totais para os efluentes DQO, DBO, Sódio, Cloretos, Sólidos dissolvidos totais, Compostos de nitrogênio são apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Efluente líquidos na produção de 1000 kg de biodiesel.

Emissões	Unid	Quantidades emitidas	
		DENTAUÁ	AGROPALMA
DQO	kg	5,63E+00	1,62E+01
DBO	kg	1,56E+01	3,03E+01
Sódio	kg	1,57E+00	2,30E+00
Cloretos	kg	2,70E+00	3,94E+00

Tabela 4.9 – continuação.

Sólidos dissolvidos totais	kg	3,75E+02	4,62E+02
Compostos de Nitrogênio	kg	1,66E+00	3,46E+00

Os quantitativos de emissões de efluentes líquidos para cada uma das fases de produção são apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Efluentes líquidos na produção de 1000 kg biodiesel de dendê por fase de produção.

DENTAUÁ							
Fases de produção	Unid.	DBO	DQO	Sódio	Cloretos	Sólidos dissolvidos totais	Compostos de Nitrogênio
Dendê	kg	5,08E-04	4,62E-04	1,74E+00	2,97E+00	3,98E+02	1,42E+00
Óleo de palma	kg	6,11E+00	1,31E+01	1,55E-04	2,33E-04	1,07E+01	1,88E-01
Cana de açúcar	kg	1,11E-04	6,01E-04	3,61E-02	6,18E-02	1,31E+01	2,48E-01
Bioetanol anidro	kg	7,14E-06	5,26E-06	3,48E-06	5,20E-06	5,61E-09	8,86E-10
Hidróxido de sódio	kg	7,30E-05	4,43E-04	3,21E-05	5,76E-05	1,06E-06	5,44E-07
AGROPALMA							
Fases de produção	Unid.	DBO	DQO	Sódio	Cloretos	Sólidos dissolvidos totais	Compostos de Nitrogênio
Dendê	kg	7,21E-04	2,56E+00	2,56E+00	4,37E+00	4,57E+02	1,52E+00
Óleo de palma	kg	1,80E+01	2,71E+01	2,06E-04	2,80E-04	5,05E+01	2,13E+00
Cana de açúcar	kg	1,11E-04	6,01E-04	3,61E-02	6,18E-02	1,31E+01	2,48E-01
Bioetanol anidro	kg	7,14E-06	5,26E-06	3,48E-06	5,20E-06	5,61E-09	8,86E-10
Hidróxido de sódio	kg	7,37E-05	4,47E-04	3,24E-05	5,80E-05	1,06E-06	5,44E-07

Tabela 4.11 - Porcentagem dos efluentes líquidos na produção de 1000 kg biodiesel de dendê.

DENTAUÁ (%)						
Fases de produção	DBO	DQO	Sódio	Cloretos	Sólidos dissolvido totais	Compostos de Nitrogênio
Dendê	8,02E-03	2,63E-03	9,80E+01	9,78E+01	9,43E+01	7,63E+01
Óleo de palma	9,64E+01	7,46E+01	8,77E-03	7,66E-03	2,53E+00	1,01E+01
Cana de açúcar	1,75E-03	3,42E-03	2,04E+00	2,03E+00	3,10E+00	1,33E+01
Bioetanol anidro	1,13E-04	3,00E-05	1,96E-04	1,71E-04	1,33E-09	4,75E-08
Hidróxido de sódio	1,15E-03	2,52E-03	1,81E-03	1,90E-03	2,50E-07	2,91E-05
Biodiesel	3,60E+00	2,54E+01	0,00E+00	1,47E-01	5,93E-02	3,38E-01
AGROPALMA (%)						
Fases de produção	DBO	DQO	Sódio	Cloretos	Sólidos dissolvido totais	Compostos de Nitrogênio
Dendê	3,96E-03	7,50E+00	9,86E+01	9,86E+01	8,78E+01	3,90E+01
Óleo de palma	9,88E+01	7,95E+01	7,94E-03	6,32E-03	9,72E+00	5,47E+01
Cana de açúcar	6,08E-04	1,76E-03	1,39E+00	1,39E+00	2,52E+00	6,36E+00
Bioetanol anidro	3,92E-05	1,54E-05	1,34E-04	1,17E-04	1,08E-09	2,27E-08
Hidróxido de sódio	4,05E-04	1,31E-03	1,25E-03	1,31E-03	2,03E-07	1,40E-05
Biodiesel	1,21E+00	1,30E+01	0,00E+00	4,04E-02	0,00E+00	0,00E+00

As emissões percentuais dos efluentes líquidos para cada uma das fases de produção de biodiesel das empresas em estudo são mostradas na Tabela 4.11. Esses valores são obtidos a partir das Tabelas 4.9 e 4.10.

A partir da Tabela 4.11 são construídas as Figuras 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10, que permitem uma melhor análise das emissões de efluentes líquidos uma melhor visualização de cada uma das emissões para cada uma das fases de produção.

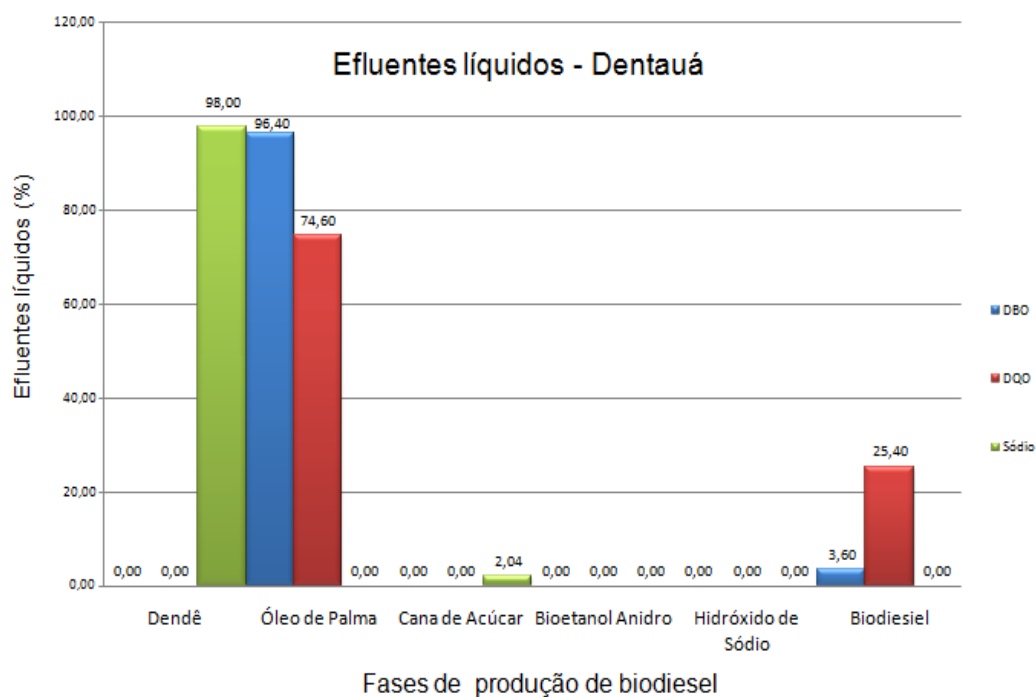


Figura 4.7 - Efluentes líquidos (%) – Dentauá.

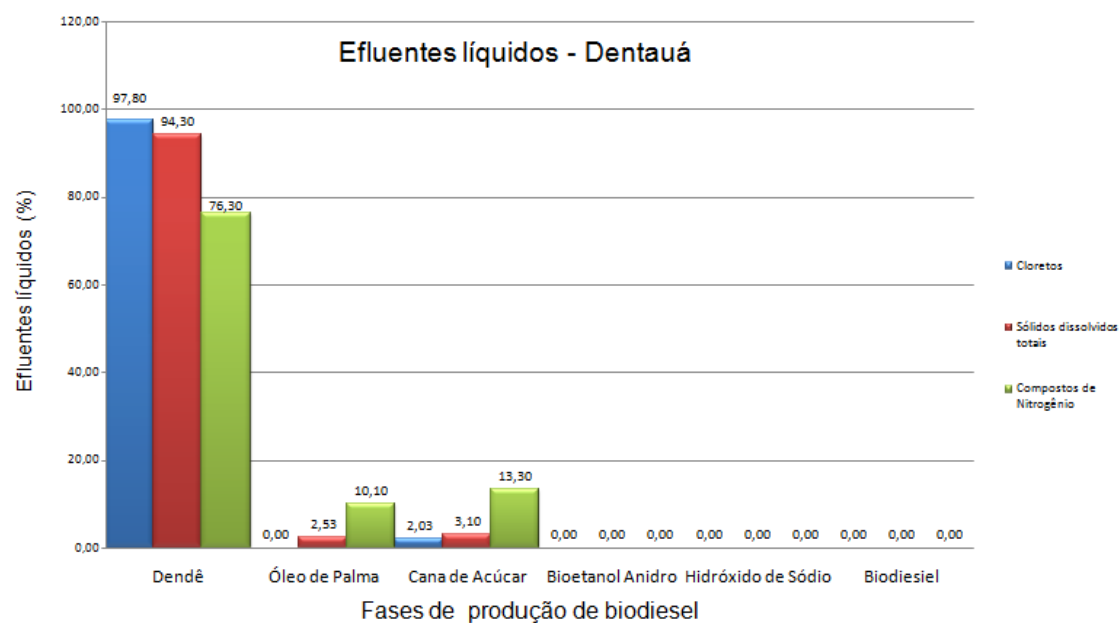


Figura 4.8 - Efluentes líquidos (%) – Dentauá.

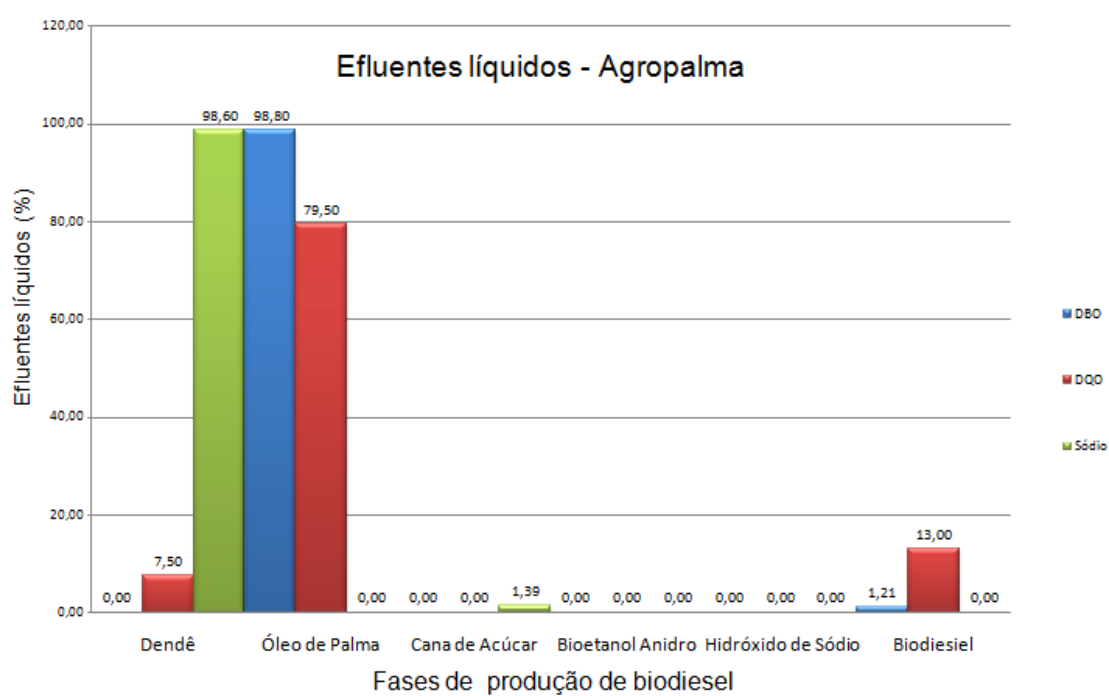


Figura 4.9 - Efluentes líquidos (%) – Agropalma.

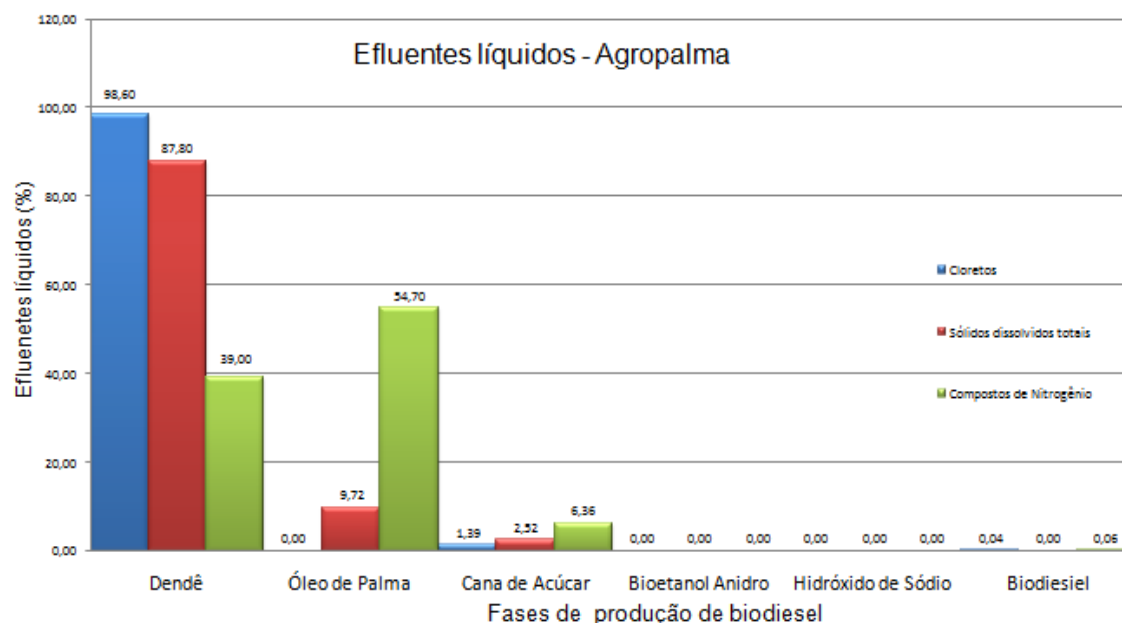


Figura 4.10 - Efluentes líquidos (%) – Agropalma.

Na fase de produção de dendê são emitidos 98% de efluentes líquidos na forma de sódio e cloretos. Os sólidos dissolvidos são respectivamente, 94,5% e 87,8%. Os compostos de nitrogênio são 76,3% e 39%. A contribuição mais significativa das emissões desses efluentes líquidos é a produção dos fertilizantes.

A produção de óleo de palma apresenta efluentes líquidos com elevada deficiência química e bioquímica de oxigênio. Esta fase representa mais de 95% de DBO e mais 75% de DQO nas duas empresas estudadas.

4.5 RESÍDUOS SÓLIDOS

As quantidades de resíduos sólidos para produzir 1000 Kg de biodiesel de dendê são apresentadas na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Emissões de resíduos sólidos na produção 1000 kg de biodiesel.

Emissões	Unid	Quantidades emitidas	
		DENTAUÁ	AGROPALMA
Resíduos processuais	kg	1,98E+02	1,81E+02
Resíduo não apatítico	kg	1,09E+02	1,72E+02
Lama	kg	3,19E+01	5,04E+01
Resíduos sólidos perigosos	kg	1,33E+02	1,33E+02
Resíduo da mineração	kg	9,83E+01	1,43E+02
Resíduo glicérico	kg	1,26E+01	1,26E+01
Magnetita	kg	3,62E+01	5,71E+01

A Tabela 4.13 apresenta os resíduos sólidos oriundos da produção de 1000 kg de biodiesel de dendê para cada uma das fases de produção.

A Tabela 4.14 apresenta em valores percentuais, as emissões de resíduos sólidos para cada uma das fases de produção de biodiesel de óleo de palma na rota etílica.

Tabela 4.13 - Resíduos sólidos para produção de 1000 kg de biodiesel de dendê por fase de produção.

DENTAUÁ								
Fases de produção	Unid	Resíduos processuais	Resíduo não apatítico	Lama	Resíduos sólidos perigosos	Resíduo da mineração	Resíduo Glicérico	Magnetita
Dendê	Kg	5,94E+00	1,19E+02	3,48E+01	0,00E+00	1,08E+02	0,00E+00	3,94E+01
Óleo de palma	Kg	1,16E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cana de açúcar	Kg	1,81E+02	3,91E+00	1,14E+00	1,50E+02	2,24E+00	0,00E+00	1,30E+00
Bioetanol anidro	Kg	1,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Hidróxido de sódio	Kg	2,27E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
AGROPALMA								
Fases de produção	Unid	Resíduos processuais	Resíduo não apatítico	Lama	Resíduos sólidos perigosos	Resíduo da mineração	Resíduo Glicérico	Magnetita
Dendê	Kg	2,95E+00	1,82E+02	5,32E+01	0,00E+00	1,52E+02	0,00E+00	6,03E+01
Óleo de palma	Kg	1,47E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cana de açúcar	Kg	1,81E+02	3,91E+00	1,14E+00	1,50E+02	2,24E+00	0,00E+00	1,30E+00
Bioetanol anidro	Kg	1,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Hidróxido de sódio	Kg	2,27E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela 4.14 - Porcentagem de resíduos sólidos para produção de 1000 Kg de biodiesel de dendê.

DENTAUÁ (%)							
Fases de produção	Resíduos processuais	Resíduo não apatítico	Lama	Resíduos sólidos perigosos	Resíduo da mineração	Resíduo Glicérico	Magnetita
Dendê	2,66E+00	9,68E+01	9,68E+01	0,00E+00	9,76E+01	0,00E+00	9,67E+01
Óleo de palma	5,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cana de açúcar	8,11E+01	3,18E+00	3,17E+00	1,00E+02	2,02E+00	0,00E+00	3,19E+00
Bioetanol anidro	6,99E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Hidróxido de sódio	1,01E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Biodiesel	1,62E+01	0,00E+00	8,04E-03	0,00E+00	4,38E+00	1,00E+02	1,58E-01
AGROPALMA (%)							
Fases de produção	Resíduos processuais	Resíduo não apatítico	Lama	Resíduos sólidos perigosos	Resíduo da mineração	Resíduo Glicérico	Magnetita
Dendê	1,44E+00	9,38E+01	9,37E+01	0,00E+00	9,41E+01	0,00E+00	9,37E+01
Óleo de palma	7,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cana de açúcar	8,86E+01	2,02E+00	1,70E+01	1,00E+02	1,39E+00	0,00E+00	2,02E+00
Bioetanol anidro	7,63E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Hidróxido de sódio	1,11E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Biodiesel	9,85E+00	4,17E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,47E+00	1,00E+02	4,25E+00

Com base na Tabela 4.14 apresentamos as Figuras 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14 que expressam as emissões de resíduos sólidos em termos percentuais para cada uma das fases de produção.

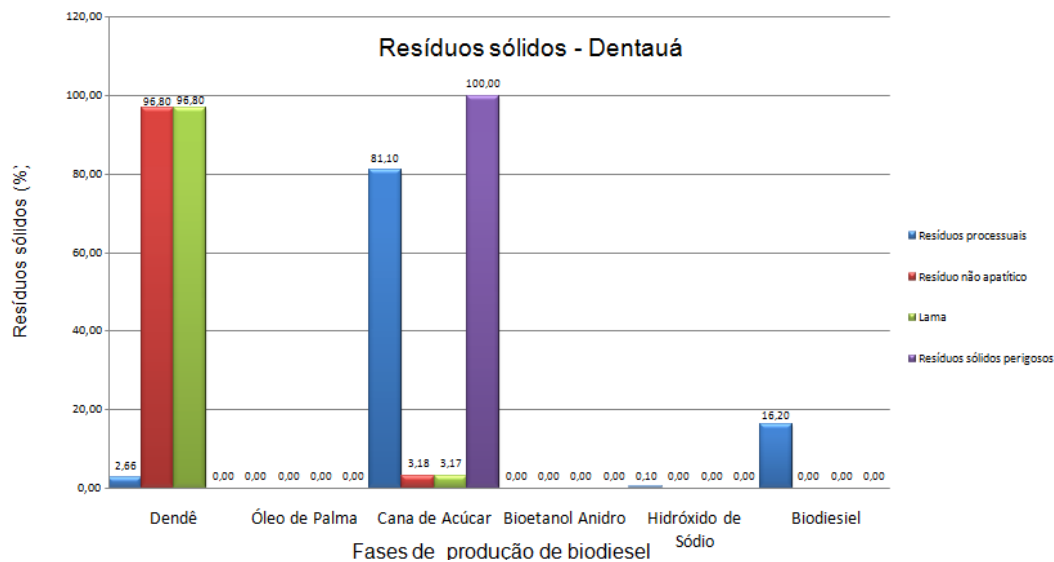


Figura 4.11 - Resíduos sólidos (%) – Dentauá.

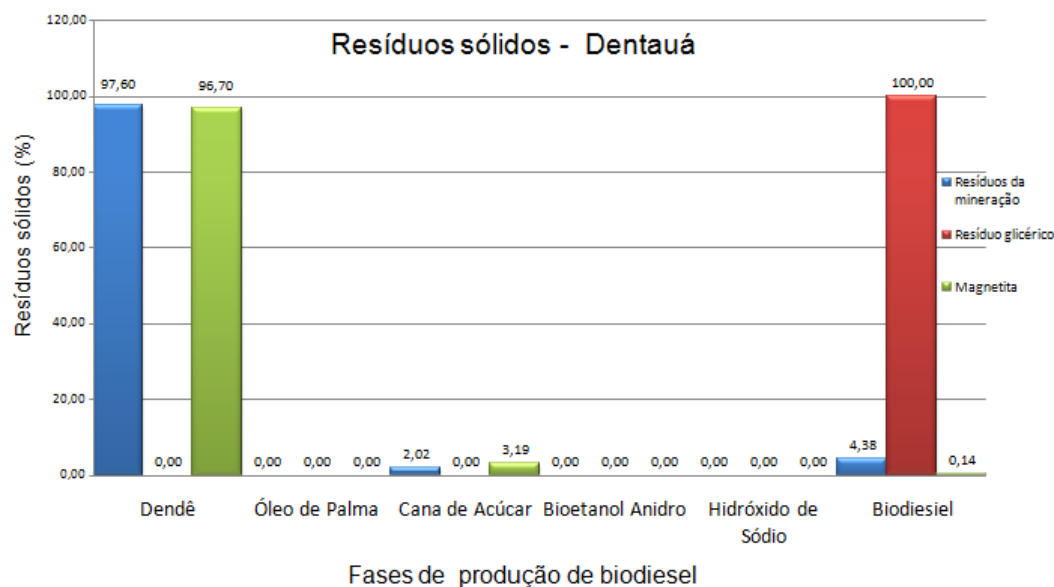


Figura 4.12 - Resíduos sólidos (%) – Dentauá.

Na Dentauá, a produção de dendê para produzir 1000 Kg de biodiesel é responsável por 96,8% das emissões de resíduo não apatítico, 96,8% de lama, 97,6% de resíduo da mineração, e 96,7% de magnetita. A produção de fertilizantes é

responsável pela geração desses resíduos. A produção de cana de açúcar é responsável pela emissão de 81,1% de resíduos processuais e 100% dos resíduos sólidos perigosos

Todo o resíduo glicérico é gerado no sistema de produção de biodiesel.

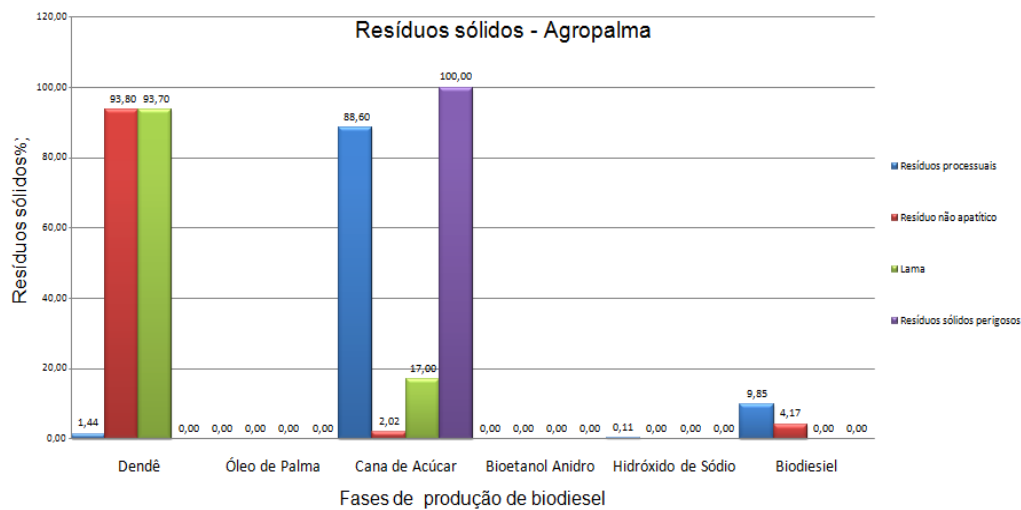


Figura 4.13 - Resíduos sólidos (%) – Agropalma.

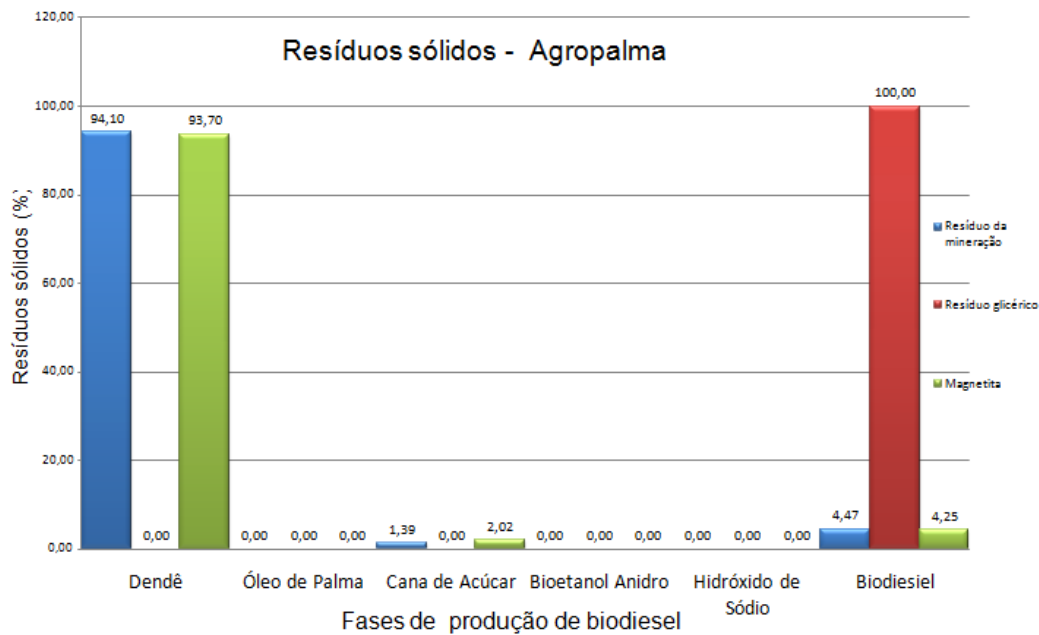


Figura 4.14 - Resíduos sólidos (%) – Agropalma.

Na Agropalma, a produção de dendê contribui com as emissões de 93,6% resíduo não apatítico, 93,7% de lama, 94,1% de resíduos da mineração e 93,7% de magnetita. Esses valores são levemente inferiores aos emitidos na Dentaúá. As fontes principais dessas contribuições continuam sendo os fertilizantes.

Da mesma forma que na empresa anterior 100% dos resíduos glicéricos são emitidos no sistema de produção de biodiesel. Esse resíduo é obtido na reação de transesterificação.

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO BALANÇO ENERGÉTICO

Na fase agrícola a AGROPALMA utiliza anualmente em média 3.476.556 Kcal para cultivar um hectare de dendê que produz 23.500 kg/ha de cachos de frutos frescos. Esse o consumo energético é 27% superior ao utilizado para cultivar a mesma área na DENTAUÁ. A produtividade média anual de cachos de frutos frescos na DENTAUÁ é de 18.500 kg/ha. Constata-se que a AGROPALMA foi mais intensiva no uso de mão de obra, fertilizantes e transporte. Provavelmente, a maior quantidade de fertilizantes e um manejo mais adequado, além de condições climáticas mais favoráveis podem contribuir para melhor produtividade de dendê da AGROPALMA na fase agrícola.

Os fertilizantes são os insumos que mais contribuem para o consumo de derivados de petróleo no cultivo de dendê. Representam 74% do total da energia necessária para cultivar um hectare de dendê na AGROPALMA. Na DENTAUÁ, essa energia é 62% do total. A segunda maior contribuição energética é da herbicida nas duas empresas, embora na AGROPALMA a contribuição seja menor.

Verifica-se que 98% da energia utilizada na fase agrícola é de origem fóssil.

Na produção de uma tonelada de óleo de palma, a energia total utilizada na DENTAÚÁ é 11% superior a energia para produzir a mesma quantidade de óleo na AGROPALMA. O fator que contribui para que a energia utilizada na AGROPALMA seja menor é a maior produtividade de cachos de fruto fresco por hectare-ano, o uso de resíduos sólidos na geração de eletricidade e o vapor de processo utilizado na produção de óleo.

Nas duas empresas estudadas verifica-se que na produção de 1000 kg de óleo de dendê se utiliza uma unidade de energia fóssil para produzir 13,8 unidades de energia renovável considerando-se o ciclo de vida do produto. Ou ainda, na obtenção de 13,8 unidades de energia renovável apenas 7,2% de energia fóssil é utilizada. Isto significa dizer que o óleo de dendê tem um quantitativo energético praticamente quatorze vezes maior que a energia fóssil utilizada para produzi-lo. A relação entrada/saída em relação à energia total mostra uma tendência de melhor desempenho agroindustrial desenvolvido na AGROPALMA (1:13,4). Essa situação ocorre mesmo a DENTAÚÁ tendo um melhor rendimento na produção de óleo de palmiste. Na indústria de produção de óleo de dendê 100% da energia utilizada é renovável. Para as condições da Malásia WOOD and CORLEY, (1991) obteve um desempenho energético para a produção de óleo de dendê de 1:9,5 portanto inferior ao valor obtido nesse trabalho para as condições da Amazônia brasileira. GAZZONI, 2006 apresenta o balanço energético da produção de óleo de soja e Girassol obtendo valores de 1:4,76 e 1:2,70 respectivamente. O óleo de dendê como matéria prima para produção de biodiesel na Amazônia representa uma potencial de substituição de energia fóssil 2,9 vezes maior que o óleo de soja e 5,0 vezes mais que o óleo de girassol.

Na produção de uma tonelada de biodiesel quando se considera a energia disponível no bioetanol anidro observa-se que o consumo total de energia aumenta

significativamente. Nesse caso, a energia contida no bioetanol é predominante no processo de produção do biodiesel. Quando, leva-se em conta a energia utilizada na produção do bioetanol anidro o óleo de palma passa a ser o maior contribuinte para o consumo de energia na produção de biodiesel. O balanço energético nesse para essa situação é 1:10,2 na DENTAUÁ e 1:11,1 na AGROPALMA. Em todas as relações entrada /saída de energia para produzir uma tonelada de biodiesel de dendê verifica-se uma tendência da AGROPALMA apresentar melhor desempenho energético em relação à DENTAUÁ. Praticamente, os valores são semelhantes. Pode-se afirmar que o combustível, biodiesel de dendê, possui um quantitativo energético que é em média 13 vezes maior que a energia disponível no combustível fóssil utilizado na sua produção, Tabela 4.15.

Tabela 4.15 – Balanço Energético da Produção de Biodiesel.

ENERGIA	DENTAUÁ Entrada/saída	AGROPALMA Entrada/saída
Energia fóssil	1 : 13,1 (7,6%)	1:13,4 (7,5%)
Energia total(1)	1 :5,1 (19,6%)	1:5,3 (18,9%)
Energia total(2)	1 :10,2 (9,8%)	1:11,1 (9,0%)
Energia biodiesel/fóssil	1: 12,3(8,1%)	1:13,4 (7,5%)

A Tabela 4.16 apresenta o balanço energético da produção de biodiesel para várias matérias primas no período de 1996 a 2006.

COSTA *et al.* (2006) apresentam balanço energético para produção de biodiesel de dendê para três empresas no Brasil e três empresas na Colômbia. Os valores são 1:8,1; 1:10,3; 1:7,8 e 1:7,4; 1:8,4; 1:6,8, respectivamente. O melhor desempenho energético no Brasil é obtido na indústria que utiliza resíduos na produção de energia. O menor desempenho nas indústrias Colombianas está relacionado com o uso mais intensivo de fertilizantes no cultivo da cultura.

Comparando esses resultados com os obtidos nesse trabalho verifica-se que o balanço energético total obtido na DENTAUÁ praticamente igual ao melhor desempenho obtido por COSTA *et al.* (2006) no Brasil. Na AGROPALMA, o desempenho energético é superior.

SHEEHAN (1998) e PIMENTEL (2005), determinaram que a energia fóssil necessária para produzir uma tonelada de biodiesel de soja é maior do que a energia obtida na saída considerando-se o combustível produzido e a torta de soja, ou seja, um consumo de energia fóssil maior do que a energia renovável produzida. Segundo, o USDA/NREL (1998), para cada unidade de energia fóssil utilizada na produção de uma tonelada de biodiesel de soja é obtido 3,2 unidades de energia renovável. GAZZONI *et al.* (2006) determinou que essa relação para a produção de biodiesel de soja pode chegar a 4,76.

Observa-se que mesmo nessa situação mais favorável de produção de biodiesel de soja, o biodiesel de dendê apresenta um desempenho energético 2,8 vezes mais elevado.

Tabela 4.16 – Balanço energético de energia fóssil para produção de biodiesel.

REFERÊNCIA	MATÉRIA-PRIMA	PRODUTO	Entrada/saída
GOVER, <i>et al.</i> (1996)	Canola	Biodiesel	1:0,99
ARMSTRONG <i>et al.</i> (2002)	Canola	Biodiesel	1:1,47
SHEEHAN <i>et al.</i> (1998)	Soja	Biodiesel	1:0,80
USDA/NREL (1998)	Soja	Biodiesel	1:3,20
GAZZONI <i>et al.</i> (2006)	Soja	Biodiesel	1:4,76
GAZZONI <i>et al.</i> (2006)	Girassol	Biodiesel	1:2,70
PIMENTEL <i>et al.</i> (2005)	Soja	Biodiesel	1:0,75
PIMENTEL <i>et al.</i> (2005)	Girassol	Biodiesel	1:0,46

Tabela 4.16 – continuação.

COSTA <i>et al.</i> (2006)	Dendê	Biodiesel	1:10,3
COSTA <i>et al.</i> (2006)	Dendê	Biodiesel	1:7,80
COSTA <i>et al.</i> (2006)	Dendê	Biodiesel	1:8,40
COSTA <i>et al.</i> (2006)	Dendê	Biodiesel	1:7,40
COSTA <i>et al.</i> (2006)	Dendê	Biodiesel	1:8,40
COSTA <i>et al.</i> (2006)	Dendê	Biodiesel	1:6,80

Comparando o biodiesel de dendê com o biodiesel de outras oleaginosas que estão sendo utilizadas na produção de biodiesel como canola e girassol, constata-se também o melhor desempenho energético na produção de biodiesel de dendê. GOVE *et al.*, (1996) obteve que é necessária uma unidade de energia fóssil para produzir 0,99 unidades de energia de biodiesel de canola. Para essa mesma oleaginosa AMSTRONG *et. al* (2002) obteve um desempenho positivo de 1:1,47. PIMENTEL (2005) mostra que para produzir biodiesel de girassol é necessário 118% mais energia fóssil do que a energia produzida pelo biodiesel.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 POTENCIAL DE CULTIVO DE DENDÊ NO ESTADO DO PARÁ

A análise espacial com base em critérios edafoclimáticos, macrozoneamento ecológico e econômico do Estado do Pará e uso da terra mostra que o Estado do Pará possui uma área de 920,8 mil hectares de alta aptidão para o cultivo de dendê sem necessidade de uso de irrigação, podendo ser ampliada para 8,5 milhões de hectares se for utilizado o critério de “irrigação recomendada”.

As áreas desflorestadas e de não floresta localizadas nas áreas indígenas e unidades de conservação com alta aptidão edáfica, relevo e climática para o cultivo de dendê é da ordem de 69,3 mil hectares. O uso sustentável dessas áreas localizadas nas áreas especialmente protegidas para cultivo de palma de óleo pode ajudar na melhoria da qualidade de vida de populações tradicionais que moram nas proximidades. Comparativamente é uma área superior a área atual de cultivo de palma de óleo no Brasil que é de 63,9 mil hectares (Tabela 1.2).

Considerando que a metade da palma de óleo produzida nessa área seja utilizada para produção de alimentos e a outra metade para a produção de biodiesel, esta seria de 2,4 bilhões de litros de biodiesel produzidos no estado do Pará que somados aos 2,4 bilhões de litros de biodiesel produzidos no Brasil em 2010 (ANP, 2011), ter-se-ia uma produção nacional de 4,8 bilhões de litros ou seja 85% superior a produção da Alemanha que hoje lidera a produção mundial de biodiesel.

Os valores das áreas potenciais para cultivo de dendê nesse estudo podem ser reduzidos quando da implementação dos projetos de cultivo de dendê, uma vez que não foram consideradas as Áreas de Preservação Permanente (APP's) e de Reserva Legal. Recomenda-se que para cada projeto a ser implementado essas questões devam ser consideradas.

5. 2 CONSUMO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E CONTRIBUIÇÃO DAS EMISSÕES NAS FASES DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

O estudo realizado nas duas empresas mostra que maior consumo de petróleo na produção de biodiesel de dendê acontece na fase agrícola. A produção e o transporte de fertilizantes e herbicidas utilizados na cultura de dendê são os maiores responsáveis por esse consumo elevado. Da mesma forma acontece com o consumo de carvão e gás natural. Duas ações podem ser recomendadas para minimizar esses consumos. Uma ação seria verificar a viabilidade do uso de fertilizantes produzidos nacionalmente considerando-se que a matriz energética nacional é mais limpa e o transporte dos fertilizantes seria feito por distâncias menores. A outra ação seria o uso de tecnologia avançada para fertilização do solo.

Na fase de produção de dendê as maiores contribuições para o aquecimento global é devido às emissões de metano, óxido nitroso e dióxido de carbono tendo como responsáveis principais a produção e o transporte dos fertilizantes.

A emissão de dióxido de carbono na produção de óleo de dendê ocorre pela queima de fibras e cascas e pelo transporte de cachos de frutos.

As elevadas emissões de material particulado e hidrocarbonetos na produção de cana de açúcar pode ser evitada utilizando-se técnicas modernas de colheita eliminando-se a necessidade da queima da palha da cana de açúcar antes da colheita.

5.3 DESEMPENHO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE DENDÊ

O desempenho energético na produção de biodiesel de dendê, além de ser superior ao biodiesel de outras oleaginosas tem potencial para ter o seu desempenho melhorado em cada uma das fases de produção principalmente na fase agrícola. O seu desempenho energético é 2,8 vezes superior ao melhor desempenho energético do biodiesel de soja encontrado na literatura.

O cultivo de cana de açúcar e a instalação da indústria de bioetanol anidro, o cultivo de dendê e a indústria de produção de óleo devem ser integrados ao sistema de produção de biodiesel. Essa ação contribui para melhorar o desempenho energético, ambiental e econômico do sistema.

Atualmente a quantidade produzida de óleo de dendê no Estado do Pará é insuficiente para garantir o suprimento em termos de volume e preços competitivos para atender a indústria de biodiesel a partir dessa oleaginosa, contudo, o grande potencial para o cultivo dessa matéria-prima no Estado, e por ser uma cultura de alta produtividade por área plantada, intensiva em mão de obra, possibilitará produzir um biodiesel que será entregue ao consumidor com a maior quantidade de energia renovável por unidade de energia fóssil utilizada na sua produção com baixo impacto ambiental.

Além de ser uma oportunidade de contribuir para redução do aquecimento global e poluição ambiental, o cultivo de dendê pode ser uma oportunidade sem precedentes para ajudar no desenvolvimento do Estado do Pará e da Amazônia com sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, **Associação Brasileira de Normas Técnicas. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e Estrutura.** NBR ISO 14040. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Definição do objetivo e escopo e análise de inventário.** NBR ISO 14041. Rio de Janeiro. 2004.

AGRIANUAL – **Anuário da Agricultura Brasileira**, FNP, São Paulo, 2008.

AGROPALMA - Informações via questionários, visita técnica e email prestadas pelo técnico Carlos Maracanã, Tailândia – PA, 2008.

ALMEIDA, FERNANDO – **Os Desafios da Sustentabilidade, uma ruptura urgente.** RJ, Ed. Campos/Elsevier, 2007.

ALMEIDA, C. M.; MARZULLO, R. C. M.; MARTINS, O. S., 2007. **Análise do ciclo de vida do biodiesel etílico de soja.** CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa.

AMSTRONG, A. P. et al. **“Energy and greenhouse gas balance of biofuels for europe: an update.** Brussels:CONCAWE.”Disponível em www.concawe.be/1FGJLPMJAJBJBHPCIKJIDBDFJPDBY9DBYW69DW3571KM/CEnet/docs/DLS/2002-00213-01-E.pdf, 2002.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – **Dados Estatísticos**. Disponível em <http://www.anp.gov.br> – Consulta realizada em 06 de junho de 2010.

ArcGis – **Conjunto de Softwares de geoprocessamento** - ESRI, 2008

ASDCRA – Associação de Desenvolvimento Comunitário de Arauaí. Informações prestadas pela Presidente da Associação, 2008.

BAKER, A. W., e R. L. SWEIGERT. **A Comparison of Various Vegetable Oil as Fuels for Compression-Ignition Engines**, Proc. Oil & Gas Power Meeting of the **ASME**: 40-48 (1947).

BASTOS, T. X. – Aspectos agroclimáticos do dendezeiro na Amazônia Oriental. In: VIEGAS, I.M., MULLER, A. A **A cultura do Dendezeiro na Amazônia. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus**: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. P. 48-60

BASTOS, T. X., MULLER, A.G., PACHECO, N.A., SAMPAIO, S.M.N., ASSAD, E. D., MARQUES, A.F.S – **Zoneamento de Riscos Climáticos para a cultura de dendezeiro no estado do Pará**, Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 564-570, 2001.

BEEPA – **BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DO PARÁ**. Universidade da Amazônia, Belém, 2006 Ano Base 2005.

BERRY, J. K.; 1993. Cartographic Modeling: the analytical Capabilities of GIS. In: Goodchild, M.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. (eds.). **Environmental modeling with GIS**. Oxford: Oxford University Press, 58-74 p.

BIODIESELBR.COM – Brasil **segue como quarto maior produtor mundial de biodiesel** – WWW.BIODIESELBR.COM – acesso em agosto de 2010.

BIODIESELBR.COM – **Produção Européia de biodiesel é confirmada e Brasil fica apenas em quinto, 2009**. Disponível em <http://www.biodieselbr.com> – Consulta realizada em julho de 2009. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BIODIESELBR.COM – **Brasil foi o segundo maior produtor de biodiesel do mundo, 2011**. Disponível em <http://www.biodieselbr.com> – Consulta realizada em agosto de 2011.

BORGES, F. J. **Inventário do ciclo de vida do PVC produzido no Brasil**. 174 p. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, USP, SP, 2004.

CALDEIRA-PIRES, A; SOUZA-PAULA, M.C. e VILLAS BÔAS, R. C. *A Avaliação do ciclo de vida: a ISO 14040 na América Latina* Brasília: Abipti, 2005. 377 p.

CIENTEC – **Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas- Sistema Biodiesel - Manual de Ajuda**-www.cintec.net – UFV, 2009 – Viçosa –MG.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000** – Rio de Janeiro: Qualymark Ed., CNI, 1997.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONAL, G. F.; RAMOS, L. P., 2000. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras.** Química Nova, vol. 23 (4), p. 531-537.

COSTA, R. E, E. E. S LORA, E YÃNEZ, e E. A TORRES. "The Energy Balance in the Production of Palm Oil Biodiesel - Two cases studies Brazil and Colombia ." www.svebio.se/attachments/33/295.pdf, 2006.

CURRAN, M. A. Environmental Life Cycle Assessment. Mc-Graw-Hill, 1996.

DOMINGOS, A. K – **Tecnologias de Produção de Biodiesel, Conferência Biodieselbr**, Curitiba, 2007 ENVI 4.5 – Enviroment for Visualizing Images – Research Systems, 2009.

DEDINE, Indústria de Base. Informações pessoais via email, São Paulo, 2008.

DENTAUÁ – Dendê do Tauá. Informações via questionários, visita técnica email prestadas pelos técnicos Paulo Yamaguchi e Rouso Filho, Santo Antonio do Tauá - PA, 2008.

ENVI 4.5 – **Enviroment for Visualizing Images** – Research Systems, 2009.

FAO. Food Balances Sheets. . **United Nations, Rome, Italy: Food Agriculture Organization**, 1999.

FIGUEIREDO, Paulo Jorge Moraes. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. 2. ed. São Paulo: Unimep, 1995.

FREITAS, R. C – **O Etanol quer virar o jogo** – Revista biodieselbr, Ano 2. Nº11. Jun/Jul 2009. p 41-44.

FREITAS, R. C – Da **Cozinha para a USINA**- Revista biodieselbr, Ano 1. Nº 4. Abril/Mai 2008. P 16-23.

FREITAS, R. C – **A Alquimia da Glicerina** - Revista biodieselbr, Ano 2. Nº 9. Fev/Mar 2009. P 26-30.

FROSCH R, GALLOPOULOS, N (1989): **Strategies for manufacturing**. Scientific American 261 (3) 94-102.

GAZZONI, D, P FELICE, e R. CORONATO. **“Balanço Energético da Cultura de Soja e Girassol para Produção de Biodiesel.”** Disponível em www.biodiesel.gov.br/docs/congresso_2006/agricultura/Balanço_energético.pdf, 2007. Consulta realizada em outubro de 2008.

GLOBAL MAPPER – **Sistema de Informação Geográfica** – GIS - conjunto de software desenvolvido pela golbalmapper.com, 2010.

GOLDEMBERG, J; NIGRO, F. E. B; COELHO, S. T. **Bioenergia no Estado de São Paulo**, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008 152p.

GOVER, M. P et. al. **“Alternative road transport fuels: a preliminary life-cycle study for the UK.”** *Energy Technology Support Unit, v. 1 and 2*, 1996.

GUIRRA, F. **Perfil da Indústria: Brasbiodiesel** - Revista biodieselbr, Ano 2. Nº 11. Jun/Jul 2009. p. 60-62.

HUNT, R.G. **Resource and environmental profile analysis of nine beverage container alternatives.** Washington: Midwest Research Institute for USEPA, 1974.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – **PROJETO PRODES (2008) – Monitoramento da Floresta Amazônica brasileira por Satélite** - www.obt.inpe.br/prodesigital.html - acesso em setembro de 2010.

KNOTHE, G, J. V GERPEN, J KRAHL, e L. P RAMOS. **Manual de Biodiesel.** São Paulo: Blucher, 2006.

KULAY, L. A. – **Uso da Análise do Ciclo de Vida para a Comparação do Desempenho Ambiental das Rotas Úmida e Térmica de Produção de Fertilizantes Fosfatados** – Tese de Doutorado- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LEI 11.097 – **Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira**, 2005. Disponível em [HTTP://WWW.ANEEL.GOV.BR/CEDOC/BLEI200511097.PDF](http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei200511097.pdf) Consulta realizada em outubro de 2008.

LIFSET, R. J. **Industrial Ecology and Life Cycle Assessment.** Int J LCA, Special Issue 1 (2006), 14-16.

MACEDO, G. A.; MACEDO, J. A., 2004. **Produção de biodiesel por transesterificação de óleos vegetais. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento.** São Paulo, v. 32, p. 38-46.

MACEDO, I. C. et. al. **Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil:** The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy*, vol 32(4), 2008.

MACEDO, J.L.V., RODRIGUES, R.M.I – Solos da Amazônia e o cultivo do Dendzeiro. In: **A cultura do dendzeiro na Amazônia brasileira**, EMBRAPA, Belém, 2000.

MACEDONIO, B. C, e S. A PICHIONE. **Metodologia para o Cálculo de Energia Fóssil no Processo de Produção Agropecuária.** Curitiba: Secretaria de Estado de Agricultura, 1985.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA . Balanço Energético Nacional, Brasília, 2008 Ano Base 2007. Disponível em: WWW.BEN.EPE.GOV.BR Consulta realizada em janeiro de 2009.

MORAES, V.H.F. - BASTOS T. Viabilidade e limitações climáticas para as culturas permanentes e anuais com possibilidades de epnsão na Amazônia Brasileira. In: **INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE.** Belém: IPEAN, 1972, P. 68-122. (Boletim Técnico, 54).

MORRETO, E; ALVES, R. F. **Óleos e Gorduras Vegetais: Processamento e Análises** – Florianópolis: Ed. da UFSC, 1986.

NEMECEK, T.; HEIL, A.; HUGUENIN, O.; MEIER, S.; ERZINGER, S.; BLASER, S.; DUX, D.; ZIMMERMANN, A., 2004. **Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent 2000 n° 15.** Agroscope FAL Reckenholz and FAT Taenikon, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dubendorf, CH

PARENTE, E. J. S. BIODIESEL: **Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado.** Fortaleza, 2003.

PETROBRÁS – BIOCOMBUSTÍVEIS, 2008.

PIMENTEL, D, e T. W PATZEK. **“Etanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower.”** *Natural resources Research*, v. 14 n° 1, March de 2005: 65-76.

PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in Agriculture.** Boca Raton: CRC Press, 1980.

PIRES, A; SOUZA-PAULA, M.C. de & VILLAS BÔAS, R.C. A **Avaliação do Ciclo de Vida: a ISO 14040 na América Latina.** Brasília: Abipti, 2005. 337 p.

RAMOS, L. P. – **Etanólise** , 2009. Disponível em **WWW.BIODIESELBR.COM-CONSULTA** realizada em Fevereiro de 2009.

RES. N° 7 – **CONSELHO NACIONAL DE ENERGIA, 1980.**

RES. Nº 2 – CNPE – **CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA – Estabelece 3% em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, 2008.** Disponível em HTTP://WWW.MME.GOV.BR/MME/MENU/CONSELHOS_COMITE/CNPE/RESOLUCOES_CNPE_2008.HTML Consulta realizada em novembro de 2008.

RES. Nº 2 – CNPE – **CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA – Estabelece em 4% volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, 2009.** Disponível em HTTP://WWW.MME.GOV.BR/MME/MENU/CONSELHOS_COMITE/CNPE/RESOLUCOES_CNPE_2008.HTML Consulta realizada em junho de 2010.

RES. Nº 6 – CNPE – **CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA – Estabelece em 5% em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, 2009.** Disponível em HTTP://WWW.MME.GOV.BR/MME/MENU/CONSELHOS_COMITE/CNPE/RESOLUCOES_CNPE_2008.HTML Consulta realizada em julho de 2010.

SETAC – **Society of Environmental Toxycology and Chemidtry** – Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice, Pensacola, 1993.

SECTAM - SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO PARÁ (SECTAM), – **Macrozoneamento Ecológico Econômico do Estado do Pará, 2008-Belém-Pará.**

SHEEHAN, J, V CAMOBRECO, J DUFFIELD, M GRABOSKI, e H and SHAPOURI. **An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles: Nrel/tp-580-24772.** U. S. Dept of Energy, 1998.

SHELL. Informações técnicas de lubrificantes Shell. 1991. p. 174.

SILVA, G.A.; RIBEIRO, P.H.; KULAY, L.A. – **Avaliação do Desempenho Ambiental dos Fertilizantes Químicos no Brasil** – XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Setembro, 2006. Santos-SP

SILVA, O.C.; STELLA, O.; VARKULYA A. et al. Potencial de Mitigação de Gases estufa pela indústria de óleo de palma visando a captação de recursos do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). In **Proceedings of the 3. Encontro de Energia no Meio Rural**, 2000, Campinas (SP, Brazil).

SISTER, GABRIEL – **Mercado de Carbono e Protocolo de Quioto**, 2007.

SONNEMANN, G.; CASTELLS, F.; SCHUHMACHER, M. **Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes**. Tarragona, Spain: Crc Press Llc, 2004. 392 p.

SOUZA, C.J.S. 1999. **Carta de vulnerabilidade a erosão como subsídio ao zoneamento econômico-ecológico em área intensamente antropizada**. São José dos Campos. 172p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento remoto). INPE.

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) NASA (National Aeronautics and Space Administration) - <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> - acesso em agosto de 2010.

STOUT, B. A. **Handbook for energy for World Agriculture**. New York: ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS LTD, 1990.

SUEHARA, K; KAWAMOTO, Y; FUJII, E; KOHDA, J. NAKANO, Y; YANO, T, 2005. **Biological Treatment of Wastewater Discharged from Biodiesel Fuel Production Plant with Alkali-Catalyzed Transesterification.** Journal of Bioscience and Bioengineering. V. 100, n. 4. Pages 437 – 442.

TORRES, E. A. **Combustão pulsativa da casca do dendê.** Dissertação – Escola Politécnica USP. 120 p. São Paulo, 1990.

USDA/NREL – **Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus - Final Report, 1998**

VEIGA, A. S, J. J FURLAN, e F. J. KALTNER. “Situação atual e perspectivas futuras da dendeicultura nas regiões produtoras: A Experiência do Brasil. In MULLER, A. A; FURLAN, J. J (Editores.) **Agronegócio do Dendê: Uma alternativa do social, econômica ambiental para o desenvolvimento da Amazônia.**” Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

VIANA, M. M – **Inventário do Ciclo de Vida do biodiesel etílico do óleo de girassol.** Dissertação –Escola Politécnica USP. 222 p. São Paulo, 2008.

WENZEL, H; HAUSCHILD, M; ALTING, L. **Environmental Assessment of Products.** Vol. 1 – Methodology, tools and case studies in product development. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, 2000.

WOOD, B. J, e R. H. V. CORLEY. "The Energy Balances of Oil Palm Cultivation." IN:
PORIM INTERNATIONAL PALM OIL CONFERENCE, Kuala Lumpur-Malaysia, 1991:
p. 130-143.

SEAGRI – Secretaria de Agricultura do Estado da Bahia, 2006.

WORLDWATCH INSTITUTE. **Biofuels for Transport: Global potential and implications for energy and agriculture**. Eartscan, 2007.

APÊNDICE

Tabela A1 - Mão de obra para implantação e manutenção de um hectare de dendê.

Atividades	Empresas	
	Dentauá h.h /ha-ano	Agropalma h.h /ha-ano
1 - PRÉ-VIVEIRO		
Mão de obra		
Enchimento de sacos	1,71	0,88
Semeadura de sementes	0,60	0,64
Preparação da área	8,00	6,00
Manutenção do pré-viveiro	0,00	0,00
2 – VIVEIRO		
Mão de obra		
Distribuição e enchimento de sacos	3,80	5,44
Preparação da área	8,00	6,00
Manutenção de viveiro	0,01	0,01
Carga e descarga de mudas	6,00	4,00
2 - PLANTIO DEFINITIVO		
Mão de obra		
Demarcação e balizamento	19,80	6,16
Plantio de puerária	0,80	0,72
Abertura de covas, plantio e aplicação de fosfato natural	15,92	15,20
Carga e descarga de mudas	6,00	4,00
Distribuição de mudas	7,63	24,00
3 – MANUTENÇÃO		
Coroamento	72,91	61,60
Rebaixamento	30,64	84,80
Adubação	11,44	1,28
Ronda fitossanitária	0,03	78,80
Poda para colheita	16,42	12,00
Colheita	5,12	96,00
Pessoal técnico-administrativo		
Técnico Agrícola	0,01	0,16
Capataz	0,03	0,016
Operador, Motorista	0,24	0,24
Administrativo	0,48	0,48
MÃO DE OBRA TOTAL EM HORAS/HA-ANO PARA CULTIVO DE DENDÊ	215,59	408,570

Tabela A2 - Inventário para extração de 1000 kg de petróleo e conversão para 2,84 kg de petróleo.

	Unid	Quantidade (1000 Kg)	Quantidade (2,84 Kg)
Entradas			
Petróleo	Kg	1,09E+03	3,10E+00
Carvão	Kg	4,66E-02	1,32E-04
Gás Natural	Kg	4,24E+01	1,20E-01
Energia	GJ	3,24E-04	9,20E-07
Combustíveis renováveis	kg	3,24E-01	9,20E-04
Urânio Natural	kg	1,14E-05	3,24E-08
Água	kg	2,25E+02	6,39E-01
Saídas			
Energia	GJ	9,29E-04	2,64E-06
Efluentes líquidos			
DBO	kg	3,34E-02	9,49E-05
DQO	kg	2,06E-01	5,85E-04
Metais pesados não especificados	kg	4,63E-06	1,31E-08
Hidrocarbonetos	kg	1,94E-03	5,51E-06
Efluentes líquidos não especificados	kg	3,23E-05	9,17E-08
Água residual	kg	3,13E-03	8,89E-06
Óleo não especificado	kg	8,26E-03	2,35E-05
Sólidos suspensos totais	kg	1,06E-01	3,01E-04
Emissões atmosféricas			
CO ₂	kg	1,63E+02	4,63E-01
CO	kg	3,23E-01	9,17E-04
Vapor d'água	kg	2,30E-01	6,53E-04
CH ₄	kg	2,58E+00	7,33E-03
Material particulado	kg	1,21E-01	3,44E-04
Resíduos Sólidos			
Resíduos não especificados	kg	3,48E-07	9,88E-10

Fonte: GABI 4 (2006); Autor (2008).

Tabela A3 - Inventário para o transporte marítimo de 1000 kg km de petróleo.

	Unidades	Quantidade
Entradas		
Óleo combustível	kg	7,35E-03
Óleo diesel	kg	6,30E-04
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
SO ₂	kg	3,70E-04
CO ₂	kg	2,32E-02
CO	kg	7,00E-05
NO _x	kg	4,40E-04
CxHy	kg	4,00E-05

Fonte: PRÉ-CONSULTANTS, 2006.

Tabela A4 - Inventário para produção de 1 kg de óleo diesel e 1 kg de óleo combustível.

	Unidade	Diesel Quantidade	Óleo Combustível Quantidade
Entradas			
Petróleo	Kg	1,03E+00	1,01E+00
Gás Natural	Kg	6,19E-02	
Carvão	Kg	5,10E-03	
Água	Kg	2,10E-01	
Energia	Kg		3,78E-01
Saídas			
Efluentes Líquidos			
DQO	Kg	1,00E-05	
DBO	Kg	5,00E-06	
Hidrogênio	Kg	3,00E-05	
Nitrogênio	Kg	1,00E-06	
Íons Metálicos	Kg	5,00E-06	
Cloretos	Kg	1,00E-05	
CxHy	Kg	2,00E-05	
Óleos não especificados	Kg		5,90E-06
Emissões Atmosféricas			
CO ₂	Kg	2,84E-01	
CO	Kg	8,00E-05	
NOx	Kg	2,90E-03	
CxHy	Kg	2,90E-03	
SOx	Kg	1,80E-03	
HCl	Kg	5,00E-06	
Metais não especificados	Kg	1,00E-06	
Material particulado	Kg	3,40E-04	
COV	Kg		1,76E-04
Resíduos Sólidos			
Resíduo inerte	Kg	2,20E-03	
Resíduo graxo	Kg		1,40E-02

Fonte: PRÉ-CONSULTANTS, 2006.

Tabela A5 - Inventário do transporte marítimo de 1000 kg km de petróleo importado.

	Unidade	Quantidade Diesel (1) 0,00063 Kg	Quantidade Óleo Combustível(2) 0,00735 Kg	Transporte(1)+(2) Quantidade
Entradas				
Petróleo	kg	6,50E-04	7,42E-03	8,07E-03
Gas Natural	kg	3,90E-05		3,90E-05
Carvão	kg	3,21E-06		3,21E-06
Água	kg	1,32E-04		1,32E-04
Energia	kg		2,78E-03	2,78E-03
Saídas				
Efluentes Líquidos				
DQO	kg	6,30E-09		6,30E-09
DBO	kg	3,15E-09		3,15E-09
Hidrogênio	kg	1,89E-08		1,89E-09
Nitrogênio	kg	6,30E-10		6,30E-10
Íons Metálicos	kg	3,15E-09		3,15E-09
Cloretos	kg	6,30E-09		6,30E-09
CxHy	kg	1,26E-08		1,26E-08
Óleos não especificados	kg		4,34E-08	4,34E-08
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	2,34E-02		2,34E-02
CO	kg	7,01E-05		7,01E-05
NOx	kg	4,42E-04		4,42E-04
CxHy	kg	4,18E-05		4,18E-05
SOx	kg	1,13E-06		1,13E-06
HCl	kg	3,15E-09		3,15E-09
Metais não especificados	kg	6,30E-10		6,30E-10
Material particulado	kg	2,14E-07		2,14E-07
COV	kg		1,29E-06	1,29E-06
Resíduos Sólidos				
Resíduo inerte	kg	1,39E-06		1,39E-06
Resíduo graxo	kg		1,03E-04	1,03E-04

Fonte: PRÉ-CONSULTANTS, 2006 - Adaptada para o consumo de diesel e óleo combustível no transporte marítimo.

Tabela A6 - Inventário consolidado do transporte marítimo de petróleo importado.

	Unid	Transporte (1)+(2) Quantidade (1000 Kg Km)	Transporte de 1Kg de petróleo por 13.300 Km	Transporte de 0,586 Kg de petróleo imp.
Entradas				
Petróleo	kg	8,07E-03	1,07E-01	6,27E-02
Gás Natural	kg	3,90E-05	5,19E-04	3,04E-04
Carvão	kg	3,21E-06	4,27E-05	2,50E-05
Água	kg	1,32E-04	1,76E-03	1,03E-03
Energia	kg	2,78E-03	3,70E-02	2,17E-02
Saídas				
Efluentes Líquidos				
DQO	kg	6,30E-09	8,38E-08	4,91E-08
DBO	kg	3,15E-09	4,10E-08	2,40E-08
Hidrogênio	kg	1,89E-09	2,51E-08	1,47E-08
Nitrogênio	kg	6,30E-10	8,38E-08	4,91E-08
Íons Metálicos	kg	3,15E-09	4,10E-08	2,40E-08
Cloretos	kg	6,30E-09	8,38E-08	4,91E-08
CxHy	kg	1,26E-08	1,68E-07	9,84E-08
Óleos não especificados	kg	4,34E-08	5,77E-07	3,38E-07
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	2,34E-02	3,11E-01	1,82E-01
CO	kg	7,01E-05	9,32E-04	5,46E-04
Nox	kg	4,42E-04	5,88E-03	3,45E-03
CxHy	kg	4,18E-05	5,56E-04	3,26E-04
SOx	kg	1,13E-06	1,50E-05	8,81E-06
HCl	kg	3,15E-09	4,19E-08	2,46E-08
Metais não especificados	kg	6,30E-10	8,38E-09	4,91E-09
Material particulado	kg	2,14E-07	2,85E-06	1,67E-06
COVNM	kg	1,29E-06	1,72E-05	1,01E-05
Resíduos Sólidos				
Resíduo inerte	kg	1,39E-06	1,85E-05	1,08E-05
Resíduo graxo	kg	1,03E-04	1,37E-03	8,03E-04

Tabela A7 - Inventário para o refino de 1 kg de petróleo nacional e importado e conversão para 2,62 kg.

	Unidades	Quantidade	Quantidade
Entradas			
Petróleo	kg	1,00E+00	2,62E+00
Energia elétrica	MJ	1,13E-01	2,96E-01
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
CO ₂	kg	8,31E-03	2,18E-02
CH ₄	kg	3,80E-05	9,96E-05
NO _x	kg	5,84E-06	1,53E-05
CO	kg	2,64E-05	6,92E-05
COVNM	kg	9,56E-04	2,50E-03
Material particulado	kg	1,02E-05	2,67E-05
SO _x	kg	4,88E-06	1,28E-05
Metil Carptano	kg	1,00E-08	2,62E-08
Hidrocarbonetos	kg	1,99E-08	5,21E-08
H ₂ S	kg	2,09E-07	5,48E-08
Efluentes Líquidos			
Na	kg	1,63E-05	4,27E-05
Cloretos	kg	2,43E-05	6,37E-05
Óleo não especificado	kg	7,11E-06	1,86E-05

Fonte: Vianna, 2006.

Tabela A8 - Inventário para a produção de 1 MJ de energia elétrica no Brasil e conversão para 0,296MJ.

	Unidades	Quantidade	Quantidade
Entradas			
Energia	MJ	1,58E+00	4,68E-01
Reservas Bióticas	kg	4,87E-03	1,44E-03
Carvão	kg	1,28E-02	3,79E-03
Gás Natural	kg	7,60E-04	2,25E-04
Petróleo	kg	1,21E-03	3,58E-04
Água	kg	1,16E-01	4,77E-02
Materiais Secundários	kg	9,00E-04	2,66E-04
Urânio	kg	1,80E-07	5,33E-08
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
CH ₄	kg	5,48E-05	1,62E-05
CO	kg	1,49E-04	4,41E-05
CO ₂	kg	1,78E-02	5,27E-03
Vapor de água	kg	2,30E-04	6,81E-05
Hidrocarbonetos	kg	7,50E-07	2,22E-07
Metais	kg	1,00E-11	2,96E-12
NH ₃	kg	6,00E-12	1,78E-12
COVNM	kg	7,28E-06	1,86E-06
NOx	kg	5,75E-04	1,70E-04
N ₂ O	kg	1,10E-05	3,26E-06
Material particulado	kg	6,72E-05	1,99E-05
SOx	kg	1,16E-04	3,43E-05
Radiatividade para o ar	KBq	9,77E-03	2,89E-03
Efluentes Líquidos			
DBO	kg	7,00E-08	2,07E-08
DQO	kg	1,30E-07	3,89E-07
Cl	kg	6,00E-11	1,78E-11
Metais pesados não especific	kg	1,80E-10	5,33E-10
Hidrocarbonetos	kg	3,00E-08	8,88E-09
Metais	kg	1,00E-08	2,96E-09
Compostos de nitrogênio	kg	4,50E-09	1,33E-09
Óleos e graxas	kg	1,40E-07	4,14E-08
Compostos de enxofre	kg	4,50E-10	1,33E-10
Ácidos	kg	1,70E-10	5,03E-11

Tabela A8 – continuação.

Sólidos dissolvidos totais	kg	5,00E-08	1,48E-08
Sólidos suspensos totais	kg	1,00E-07	2,96E-08
Radioatividade para água	KBq	1,51E-02	4,47E-03
Resíduos sólidos			
Resíduos sólidos	dm ³	1,34E-02	3,97E-03
Resíduos processuais	kg	1,07E-02	3,17E-03

Fonte: COLTRO, *et al.* (2003).

Tabela A9 - Inventário consolidado do refino de 2,62 kg de petróleo.

	Unid	Extração de 2,84 Kg de petróleo	Transp. de 0,586 Kg de petr import.	Refino de 2,62Kg de petróleo	Geração de 0,296 MJ de energia elétrica	Inventário consolidado do refino
Entradas						
Petróleo	kg	2,84E+00	6,27E-02		3,58E-04	2,90E+00
Carvão	kg	1,32E-04	2,50E-05		3,79E-03	3,95E-03
Gás Natural	kg	1,20E-01	3,04E-04		2,25E-04	1,21E-01
Energia	MJ	9,20E-07	2,17E-02		4,68E-01	4,90E-01
Combustíveis renováveis	kg	9,20E-04				9,20E-04
Água	kg	6,39E-01	1,03E-03		4,77E-02	6,88E-01
Reservas bióticas	kg				1,44E-03	1,44E-03
Materiais Secundários	kg				2,66E-04	2,66E-04
Urânio	kg	3,24E-08			5,33E-08	8,57E-08
Saídas						
Emissões Atmosféricas						
CO ₂	kg	4,63E-01	1,82E-01	2,18E-02	5,27E-03	6,72E-01
CO	kg	9,17E-04	5,46E-04	6,92E-05	4,41E-05	1,58E-03
CH ₄	kg	7,33E-03		9,96E-05	1,62E-05	7,45E-03
Vapor de água	kg	6,53E-04			6,81E-05	7,21E-04
Material particulado	kg	3,44E-04	1,67E-06	2,67E-05	1,99E-05	3,92E-04
CxHy	kg		3,26E-04	5,21E-08	2,22E-07	3,26E-04
Metais	kg		4,91E-08		2,96E-12	4,91E-08
NH ₃	kg				1,78E-12	1,78E-12
COVNM	kg		1,01E-05	2,50E-03	1,86E-06	2,51E-03
NOx	kg		3,45E-03	1,53E-05	1,70E-04	3,64E-03
N ₂ O	kg				3,26E-06	3,26E-06
SOx	kg		8,81E-06	1,28E-05	3,43E-05	5,59E-05
Metil Carptano	kg			2,62E-08		2,62E-08
HCl	kg		2,46E-03			2,46E-03
H ₂ S	kg			5,48E-08		5,48E-08
Radiotividade para o ar	KBq				2,89E-03	2,89E-03
Efluentes líquidos						
DBO	kg	9,49E-05	4,91E-08		2,07E-08	9,50E-05
DQO	kg	5,85E-04	2,40E-08		3,89E-07	5,85E-04
Metais pesados	kg	1,31E-08			5,33E-10	1,36E-08
CxHy	kg	5,51E-06	9,84E-08		8,88E-09	5,62E-06
Efluentes líquidos não esp	kg	9,17E-08				9,17E-08
Água residual	kg	8,89E-06				8,89E-06
Óleo não especificado	kg	2,35E-05	3,38E-07	1,86E-05		4,24E-05
Sólidos suspensos totais	kg	3,01E-04			2,96E-08	3,01E-04
Cl	kg		4,91E-08	6,37E-05	1,78E-11	6,37E-05
Íons metálicos	kg		2,40E-08			2,40E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg				1,48E-08	1,48E-08

Tabela A9 – continuação.

Na	kg			4,27E-05		4,27E-05
Ácidos	kg				5,03E-11	5,03E-11
Metais	kg				2,96E-09	2,96E-09
Compostos de nitrogênio	kg		4,91E-08		1,33E-09	5,04E-08
Óleos e graxas	kg				4,14E-08	4,14E-08
Compostos de enxofre	kg				1,33E-10	1,33E-10
Radioatividade para água	KBq				4,47E-03	4,47E-03
Resíduos sólidos						
Resíduos não especificados	kg	9,88E-10				9,88E-10
Resíduos inertes	kg		1,08E-05			1,08E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg		8,03E-04			8,03E-04
Resíduos no solo	dm³				3,97E-03	3,97E-03
Resíduos processuais	kg				3,17E-03	3,17E-03

Tabela A10 - Produção de derivados de petróleo e fatores de alocação.

	Produção de Derivados	Massa Específica	Produção de Derivados	Poder Calorífico	Valor Energético	Fator de Alocação
	(m³)	(kg/m³)	(kg)	(kcal/Kg)	(kcal)	%
Asfalto	2,126E+06	1040	2,211E+09	9.790	2,165E+13	2,49%
Coque	2,811E+06	1041	2,927E+09	8.390	2,456E+13	2,83%
Gasolina Automotiva	2,022E+07	740	1,496E+10	10.400	1,556E+14	17,90%
Gasolina de Aviação	6,797E+04	720	4,894E+07	10.600	5,187E+11	0,06%
GLP	8,313E+06	550	4,572E+09	11.100	5,075E+13	5,84%
Lubrificante	7,562E+05	880	6,655E+08	10.120	6,734E+12	0,77%
Nafta	8,134E+06	720	5,857E+09	10.630	6,225E+13	7,16%
Óleo combustível	1,496E+07	1000	1,496E+10	9.590	1,435E+14	16,51%
Óleo Diesel	4,065E+07	840	3,414E+10	10.100	3,449E+14	39,68%
Outros energéticos	2,049E+05	872	1,787E+08	10.200	1,823E+12	0,21%
Parafina	1,301E+05	864	1,124E+08	10.800	1,214E+12	0,14%
Querosene de Aviação	3,793E+06	790	2,997E+09	10.400	3,117E+13	3,59%
Querosene Iluminante	2,316E+04	790	1,829E+07	10.400	1,903E+11	0,02%
Solvente	4,782E+05	740	3,539E+08	10.550	3,734E+12	0,43%
Outros não energéticos	2,306E+06	873	2,014E+09	10.200	2,054E+13	2,36%
Total	1,050E+08		8,602E+10		8,691E+14	

Fonte: ANP, 2008.

Tabela A11 - Inventário consolidado para a produção de 1 kg de óleo diesel.

	Unidades	Inventário consolidado do refino	Inventário de 1kg de óleo diesel Alocação (39,68%)
Entradas			
Petróleo	kg	2,90E+00	1,15E+00
Carvão	Kg	3,95E-03	1,57E-03
Gás Natural	kg	1,21E-01	4,80E-02
Energia	MJ	4,90E-01	1,94E-01
Combustíveis renováveis	kg	9,20E-04	3,65E-04
Água	Kg	6,88E-01	2,73E-01
Reservas bióticas	kg	1,44E-03	5,71E-04
Materiais Secundários	kg	2,66E-04	1,06E-04
Urânio	Kg	8,57E-08	3,40E-08
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
CO ₂	kg	6,72E-01	2,67E-01
CO	kg	1,58E-03	6,27E-04
CH ₄	kg	7,45E-03	2,96E-03
Vapor de água	kg	kg	2,86E-04
Material particulado	Kg	3,92E-04	kg
CxHy	kg	3,26E-04	1,29E-04
Metais	kg	4,91E-08	1,95E-08
NH ₃	kg	1,78E-12	7,06E-13
COVNM	Kg	kg	9,96E-04
Nox	kg	3,64E-03	1,44E-03
N ₂ O	kg	3,26E-06	1,29E-06
SOx	kg	5,59E-05	1,17E-03
Metil Carptano	Kg	kg	1,04E-08
HCl	kg	2,46E-03	9,76E-04
H ₂ S	kg	5,48E-08	2,17E-08
Radiotividade para o ar	KBq	2,89E-03	1,15E-03
Efluentes líquidos			
DBO	kg	9,50E-05	3,77E-05
DQO	kg	5,85E-04	2,32E-04
Metais pesados	kg	1,36E-08	5,40E-09
CxHy	kg	5,62E-06	2,23E-06
Efluentes líquidos não esp	kg	9,17E-08	3,64E-08
Água residual	kg	8,89E-06	3,53E-06
Óleo não especificado	kg	4,24E-05	1,68E-05
Sólidos suspensos totais	kg	3,01E-04	1,19E-04
Cl	kg	6,37E-05	2,53E-05
Íons metálicos	kg	2,40E-08	9,52E-09

Tabela A11 – continuação.

Sólidos dissolvidos totais	kg	1,48E-08	5,87E-09
Na	kg	4,27E-05	1,69E-05
Ácidos	kg	5,03E-11	2,00E-11
Metais	kg	2,96E-09	1,17E-09
Compostos de nitrogênio	kg	5,04E-08	2,00E-08
Óleos e graxas	kg	4,14E-08	1,64E-08
Compostos de enxofre	kg	1,33E-10	5,28E-11
Radioatividade para água	KBq	4,47E-03	1,77E-03
Resíduos sólidos			
Resíduos não especificados	kg	9,88E-10	3,92E-10
Resíduos inertes	kg	1,08E-05	4,29E-06
Resíduos sólidos oleosos	kg	8,03E-04	3,19E-04
Resíduos no solo	dm ³	3,97E-03	1,58E-03
Resíduos processuais	kg	3,17E-03	1,26E-03

Tabela A12 - Inventários para a produção de 1000 kg de cada um dos fertilizantes N, P_2O_5 e K_2O .

	Unid	N (1000 Kg)	P_2O_5 (1.000 Kg)	K_2O (1.000 Kg)
Entradas				
Eletricidade	GJ	3,64E+01	4,12E+00	
Gás Natural	GJ	9,63E+00		3,76E+00
Vapor	GJ	1,03E+01		
Combustível fóssil	GJ		1,64E+00	
Óleo diesel	GJ			5,43E+00
Petróleo	kg	4,12E+02		
Gás Natural	kg	9,96E+02		
Ar	kg	2,01E+01		
Água	kg	7,54E+01	5,29E+04	1,65E+03
Rocha fosfática bruta	kg		2,55E+04	
Enxofre elementar	kg		7,16E+02	
Rocha potássica (silvinita)	kg			1,89E+03
Materiais Secundários	kg			1,01E+01
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
Material particulado	kg	2,62E+00	2,00E-01	2,06E+00
CO	kg	1,60E-01	1,10E-01	1,95E+00
CO ₂	kg	2,25E+03	2,10E+02	9,14E+02
SOx	kg	6,00E-01	2,94E+00	3,49E+00
NOx	kg	1,56E+00	3,12E+00	4,57E+00
CxHy	kg	1,10E-04	3,40E-01	1,04E+00
CH ₄	kg	9,20E-01		1,45E+00
H ₂ S	kg	6,29E-04		
HF	kg		6,00E-02	
Fluoretos	kg		3,91E-01	
Efluentes Líquidos				
Compostos de nitrogênio	kg	4,80E-01		6,00E-04
Compostos de enxofre	kg	9,90E-05		1,25E+01
Compostos orgânicos totais	kg	1,91E-04		
Sólidos dissolvidos totais	kg		4,23E+04	
Fosfato	kg		1,09E+01	
DBO	kg			2,00E-02
DQO	kg			1,00E-02
Na ⁺	kg			7,36E+01

Tabela A12 – continuação.

K ⁺	kg			1,61E+00
Cloretos	kg			1,26E+02
Ca ²⁺	kg			2,09E+00
Mg ²⁺	kg			1,21E+01
Resíduos sólidos				
Enxofre	kg	1,21E-05		
Catalisador usado	kg	2,50E-01	5,00E+01	
Magnetita	kg		4,18E+03	
Lama	kg		3,69E+03	
Resíduos não apatítico	kg		1,26E+04	
Resíduos sólidos minerais	kg			4,58E+03
Emissões não materiais				
Vapor	GJ	1,76E+00		

Fonte: SILVA; RIBEIRO e KULAY, 2006; KULAY, 2004

Tabela A13 – Inventário parcial dos fertilizantes para o cultivo de 1 ha-ano de dendê na empresa Dentaúá.

	Unid	N (64,35 Kg)	P ₂ O ₅ (42,90 Kg)	K ₂ O (107,25 Kg)	Inventário parcial fertilizantes
Entradas					
Eletricidade	GJ	2,34E+00	1,77E-01		2,52E+00
Gás Natural	GJ	6,20E-01		4,03E-01	1,02E+00
Vapor	GJ	6,63E-01			6,63E-01
Combustível fóssil	GJ		7,04E-02		7,04E-02
Óleo diesel	GJ			5,82E-01	5,82E-01
Petróleo	kg	2,65E+01			2,65E+01
Gás Natural	kg	6,41E+01			6,41E+01
Ar	kg	1,29E+00			1,29E+00
Água	kg	4,85E+00	2,27E+03	1,77E+02	2,45E+03
Rocha fosfática bruta	kg		1,09E+02		1,09E+02
Enxofre elementar	kg		3,07E+01		3,07E+01
Rocha potássica (silvinita)	kg			2,03E+02	2,03E+02
Materiais Secundários	kg			1,08E+00	1,08E+00
Saídas					
Emissões Atmosféricas					
Material particulado	kg	1,69E-01	8,58E-03	2,21E-01	3,98E-01
CO	kg	1,03E-02	4,72E-03	2,09E-01	2,24E-01
CO ₂	kg	1,45E+02	9,01E+00	9,80E+01	2,52E+02
SO _x	kg	3,86E-02	1,26E-01	3,74E-01	5,39E-01
NO _x	kg	1,00E-01	1,34E-01	4,90E-01	7,24E-01
C _x H _y	kg	7,08E-06	1,46E-02	1,12E-01	1,26E-01
CH ₄	kg	5,92E-02		1,56E-01	2,15E-01
H ₂ S	kg	4,05E-05			4,05E-05
HF	kg		2,57E-03		2,57E-03
Fluoretos	kg		1,68E-02		1,68E-02
Efluentes Líquidos					
Compostos de nitrogênio	kg	3,09E-02			3,09E-02
Compostos de enxofre	kg	6,37E-06			6,37E-06

Tabela A13 – continuação.

Compostos orgânicos totais	kg	1,23E-05			1,23E-05
Sólidos dissolvidos totais	kg		1,81E+03		1,81E+03
Fosfato	kg		4,68E-01		4,68E-01
DBO	kg			8,58E-04	8,58E-04
DQO	kg			1,07E-03	1,07E-03
Na ⁺	kg			7,89E+00	7,89E+00
K ⁺	kg			1,73E-01	1,73E-01
Cloretos	kg			1,35E+01	1,35E+01
Ca ²⁺	kg			2,24E-01	2,24E-01
Mg ²⁺	kg			1,30E-01	1,30E-01
Resíduos sólidos					
Enxofre	kg	7,79E-07			7,79E-07
Catalisador usado	kg	1,61E-02	2,15E+00		2,16E+00
Magnetita	kg		1,79E+02		1,79E+02
Lama	kg		1,58E+02		1,58E+02
Resíduos não apatítico	kg		5,41E+02		5,41E+02
Resíduos sólidos minerais	kg			4,91E+02	4,91E+02
Emissões não materiais					
Vapor	GJ	1,13E-01			1,13E-01

Tabela A14 - Inventário parcial para a produção de fertilizantes para o cultivo de 1 ha-ano de dendê na empresa Agropalma.

	Unid	N (83,30 Kg)	P ₂ O ₅ (83,30 Kg)	K ₂ O (191,60 Kg)	Inventário Parcial Fertilizantes
Entradas					
Eletricidade	GJ	3,03E+00	3,43E-01		3,38E+00
Gás Natural	GJ	8,02E-01		7,20E-01	1,52E+00
Vapor	GJ	8,58E-01			8,58E-01
Combustível fóssil	GJ		1,37E-01		1,37E-01
Óleo diesel	GJ			1,04E+00	1,04E+00
Petróleo	kg	3,43E+01			3,43E+01
Gás Natural	kg	8,30E+01			8,30E+01
Ar	kg	1,67E+00			1,67E+00
Água	kg	6,28E+00	4,41E+03	3,16E+02	4,73E+03
Rocha fosfática bruta	kg		2,12E+06		2,12E+06
Enxofre elementar	kg		5,96E+01		5,96E+01
Rocha potássica (silvinita)	kg			3,62E+02	3,62E+02
Materiais Secundários	kg			1,94E+00	1,94E+00
Saídas					
Emissões Atmosféricas					
Material particulado	kg	2,18E-01	1,67E-02	3,95E-01	6,30E-01
CO	kg	1,33E-02	9,16E-03	3,74E-01	3,96E-01
CO ₂	kg	1,87E+02	1,75E+01	1,75E+02	3,80E+02
SO _x	kg	5,00E-02	2,45E-01	6,69E-01	9,64E-01
NO _x	kg	1,30E-01	2,60E-01	8,76E-01	1,27E+00
C _x H _y	kg	9,16E-06	2,83E-02	1,99E-01	2,28E-01
CH ₄	kg	7,66E-02		2,78E-01	3,54E-01
H ₂ S	kg	5,24E-05			5,24E-05
HF	kg		5,00E-03		5,00E-03
Fluoretos	kg		3,26E-02		3,26E-02
Efluentes Líquidos					
Compostos de nitrogênio	kg	4,00E-02		1,15E-04	4,01E-02
Compostos de enxofre	kg	8,25E-06		2,40E+00	2,40E+00
Compostos orgânicos totais	kg	1,59E-05			1,59E-05
Sólidos dissolvidos totais	kg		3,52E+03		3,52E+03
Fosfato	kg		9,08E-01		9,08E-01

Tabela A14 – continuação.

DBO	kg			3,83E-03	3,83E-03
DQO	kg			1,92E-03	1,92E-03
Na ⁺	kg			1,41E+01	1,41E+01
K ⁺	kg			3,08E-01	3,08E-01
Cloretos	kg			2,41E+01	2,41E+01
Ca ²⁺	kg			4,00E-01	4,00E-01
Mg ²⁺	kg			2,32E+00	2,32E+00
Resíduos sólidos					
Enxofre	kg	1,01E-06			1,01E-06
Catalisador usado	kg	2,08E-02	4,17E+00		4,19E+00
Magnetita	kg		3,48E+02		3,48E+02
Lama	kg		3,07E+02		3,07E+02
Resíduos não apatítico	kg		1,05E+03		1,05E+03
Resíduos sólidos minerais	kg			8,78E+02	8,78E+02
Emissões materiais					
Vapor	GJ	1,47E-01			1,47E-01

Tabela A15 - Fatores de emissão para a queima de 1 kg de Diesel.

Emissões	Unidades	Quantidades
CO ₂	kg	3,19E+00
CO	kg	1,35E-02
CxHy	kg	3,59E-03
NOx	kg	3,76E-02
Mat. Particulado	kg	1,73E-03
SO ₂	kg	5,07E-03
CH ₄	kg	1,78E-04
N ₂ O	kg	8,03E-05

Fonte: SHEEHAN *et al.* (1998).

Tabela A16 - Inventário consolidado dos fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê na Dentauá

	Unid	Produção de 13,8 Kg de óleo diesel	Queima de 13,8 Kg de óleo diesel	Produção de 2,52 GJ de energia elet.	Inventário parcial dos Fertilizantes	Inventário consolidado fertilizantes
Entradas						
Petróleo	kg	1,59E+01		3,05E+00	2,65E+01	4,54E+01
Carvão	kg	2,17E-02		3,23E+01		3,23E+01
Gás Natural	kg	6,62E-01		1,92E+00	1,02E+00	3,60E+00
Energia	MJ	2,68E+00		3,98E+03		3,98E+03
Vapor	GJ				6,63E-01	6,63E-01
Combustíveis renováveis	kg	5,04E-03				5,04E-03
Combustível fóssil	GJ				7,04E-02	7,04E-02
Ar	kg				1,29E+00	1,29E+00
Água	kg	3,77E+00		4,03E+02	2,45E+03	2,86E+03
Rocha fosfática bruta	kg				1,09E+02	1,09E+02
Enxofre elementar	kg				3,07E+01	3,07E+01
Rocha potássica	kg				2,03E+02	2,03E+02
Reservas bióticas	kg	7,88E-03				7,88E-03
Materiais Secundários	kg	1,44E-03		2,27E+00	1,08+00	3,35E+00
Urânio	kg	4,69E-07		4,54E-04		4,54E-04
Saídas						
Emissões Atmosféricas						
CO ₂	kg	3,68E+00	4,40E+01	4,49E+01	2,52E+02	3,45E+02

Tabela A16 – continuação.

CO	kg	8,65E-03	1,86E-01	3,75E-01	2,24E-01	7,94E-01
CH ₄	kg	4,08E-02	2,46E-03	1,38E-01	2,15E-01	3,96E-01
Vapor de água	kg	3,95E-03		5,80E-01		5,84E-01
Material particulado	kg	2,15E-03	2,39E-02	1,69E-01	3,98E-01	5,93E-01
CxHy	kg	1,78E-03	4,95E-02	1,89E-03	1,26E-01	1,79E-01
Metais	kg	2,69E-07		2,52E-08		2,94E-07
NH ₃	kg	9,74E-12		1,51E-08		1,51E-08
COVNM	kg	1,37E-02		1,83E-02		3,21E-02
NOx	kg	1,99E-02	5,19E-01	1,45E+00	7,24E-01	2,71E+00
N ₂ O	kg	1,78E-05	1,11E-03	2,77E-02		2,88E-02
SOx	kg	1,61E-02	7,00E-01	2,92E-01	5,39E-01	1,55E+00
Metil Carptano	kg	1,44E-07				1,44E-07
HCl	kg	1,35E-02				1,35E-02
H ₂ S	kg	2,99E-07			4,05E-05	4,08E-05
HF	kg				2,57E-03	2,57E-03
Fluoretos	kg				1,68E-02	1,68E-02
Radioatividade para o ar	KBq	1,59E-02		2,46E+01		2,46E+01
Efluentes líquidos						
DBO	kg	5,20E-04		1,76E-04	8,58E-04	1,55E-03
DQO	kg	3,20E-03		3,28E-04	1,07E-03	4,60E-03
Metais pesados	kg	7,45E-08		4,54E-07		5,28E-07

Tabela A16 – continuação.

CxHy	kg	3,08E-05		7,56E-05		1,06E-04
Efluentes líquidos não esp	Kg	5,02E-07				5,02E-07
Água residual	kg	4,87E-05				4,87E-05
Óleo não especificado	kg	2,32E-04				2,32E-04
Sólidos suspensos totais	kg	1,64E-03		2,52E-04		1,89E-03
Cl ⁻	kg	3,49E-04		1,51E-07	1,35E+01	1,35E+01
Íons metálicos	kg	1,31E-07				1,31E-07
Sólidos dissolvidos totais	kg	8,10E-08		1,26E-04	1,81E+03	1,81E+03
Fosfato	kg				4,68E-01	4,68E-01
Na ⁺	kg	2,28E-04			7,89+00	2,28E-04
K ⁺	kg				1,73E-01	1,73E-01
Ca ₂ ⁺	kg				2,24E-01	2,24E-01
Mg ₂ ⁺	kg				1,30E-01	1,30E-01
Ácidos	kg	2,76E-10		4,28E-07		4,29E-07
Metais	kg	1,61E-08		2,52E-05		2,52E-05
Compostos de nitrogênio	kg	2,76E-07		1,13E-05	3,09E-02	3,09E-02
Óleos e graxas	kg	2,26E-07		3,53E-04		3,53E-04
Compostos de enxofre	kg	1,52E-10		1,13E-05	6,37E-06	1,77E-05
Compostos orgânicos totais	kg				1,23E-05	1,23E-05
Radioatividade para água	KBq	2,44E-02		3,81E+01		3,81E+01

Tabela A16 – continuação.

Resíduos sólidos						
Resíduos não especificados	kg	5,41E-09				5,41E-09
Resíduos inertes	kg	5,92E-05				5,29E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	4,40E-03				4,40E-03
Resíduos no solo	dm³	2,18E-02				2,18E-02
Resíduos processuais	Kg	1,74E-02				1,74E-02
Enxofre	Kg				7,79E-07	7,79E-07
Catalisador usado	kg				2,16E+00	2,16E+00
Resíduo da mineração	kg				4,91E+02	4,91E+02
Magnetita	dm³				1,79E+02	1,79E+02
Lama	kg				1,58E+02	1,58E+02
Resíduo não apatítico	kg				5,41E+02	5,41E+02
Emissões Materiais						
Vapor	GJ				1,13E-01	1,13E-01

Tabela A17 - Inventário consolidado dos fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê Agropalma.

	Unid	Produção de 24,6 Kg de óleo diesel	Queima de 24,6 Kg de óleo diesel	Produção de 3,38 GJ de energia elet.	Inventário parcial dos fertilizantes	Inventário Consolidado Fertilizantes
Entradas						
Petróleo	kg	2,83E+01		4,09E+00	3,43E+01	6,67E+01
Carvão	kg	3,86E-02		4,33E+01		4,33E+01
Gás Natural	kg	1,18E+00		2,57E+00	1,52E+00	5,27E+00
Energia	MJ	4,77E+00		5,34E+03		5,35E+03
Vapor	GJ				8,58E-01	8,58E-01
Combustíveis renováveis	kg	8,98E-03				8,98E-03
Combustível fóssil	kg				1,37E-01	1,37E-01
Ar	kg				1,67E+00	1,67E+00
Água	kg	6,72E+00		5,41E+02	4,73E+03	5,28E+03
Rocha fosfática bruta	kg				2,12E+06	2,12E+06
Enxofre elementar	kg				5,96E+01	5,96E+01
Rocha potássica	kg				3,62E+02	3,62E+02
Reservas bióticas	kg	1,40E-02				1,40E-02
Materiais Secundários	kg	2,61E-03		3,04E+00	1,94E+00	4,98E+00
Urânio	kg	8,36E-07		6,08E-04		6,09E-04
Saídas						
Emissões Atmosféricas						
CO ₂	kg	6,57E+00	7,85E+01	6,02E+01	3,80E+02	5,25E+02
CO	kg	1,54E-02	3,32E-01	5,04E-01	3,96E+01	4,05E+01
CH ₄	kg	7,28E-02	4,38E-03	1,85E-01	3,54E-01	6,16E-01
Vapor de água	kg	7,04E-03		7,77E-01		7,84E-01
Material particulado	kg	3,84E-03	4,26E-02	2,27E-01	6,30E-01	9,04E-01
CxHy	kg	3,17E-03	8,83E-02	2,54E-03	2,28E-01	3,22E-01
Metais	kg	4,80E-07		3,38E-08		5,14E-07
NH ₃	kg	1,74E-11		2,03E-08		2,03E-08
COVNM	kg	2,45E-02		2,46E-02		4,91E-02
NOx	kg	3,54E-02	9,25E-02	1,94E+00	1,27E+00	3,34E+00
N ₂ O	kg	3,17E-05	1,98E-03	3,72E-02		3,92E-02
SOx	kg	2,88E-02	1,25E-01	3,92E-01	9,64E-01	1,51E+00
Metil Carptano	kg	2,56E-07				2,56E-07

Tabela A17 – continuação.

HCl	kg	2,40E-02				2,40E-02
H ₂ S	kg	5,34E-07			5,24E-05	5,29E-05
HF	kg				5,00E-03	5,00E-03
Fluoretos	kg				3,26E-02	3,26E-02
Radioatividade para o ar	KBq	2,83E-02		3,30E+01		3,31E+01
Efluentes líquidos						
DBO	kg	9,27E-04		2,37E-04	1,92E-03	3,08E-03
DQO	kg	5,71E-03		4,39E-04	1,41E+01	1,41E+01
Metais pesados	kg	1,33E+03		6,08E-07		1,33E+03
CxHy	kg	5,49E-05		1,01E-04		1,56E-04
Efluentes líquidos não esp	kg	8,95E-07				8,95E-07
Água residual	kg	8,93E-05				8,93E-05
Óleo não especificado	kg	4,13E-04				4,13E-04
Sólidos suspensos totais	kg	2,93E-03		3,38E-04		3,27E-03
Cl ⁻	kg	6,22E-04		2,03E-07	2,41E+01	2,41E+01
Íons metálicos	kg	2,34E-07				2,34E-07
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,44E-08		1,69E-04	2,52E+03	2,52E+03
Fosfato	kg				9,08E+01	9,08E+01
Na ⁺	kg	4,06E-04			1,41E+01	1,41E+01
K ⁺	kg				3,08E-01	3,08E-01
Ca ₂ ⁺	kg				4,00E-01	4,00E-01
Mg ₂ ⁺	kg				2,32E+00	2,32E+00
Ácidos	kg	4,92E-10		5,75E-07		5,75E-07
Metais	kg	2,88E-08		3,38E-05		3,38E-05
Compostos de nitrogênio	kg	4,92E-07		1,52E-05	4,01E-02	4,01E-02
Óleos e graxas	kg	4,03E-07		4,73E-04		4,74E-04
Compostos de enxofre	kg	2,71E-10		1,52E-05	2,40E+00	2,40E+00
Compostos orgânicos totais					1,59E-05	1,59E-05
Radioatividade para água	KBq	4,35E-02		5,10E+01		5,11E+01
Resíduos sólidos						
Resíduos não especificados	kg	9,64E-09				9,64E-09
Resíduos inertes	kg	1,06E-04				1,06E-04
Resíduos sólidos oleosos	kg	7,85E-03				7,85E-03

Tabela A17 – continuação.

Resíduos no solo	dm³	3,89E-02				3,89E-02
Resíduos processuais	kg	3,10E-02				3,10E-02
Enxofre	kg				1,01E-06	1,01E-06
Catalisador usado	kg				4,19E+00	4,19E+00
Resíduo da mineração	kg				8,78E+02	8,78E+02
Magnetita	dm³				3,48E+02	3,48E+02
Lama	kg				3,07E+02	3,07E+02
Resíduo não apatítico	kg				1,05E+03	1,05E+02
Emissões Materiais						
Vapor	GJ				1,47E-01	1,47E-01

Tabela A18 - Inventário do transporte marítimo de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de Dende na Dentaúá.

	Unid	Transp (1+2) Quantidade (1000 kg Km)	Transp de 64,35 kg de N por 8227 Km	Transporte de 42,90 kg de P ₂ O ₅ por 8227 Km	Transporte de 107,25 kg de K ₂ O por 8227 Km	Transp. de fertilizantes Total
Entradas						
Petróleo	Kg	8,07E-03	4,27E+00	2,85E+00	7,12E+0	1,42E 01
Gas Natural	Kg	3,90E-05	2,06E-02	1,38E-02	3,44E-02	6,88E-02
Carvão	Kg	3,21E-06	1,70E 03	1,13E-03	2,83E-03	5,66E-03
Água	Kg	1,32E-04	6,99E-02	4,66E-02	1,16E-01	2,33E-01
Energia	Kg	2,78E-03	1,47E+00	9,81E-01	2,45E+00	4,91E+00
Saídas						
Efluentes Líquidos						
DQO	Kg	6,30E-09	3,34E-06	2,22E-06	5,56E-06	1,11E-05
DBO	Kg	3,15E-09	1,67E-06	1,11E-06	2,78E-06	5,56E-06
Hidrogênio	Kg	1,89E-09	1,00E-06	6,67E-07	1,67E-06	3,34E-06
Nitrogênio	Kg	6,30E-10	3,34E-07	2,22E-07	5,56E-07	1,11E-06
Íons Metálicos	Kg	3,15E-09	1,67E-06	1,11E-06	2,78E-06	5,56E-06
Cloretos	Kg	6,30E-09	3,34E-06	2,22E-06	5,56E-06	1,11E-05
CxHy	Kg	1,26E-08	6,67E-06	4,45E-06	1,11E-05	2,22E-05
Óleos não especificados	Kg	4,34E-08	2,30E-05	1,53E-05	3,83E-05	7,66E-05
Emissões Atmosféricas						
CO ₂	Kg	2,34E-02	1,24E+01	8,26E+00	2,06E+01	4,13E+01
CO	Kg	7,0 E-05	3,71E-02	2,47E-02	6,19E-02	1,24E-01
NOx	Kg	4,42E-04	2,34E-01	1,56E-01	3,90E-01	7,80E-01
CxHy	Kg	4,18E-05	2,21E-02	1,48E-02	3,69E-02	7,38E-02
SOx	Kg	1,13E-06	5,98E-04	3,99E-04	9,97E-04	1,99E-03
HCl	Kg	3,15E-09	1,67E-06	1,11E-06	2,78E-06	5,56E-06
Metais não especificados	Kg	6,30E-10	3,34E-07	2,22E-07	5,56E-07	1,11E-06
Material particulado	Kg	2,14E-07	1,13E-04	7,55E-05	1,89E-04	3,78E-04
COVNM	Kg	1,29E-06	6,83E-04	4,55E-04	1,14E-03	2,28E-03
Resíduos sólidos						
Resíduo inerte	Kg	1,39E-06	7,36E-04	4,91E-04	1,23E-03	2,45E-03
Resíduo graxo	Kg	1,03E-04	5,45E-02	3,64E-02	9,09E-02	1,82E-01

Tabela A19 - Inventário do transporte marítimo de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê na Agropalma

	Unid	Transp (1+2) Quantidade (1000 kg Km)	Transp de 83,30 kg de N por 8227 Km	Transp de 83,30 kg de P ₂ O ₅ por 8227 Km	Transp de 191,60 kg de K ₂ O por 8227 Km	Transp de fertilizantes Total
Entradas						
Petróleo	kg	8,07E-03	5,53E+00	5,53E+00	1,27E+01	2,38E+01
Gas Natural	kg	3,90E-05	2,67E-02	2,67E-02	6,15E-02	1,15E-01
Carvão	kg	3,21E- 6	2,20E-03	2,20E-03	5,06E-03	9,46E-03
Água	kg	1,32E-04	9,05E-02	9,05E-02	2,08E-01	3,89E-01
Energia	kg	2,78E-03	1,91E+00	1,91E+00	4,38E+00	8,19E+00
Saídas						
Efluentes Líquidos						
DQO	kg	6,30E-09	4,32E-06	4,32E-06	9,93E-06	1,86E-05
DBO	kg	3,15E-09	2,16E-06	2,16E-06	4,97E-06	9,28E-06
Hidrogênio	kg	1,89E-09	1,30E-06	1,30E-06	2,98E-06	5,57E-06
Nitrogênio	kg	6,30E-10	4,32E-07	4,32E-07	9,93E-07	1,86E-06
Íons Metálicos	kg	3,15E-09	2,16E-06	2,16E-06	4,97E-06	9,28E-06
Cloretos	kg	6,30E-09	4,32E-06	4,32E-06	9,93E-06	1,86E-05
CxHy	kg	1,26E-08	8,63E-06	8,63E-06	1,99E-05	3,71E-05
Óleos não especificados	kg	4,34E-08	2,97E-05	2,97E-05	6,84E-05	1,28E-04
Emissões Atmosféricas						
CO ₂	kg	2,34E-02	1,60E+01	1,60E+01	3,69E+01	6,90E+01
C	kg	7,01E-05	4,80E-02	4,80E-02	1,10E-01	2,07E-01
NOx	kg	4,42E-04	3,03E-01	3,03E-01	6,97E-01	1,30E+00
CxHy	kg	4,18E-05	2,86E-02	2,86E-02	6,59E-02	1,23E-01
SOx	kg	1,13E-06	7,74E-04	7,74E-04	1,78E-03	3,33E+03
HCl	kg	3,15E-09	2,16E-06	2,16E-06	4,97E-06	9,28E-06
Metais não especificados	kg	6,30E-10	4,32E-07	4,32E-07	9,93E-07	1,86E-06
Material particulado	kg	2,14E-07	1,47E-04	1,47E-04	3,37E-04	6,31E-04
COVNM	kg	1,29E-06	8,84E-04	8,84E-04	2,03E-03	3,80E-03
Resíduos Sólidos						
Resíduo inerte	kg	1,39E-06	9,53E-04	9,53E-04	2,19E-03	4,10E-03
Resíduo graxo	kg	1,03E-04	7,06E-02	7,06E-02	1,62E-01	3,04E-01

Tabela A20 - Inventário do transporte terrestre de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê no trecho Barcarena-Dentauá

	Unid	Transporte de 1 tKm de Fertilizantes	Transporte de 64,35 kg de N por 147 Km	Transporte de 42,90 kg de P ₂ O ₅ por 147 Km	Transporte de 107,25 kg de K ₂ O por 147 Km	Transporte terrestre de Fertilizantes
Entradas						
Diesel	kg	4,30E-02	4,07E-01	2,71E-01	6,78E-01	1,36E+00
Saídas						
Emissões Atmosféricas						
SO _x	kg	1,12E-04	1,06E-03	7,06E-04	1,77E-04	1,94E-03
NO _x	kg	1,72E-03	1,63E-02	1,08E-02	2,71E-03	2,98E-02
CO ₂	kg	1,35E-01	1,28E+00	8,51E-01	2,13E-01	2,34E+00
CO	kg	3,74E-04	3,54E-03	2,36E-03	5,90E-04	6,49E-03
N ₂ O	kg	1,89E-05	1,79E-04	1,19E-04	2,98E-05	3,28E-04
COVNM	kg	1,85E-04	1,75E-03	1,17E-03	2,92E-04	3,21E-03
CH ₄	kg	5,59E-06	5,29E-05	3,53E-05	8,81E-06	9,69E-05
Mat. Particulado	kg	9,46E-05	8,95E-04	5,97E-04	1,49E-04	1,64E-03

Tabela A21 - Inventário do transporte terrestre de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê no trecho Barcarena-Agropalma.

	Unid	Transporte de 1 tKm de fertilizantes	Transporte de 83,30 kg de N por 124 Km	Transporte de 83,30 kg de P ₂ O ₅ por 124 Km	Transporte de 191,60 de K ₂ O por 124 Km	Transporte terrestre de Fertilizantes
Entradas						
Diesel	kg	4,30E-02	4,44E-01	4,44E-01	1,02E+00	1,91E+00
Saídas						
Emissões Atmosféricas						
SOx	kg	1,12E-04	1,16E-03	1,16E-03	2,66E-03	4,97E-03
NOx	kg	1,72E-03	1,78E-02	1,78E-02	4,08E-03	3,96E-02
CO ₂	kg	1,35E-01	1,39E+00	1,39E+00	3,20E-01	3,11E+00
CO	kg	3,74E-04	3,86E-03	3,86E-03	8,87E-04	8,61E-03
N ₂ O	kg	1,89E-05	1,95E-04	1,95E-04	4,48E-05	4,35E-04
COVNM	kg	1,85E-04	1,91E-03	1,91E-03	4,39E-04	4,26E-03
CH ₄	kg	5,59E-06	5,77E-05	5,77E-05	1,33E-05	1,29E-04
Mat. Particulado	kg	9,46E-05	9,77E-04	9,77E-04	2,24E-04	2,18E-03

Tabela A22 - Inventário consolidado do transporte terrestre de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê na Dentaúá.

	Unidade	Produção de 1,36 kg de óleo diesel	Transporte terrestre de fertilizantes	Inventário consolidado do Transp. Terrestre
Entradas				
Petróleo	kg	1,56E+00		1,56E+00
Carvão	kg	2,14E-03		2,14E-03
Gás Natural	kg	6,53E-02		6,53E-02
Energia	MJ	2,64E-01		2,64E-01
Combustíveis renováveis	kg	4,96E-04		4,96E-04
Água	kg	3,71E-01		3,71E-01
Reservas bióticas	kg	7,77E-04		7,77E-04
Materiais Secundários	kg	1,44E-04		1,44E-04
Urânio	kg	4,62E-08		4,62E-08
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	3,63E-01	2,34E+00	2,70E+00
CO	kg	8,53E-04	6,49E-03	7,34E-03
CH ₄	kg	4,03E-03	9,69E-05	4,12E-03
Vapor de água	kg	3,89E-04		3,89E-04
Material particulado	kg	2,12E-04	1,64E-03	1,85E-03
CxHy	kg	1,75E-04		1,75E-04
Metais	kg	2,65E-08		2,65E-08
NH ₃	kg	9,60E-13		9,60E-13
COVNM	kg	1,35E-03	3,21E-03	4,56E-03
NOx	kg	1,96E-03	2,98E-02	3,18E-02
N ₂ O	kg	1,75E-06	3,28E-04	3,30E-04
SOx	kg	1,59E-03	1,94E-03	3,53E-03
Metil Carptano	kg	1,41E-08		1,41E-08
HCl	kg	1,33E-03		1,33E-03
H ₂ S	kg	2,95E-08		2,95E-08
Radiotividade para o ar	KBq	1,56E-03		1,56E-03
Efluentes líquidos				
DBO	kg	5,13E-05		5,13E-05
DQO	kg	3,16E-04		3,16E-04

Tabela A22 – continuação.

Metais pesados	kg	7,34E-09		7,34E-09
CxHy	kg	3,03E-06		3,03E-06
Efluentes líquidos ã esp	kg	4,95E-08		4,95E-08
Água residual	kg	4,80E-06		4,80E-06
Óleo não especificado	kg	2,28E-05		2,28E-05
Sólidos suspensos totais	kg	1,62E-04		1,62E-04
Cl ⁻	kg	3,44E-05		3,44E-05
Íons metálicos	kg	1,29E-08		1,29E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg	7,98E-09		7,98E-09
Na ⁺	kg	2,24E-05		2,24E-05
Ácidos	kg	2,72E-11		2,72E-11
Metais	kg	1,59E-09		1,59E-09
Compostos de nitrogênio	kg	2,72E-08		2,72E-08
Óleos e graxas	kg	2,23E-08		2,23E-08
Compostos de enxofre	kg	1,50E-11		1,50E-11
Radioatividade para água	KBq	2,41E-03		2,41E-03
Resíduos sólidos				
Resíduos ã especificados	kg	5,33E-10		5,33E-10
Resíduos inertes	kg	5,83E-06		5,83E-06
Resíduos sólidos oleosos	kg	4,34E-04		4,34E-04
Resíduos no solo	dm ³	2,15E-03		2,15E-03
Resíduos processuais	kg	1,71E-03		1,71E-03

Tabela A23 - Inventário consolidado do transporte terrestre de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê na Agropalma.

	Unidades	Produção de 1,91 kg de óleo diesel	Transporte terrestre de fertilizantes	Inventário consolidado do Transp. Terrestre
Entradas				
Petróleo	kg	2,20E+00		2,20E+00
Carvão	kg	3,00E-03		3,00E-03
Gás Natural	kg	9,17E-02		9,17E-02
Energia	MJ	3,71E-01		3,71E-01
Combustíveis renováveis	kg	6,97E-04		6,97E-04
Água	kg	5,21E-01		5,21E-01
Reservas bióticas	kg	1,09E-03		1,09E-03
Materiais Secundários	kg	1,35E-02		1,35E-02
Urânio	kg	6,49E-08		6,49E-08
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	5,10E-01	3,11E+00	3,62E+00
CO	kg	1,20E-03	8,10E-03	9,30E-03
CH ₄	kg	5,65E-03	1,29E-04	5,78E-03
Vapor de água	kg	5,46E-04		3,63E-02
Material particulado	kg	2,98E-04	2,18E-03	2,48E-03
CxHy	kg	2,46E-04		1,64E-02
Metais	kg	3,72E-08		2,48E-06
NH ₃	kg	1,35E-12		8,97E-11
COVNM	kg	1,90E-03	4,26E-03	6,16E-03
NOx	kg	2,75E-03	3,26E-02	3,54E-02
N ₂ O	kg	2,46E-06	4,35E-04	4,37E-04
SOx	kg	2,23E-03	4,97E-03	7,20E-03
Metil Carptano	kg	1,99E-08		1,99E-08
HCl	kg	1,86E-03		1,86E-03
H ₂ S	kg	4,14E-08		4,14E-08
Radiotividade para o ar	KBq	2,20E-03		2,20E-03
Efluentes líquidos				
DBO	kg	7,20E-05		7,20E-05
DQO	kg	4,43E-04		4,43E-04
Metais pesados	kg	1,03E-08		1,03E-08
CxHy	kg	4,26E-06		4,26E-06

Tabela A.23 – continuação.

Efluentes líquidos não esp	kg	6,95E-08		6,95E-08
Água residual	kg	6,74E-06		6,74E-06
Óleo não especificado	kg	3,21E-05		3,21E-05
Sólidos suspensos totais	kg	2,27E-04		2,27E-04
Cl ⁻	kg	4,83E-05		4,83E-05
Íons metálicos	kg	1,82E-08		1,82E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,12E-08		1,12E-08
Na ⁺	kg	3,15E-05		3,15E-05
Ácidos	kg	3,82E-11		3,82E-11
Metais	kg	2,23E-09		2,23E-09
Compostos de nitrogênio	kg	3,82E-08		3,82E-08
Óleos e graxas	kg	3,13E-08		3,13E-08
Compostos de enxofre	kg	2,10E-11		2,10E-11
Radioatividade para água	KBq	3,38E-03		3,38E-03
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	7,49E-10		7,49E-10
Resíduos inertes	kg	8,19E-06		8,19E-06
Resíduos sólidos oleosos	kg	6,09E-04		6,09E-04
Resíduos no solo	dm ³	3,02E-03		3,02E-03
Resíduos processuais	kg	2,41E-03		2,41E-03

Tabela A24 - Inventário consolidado do transporte de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê na Dentauá.

	Unid	Inventário consolidado do transp. marítimo	Inventário consolidado do transp. terrestre	Inventário consolidado do transp. Total
Entradas				
Petróleo	kg	1,42E+01	1,56E+00	1,58E+01
Carvão	kg	5,66E-03	2,14E-03	7,80E-03
Gás Natural	kg	6,88E-02	6,53E-02	1,34E-01
Energia	MJ	4,91E+00	2,64E-01	5,17E+00
Combustíveis renováveis	kg		4,96E-04	4,96E-04
Água	kg	2,33E-01	3,71E-01	6,04E-01
Reservas bióticas	kg		7,77E-04	7,77E-04
Materiais Secundários	kg		1,44E-04	1,44E-04
Urânio	kg		4,62E-08	4,62E-08
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	4,13E+01	2,70E+00	4,40E+01
CO	kg	1,24E-01	6,34E-03	1,30E-01
CH ₄	kg		4,12E-03	4,12E-03
Vapor de água	kg		3,89E-04	3,89E-04
Material particulado	kg	3,78E-04	1,85E-03	2,23E-03
CxHy	kg	7,38E-02	1,75E-04	7,40E-02
Metais	kg	1,11E-06	2,65E-08	1,14E-06
NH ₃	kg		9,60E-13	9,60E-13
COVNM	kg	2,28E-03	4,56E-03	6,84E-03
NOx	kg	7,80E-01	3,18E-02	8,12E-01
N ₂ O	kg		3,30E-04	3,30E-04
SOx	kg	1,99E-03	3,53E-03	5,52E-03
Metil Carptano	kg		1,41E-08	1,41E-08
HCl	kg	5,56E-06	1,33E-03	1,33E-03
H ₂ S	kg		2,95E-08	2,95E-08
Radiatividade para o ar	kq		1,56E-03	1,56E-03
Efluentes Líquidos				
DBO	kg	5,56E-06	5,13E-05	5,68E-05
DQO	kg	1,11E-05	3,16E-04	3,27E-04

Tabela A24 – continuação.

Metais pesados	kg		7,34E-09	7,34E-09
CxHy	kg	2,22E-05	3,03E-06	2,52E-05
Efluentes líquidos não esp	kg		4,95E-08	4,95E-08
Água residual	kg		4,80E-06	4,80E-06
Óleo não especificado	kg		2,28E-05	2,28E-05
Sólidos suspensos totais	kg		1,62E-04	1,62E-04
Cl ⁻	kg	1,11E-05	3,44E-05	4,55E-05
Íons metálicos	kg	5,56E-06	1,29E-08	5,57E-06
Sólidos dissolvidos totais	kg		7,98E-09	7,98E-09
Na ⁺	kg		2,24E-05	2,24E-05
Ácidos	kg		2,72E-11	2,72E-11
Metais	kg		1,59E-09	0,00E+00
Compostos de nitrogênio	kg	1,11E-06	2,72E-08	1,14E-06
Óleos e graxas	kg	7,66E-05	2,23E-08	7,66E-05
Compostos de enxofre	kg		1,50E-11	1,50E-11
Radioatividade para água	kg		2,41E-03	2,41E-03
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg		5,33E-10	5,33E-10
Resíduos inertes	kg	2,45E-03	5,83E-06	2,46E-03
Resíduos sólidos oleosos	kg	1,82E-01	2,42E-02	2,06E-01
Resíduos no solo	dm ³		2,15E-03	2,15E-03
Resíduos processuais	kg		1,71E-03	1,71E-03

Tabela A 25 - Inventário consolidado do transporte de fertilizantes para a produção de 1 ha-ano de dendê na agropalma.

	Unid	Inventário consolidado do transp. marítimo	Inventário consolidado do transp. terrestre	Inventário consolidado do transp. Total
Entradas				
Petróleo	kg	2,38E+01	2,20E+00	2,60E+01
Carvão	kg	9,46E-03	3,00E-03	1,25E-02
Gás Natural	kg	1,15E-01	9,17E-02	2,07E-01
Energia	MJ	8,19E+00	3,71E-01	8,56E+00
Combustíveis renováveis	kg		6,97E-04	6,97E-04
Água	kg	3,89E-01	5,21E-01	9,10E-01
Reservas bióticas	kg		1,09E-03	1,09E-03
Materiais Secundários	kg		2,02E-04	2,02E-04
Urânio	kg		6,49E-08	6,49E-08
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	6,90E+01	3,62E+00	7,26E+01
CO	kg	2,07E-01	9,81E-03	2,17E-01
CH ₄	kg		5,78E-03	5,78E-03
Vapor de água	kg		5,46E-04	5,46E-04
Material particulado	kg	6,31E-04	2,48E-03	3,11E-03
CxHy	kg	1,23E-01	2,46E-04	1,23E-01
Metais	kg	1,86E-06	3,72E-08	1,90E-06
NH ₃	kg		1,35E-12	1,35E-12
COVNM	kg	3,80E-03	6,16E-03	9,96E-03
NOx	kg	1,30E+00	4,24E-02	1,34E+00
N ₂ O	kg		4,37E-04	4,37E-04
SOx	kg	3,33E-03	7,20E-03	1,05E-02
Metil Carptano	kg		1,99E-08	1,99E-08
HCl	kg	9,28E-06	1,86E-03	1,87E-03
H ₂ S	kg		4,14E-08	4,14E-08
Radiotividade para o ar	KBq		2,20E-03	2,20E-03
Efluentes Líquidos				
DBO	kg	9,28E-06	7,20E-05	8,13E-05
DQO	kg	1,86E-05	4,43E-04	4,62E-04
Metais pesados	kg		1,03E-08	1,03E-08

Tabela A25 – continuação.

CxHy	kg	3,71E-05	4,26E-06	4,14E-05
Efluentes líquidos não esp	kg		6,95E-08	6,95E-08
Água residual	kg		6,74E-06	6,74E-06
Óleo não especificado	kg		3,21E-05	3,21E-05
Sólidos suspensos totais	kg		2,27E-04	2,27E-04
Cl ⁻	kg	1,86E-05	4,83E-05	6,69E-05
Íons metálicos	kg	9,28E-06	1,82E-08	9,30E-06
Sólidos dissolvidos totais	kg		1,12E-08	1,12E-08
Na ⁺	kg		3,15E-05	3,15E-05
Ácidos	kg		3,82E-11	3,82E-11
Metais	kg		2,23E-09	2,23E-09
Compostos de nitrogênio	kg	1,86E-06	3,82E-08	1,90E-06
Óleos e graxas	kg	1,28E-04	3,13E-08	1,28E-04
Compostos de enxofre	kg		2,10E-11	2,10E-11
Radioatividade para água	KBq		3,38E-03	3,38E-03
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg		7,49E-10	3,14E-01
Resíduos inertes	kg	4,10E-03	8,19E-06	4,11E-03
Resíduos sólidos oleosos	kg	3,04E-01	6,09E-04	3,05E-01
Resíduos no solo	dm ³		3,02E-03	3,02E-03
Resíduos processuais	kg		2,41E-03	2,41E-03

Tabela A26 - Equipamentos utilizados para preparar a área para cultivo de 1 há dendê, tempo e consumo de diesel.

Equipamento	Tempo para preparar 1 ha	Consumo (litros/h)
Trator de esteira	3h	20
Patrol	1h	26
Trator de rodas-grade aradora	2h	16
Trator de rodas-roçadeira	2h	16

Tabela A27 - Inventário da preparação da área para o cultivo de 1 ha – ano de dendê na Agropalma e na Dentauá.

	Unidade	Produção de 5,04 Kg de óleo diesel	Queima de 5,04 Kg de óleo diesel	Inventário consolidado de prepar da área
Entradas				
Petróleo	kg	5,80E+00		5,80E+00
Carvão	kg	7,91E-03		7,91E-03
Gás Natural	kg	2,42E-01		2,42E-01
Energia	MJ	9,78E-01		9,78E-01
Combustíveis renováveis	kg	1,84E-03		1,84E-03
Água	kg	1,38E+00		1,38E+00
Reservas bióticas	kg	2,88E-03		2,88E-03
Materiais Secundários	kg	5,34E-04		5,34E-04
Urânio	kg	1,71E-07		1,71E-07
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	1,35E+00	1,61E+01	1,74E+01
CO	kg	3,16E-03	6,80E-02	7,12E-02
CH ₄	kg	1,49E-02	8,97E-04	1,58E-02
Vapor de água	kg	1,44E-03		1,44E-03
Material particulado	kg	7,86E-04	8,72E-03	9,51E-03
CxHy	kg	6,50E-04	1,81E-02	1,87E-02
Metais	kg	9,83E-08		9,83E-08
NH ₃	kg	3,56E-12		3,56E-12
COVNM	kg	5,01E-03		5,01E-03
NOx	kg	7,26E-03	1,90E-01	1,97E-01
N ₂ O	kg	6,50E-06	2,54E-04	2,60E-04
SOx	kg	5,90E-03	2,56E-02	3,14E-02
Metil Carptano	kg	5,44E-08		5,44E-08
HCl	kg	4,92E-03		4,92E-03
H ₂ S	kg	1,09E-07		1,09E-07
Radiotividade para o ar	KBq	5,80E-03		5,80E-03
Efluentes líquidos				
DBO	kg	1,90E-04		1,90E-04
DQO	kg	1,17E-03		1,17E-03
Metais pesados	kg	2,72E-08		2,72E-08
CxHy	kg	1,12E-05		1,12E-05

Tabela A27 – continuação.

Efluentes líquidos não esp	kg	1,83E-07		1,83E-07
Água residual	kg	1,78E-05		1,78E-05
Óleo não especificado	kg	8,47E-05		8,47E-05
Sólidos suspensos totais	kg	6,00E-04		6,00E-04
Cl ⁻	kg	1,28E-04		1,28E-04
Íons metálicos	kg	4,80E-08		4,80E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg	2,96E-08		2,96E-08
Na ⁺	kg	8,52E-05		8,52E-05
Ácidos	kg	1,01E-10		1,01E-10
Metais	kg	5,90E-09		5,90E-09
Compostos de nitrogênio	kg	1,01E-07		1,01E-07
Óleos e graxas	kg	8,27E-08		8,27E-08
Compostos de enxofre	kg	2,66E-10		2,66E-10
Radioatividade para água	KBq	8,92E-03		8,92E-03
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	1,98E-09		1,98E-09
Resíduos inertes	kg	2,16E-05		2,16E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	1,61E-03		1,61E-03
Resíduos no solo	dm ³	7,96E-03		7,96E-03
Resíduos processuais	kg	6,35E-03		6,35E-03

Tabela A28 - Inventário da colheita de 1 ha-ano de dendê na Dentauá.

	Unid	Produção de 13,5 Kg de óleo diesel	Queima de 13,5 Kg de óleo diesel	Inventário da colheita de Dendê
Entradas				
Petróleo	kg	1,55E+01		1,55E+01
Carvão	kg	2,12E-02		2,12E-02
Gás Natural	kg	6,48E-01		6,48E-01
Energia	MJ	2,62E+00		2,62E+00
Combustíveis renováveis	kg	4,93E-03		4,93E-03
Água	kg	3,69E+00		3,69E+00
Reservas bióticas	kg	7,71E-03		7,71E-03
Materiais Secundários	kg	1,43E-03		1,43E-03
Urânio	kg	4,59E-07		4,59E-07
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	3,60E+00	4,31E+01	4,67E+01
CO	kg	8,46E-03	1,82E-01	1,91E-01
CH ₄	kg	4,00E-02	2,40E-03	4,24E-02
Vapor de água	kg	3,86E-03		3,86E-03
Material particulado	kg	2,11E-03	2,34E-02	2,55E-02
CxHy	kg	1,74E-03	4,85E-02	5,02E-02
Metais	kg	2,63E-07		2,63E-07
NH ₃	kg	9,53E-12		9,53E-12
COVNM	kg	1,34E-02		1,34E-02
NOx	kg	1,94E-02	5,08E-01	5,27E-01
N ₂ O	kg	1,74E-05	6,79E-04	6,96E-04
SOx	kg	1,58E-02	6,84E-02	8,42E-02
Metil Carptano	kg	1,46E-07		1,46E-07
HCl	kg	1,32E-02		1,32E-02
H ₂ S	kg	2,93E-07		2,93E-07
Radiotividade para o ar	KBq	1,55E-02		1,55E-02
Efluentes líquidos				
DBO	kg	5,09E-04		5,09E-04
DQO	kg	3,13E-03		3,13E-03
Metais pesados	kg	7,29E-08		7,29E-08
CxHy	kg	3,01E-05		3,01E-05
Efluentes líquidos não esp	kg	4,91E-07		4,91E-07

Tabela A28 – continuação.

Água residual	kg	4,77E-05		4,77E-05
Óleo não especificado	kg	2,27E-04		2,27E-04
Sólidos suspensos totais	kg	1,61E-03		1,61E-03
Cl ⁻	kg	3,42E-04		3,42E-04
Íons metálicos	kg	1,29E-07		1,29E-07
Sólidos dissolvidos totais	kg	7,92E-08		7,92E-08
Na ⁺	kg	2,28E-04		2,28E-04
Ácidos	kg	2,70E-10		2,70E-10
Metais	kg	1,58E-08		1,58E-08
Compostos de nitrogênio	kg	2,70E-07		2,70E-07
Óleos e graxas	kg	2,21E-07		2,21E-07
Compostos de enxofre	kg	7,13E-10		7,13E-10
Radioatividade para água	KBq	2,39E-02		2,39E-02
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	5,29E-09		5,29E-09
Resíduos inertes	kg	5,79E-05		5,79E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	4,31E-03		4,31E-03
Resíduos no solo	dm ³	2,13E-02		2,13E-02
Resíduos processuais	kg	1,70E-02		1,70E-02

Tabela A29 - Inventário da colheita de 1 ha-ano de dendê na Agropalma.

	Unid	Produção de 16,8 Kg de óleo diesel	Queima de 16,8 Kg de óleo diesel	Inventário da colheita de Dendê
Entradas				
Petróleo	Kg	1,93E+01		1,93E+01
Carvão	Kg	2,64E-02		2,64E-02
Gás Natural	Kg	8,06E-01		8,06E-01
Energia	MJ	3,26E+00		3,26E+00
Combustíveis renováveis	Kg	6,13E-03		6,13E-03
Água	Kg	4,59E+00		4,59E+00
Reservas bióticas	Kg	9,59E-03		9,59E-03
Materiais Secundários	Kg	1,78E-03		1,78E-03
Urânio	Kg	5,71E-07		5,71E-07
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	Kg	4,49E+00	5,36E+01	5,81E+01
CO	Kg	1,05E-02	2,27E-01	2,37E-01
CH ₄	Kg	4,97E-02	2,99E-03	5,27E-02
Vapor de água	Kg	4,80E-03		4,80E-03
Material particulado	Kg	2,62E-03	2,91E-02	3,17E-02
CxHy	Kg	2,17E-03	6,03E-02	6,25E-02
Metais	Kg	3,28E-07		3,28E-07
NH ₃	Kg	1,19E-11		1,19E-11
COVNM	Kg	1,67E-02		1,67E-02
NOx	Kg	2,42E-02	6,32E-01	6,56E-01
N ₂ O	Kg	2,17E-05	8,45E-04	8,67E-04
SOx	Kg	1,97E-02	8,37E-02	1,03E-01
Metil Carptano	Kg	1,81E-07		1,81E-07
HCl	Kg	1,64E-02		1,64E-02
H ₂ S	Kg	3,65E-07		3,65E-07
Radiotividade para o ar	KBq	1,93E-02		1,93E-02
Efluentes líquidos				
DBO	Kg	6,33E-04		6,33E-04
DQO	Kg	3,90E-03		3,90E-03
Metais pesados	Kg	9,07E-08		9,07E-08
CxHy	Kg	3,75E-05		3,75E-05
Efluentes líquidos não esp	Kg	6,12E-07		6,12E-07

Tabela A29 – continuação.

Água residual	Kg	5,93E-05		5,93E-05
Óleo não especificado	Kg	2,82E-04		2,82E-04
Sólidos suspensos totais	Kg	2,00E-03		2,00E-03
Cl ⁻	Kg	4,25E-04		4,25E-04
Íons metálicos	Kg	1,60E-07		1,60E-07
Sólidos dissolvidos totais	Kg	9,86E-08		9,86E-08
Na ⁺	Kg	2,84E-04		2,84E-04
Ácidos	Kg	3,36E-10		3,36E-10
Metais	Kg	1,97E-08		1,97E-08
Compostos de nitrogênio	Kg	3,36E-07		3,36E-07
Óleos e graxas	Kg	2,76E-07		2,76E-07
Compostos de enxofre	Kg	8,87E-10		8,87E-10
Radioatividade para água	kbq	2,97E-02		2,97E-02
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	Kg	6,59E-09		6,59E-09
Resíduos inertes	Kg	7,21E-05		7,21E-05
Resíduos sólidos oleosos	Kg	5,36E-03		5,36E-03
Resíduos no solo	dm ³	2,65E-02		2,65E-02
Resíduos processuais	Kg	2,12E-02		2,12E-02

Tabela A30 - Inventário parcial do transporte de cachos de frutos na Dentauá e Agropalma.

	Unid	Transporte de 1 Km de cachos de frutos	Transporte de 18.500 kg de cachos de frutos Dentauá	Transporte de 23.500 kg de cachos de frutos Agropalma
Entradas				
Diesel	kg	2,03E-02	1,130E+01	1,430E+01
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
SOx	kg	1,96E-05	1,09E-02	1,38E-02
NOx	kg	6,70E-04	3,73E-01	4,72E-01
CO ₂	kg	6,35E-02	3,53E+01	4,47E+01
CO	kg	3,74E-04	2,08E-01	2,63E-01
N ₂ O	kg	1,09E-04	6,07E-02	7,68E-02
COVNM	kg	1,45E-05	8,07E-03	1,02E-02
CH ₄	kg	6,01E-05	3,35E-02	4,23E-02
Mat. Particulado	kg	3,04E-05	1,69E-02	2,14E-02

Fonte: PRÉ-CONSULTANTS, 2006; Autores.

Tabela A31 - Inventário consolidado de transporte de cachos de frutos frescos na Dentauá.

	Unid	Produção de 11,3 kg de óleo diesel	Transporte de 18.500 kg de cachos de frutos	Inventário do transporte de cachos frutos
Entradas				
Petróleo	Kg	1,30E+01		1,30E+01
Carvão	Kg	1,77E-02		1,77E-02
Gás Natural	Kg	5,42E-01		5,42E-01
Energia	MJ	2,19E+00		2,19E+00
Combustíveis renováveis	Kg	4,12E-03		4,12E-03
Água	Kg	3,08E+00		3,08E+00
Reservas bióticas	Kg	6,45E-03		6,45E-03
Materiais Secundários	Kg	1,20E-03		1,20E-03
Urânio	Kg	3,44E-07		3,44E-07
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	Kg	3,02E+00	3,53E+01	3,83E+01
CO	Kg	7,09E-03	2,08E-01	2,15E-01
CH ₄	Kg	3,34E-02	4,23E-02	7,57E-02
Vapor de água	Kg	3,23E-03		3,23E-03
Material particulado	Kg	1,76E-03	1,69E-02	1,87E-02
CxHy	Kg	1,46E-03		1,46E-03
Metais	Kg	2,20E-07		2,20E-07
NH ₃	Kg	7,98E-12		7,98E-12
COVNM	Kg	2,84E-02	8,07E-03	3,64E-02
NOx	Kg	1,63E-02	3,73E-01	3,89E-01
N ₂ O	Kg	1,46E-05	6,07E-02	6,07E-02
SOx	Kg	1,32E-02	1,09E-02	2,41E-02
Metil Carptano	Kg	1,18E-07		1,18E-07
HCl	Kg	1,10E-02		1,10E-02
H ₂ S	Kg	2,45E-07		2,45E-07
Radiatividade para o ar	KBq	1,30E-02		1,30E-02
Efluentes Líquidos				
DBO	Kg	4,26E-04		4,26E-04
DQO	Kg	2,62E-03		2,62E-03
Metais pesados	Kg	6,10E-08		6,10E-08
CxHy	Kg	2,52E-05		2,52E-05
Efluentes líquidos não específico	Kg	4,11E-07		4,11E-07

Tabela A31 – continuação.

Água residual	Kg	3,99E-05		3,99E-05
Óleo não especificado	Kg	1,90E-04		1,90E-04
Sólidos suspensos totais	Kg	1,34E-03		1,34E-03
Cl ⁻	Kg	2,86E-04		2,86E-04
Íons metálicos	Kg	1,08E-07		1,08E-07
Sólidos dissolvidos totais	Kg	6,63E-08		6,63E-08
Na ⁺	Kg	1,91E-04		1,91E-04
Ácidos	Kg	2,26E-10		2,26E-10
Metais	Kg	1,32E-08		1,32E-08
Compostos de nitrogênio	Kg	2,26E-07		2,26E-07
Óleos e graxas	Kg	1,85E-07		1,85E-07
Compostos de enxofre	Kg	5,97E-10		5,97E-10
Radioatividade para água	KBq	1,44E-02		1,44E-02
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	Kg	4,43E-09		4,43E-09
Resíduos inertes	Kg	4,85E-05		4,85E-05
Resíduos sólidos oleosos	Kg	3,60E-03		3,60E-03
Resíduos no solo	dm ³	1,79E-02		1,79E-02
Resíduos processuais	Kg	1,42E-02		1,42E-02

Tabela A32 – Inventário do transporte de cachos de frutos frescos na Agropalma.

	Unid	Produção de 14,3 kg de óleo diesel	Transporte de 23.500 kg de cachos de frutos	Inventário do transporte de cachos frutos
Entradas				
Petróleo	kg	1,64E+01		1,64E+01
Carvão	kg	2,25E-02		2,25E-02
Gás Natural	kg	6,86E-01		6,86E-01
Energia	MJ	2,77E+00		2,77E+00
Combustíveis renováveis	kg	5,22E-03		5,22E-03
Água	kg	3,90E+00		3,90E+00
Reservas bióticas	kg	8,17E-03		8,17E-03
Materiais Secundários	kg	1,52E-03		1,52E-03
Urânio	kg	4,35E-07		4,35E-07
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	3,82E+00	4,47E+01	4,85E+01
CO	kg	8,97E-03	2,63E-01	2,72E-01
CH ₄	kg	4,23E-02	4,23E-02	8,46E-02
Vapor de água	kg	4,09E-03		4,09E-03
Material particulado	kg	2,23E-03	2,14E-02	2,36E-02
CxHy	kg	1,84E-03		1,84E-03
Metais	kg	2,79E-07		2,79E-07
NH ₃	kg	1,01E-11		1,01E-11
COVNM	kg	3,59E-02	1,02E-02	4,61E-02
NOx	kg	2,06E-02	4,72E-01	4,93E-01
N ₂ O	kg	1,84E-05	7,68E-02	7,68E-02
SOx	kg	1,67E-02	1,38E-02	3,05E-02
Metil Carptano	kg	1,49E-07		1,49E-07
HCl	kg	1,40E-02		1,40E-02
H ₂ S	kg	3,10E-07		3,10E-07
Radiotividade para o ar	KBq	1,64E-02		1,64E-02
Efluentes Líquidos				
DBO	kg	5,39E-04		5,39E-04
DQO	kg	3,32E-03		3,32E-03
Metais pesados	Kg	7,72E-08		7,72E-08
CxHy	Kg	3,19E-05		3,19E-05
Efluentes líquidos não esp	Kg	5,21E-07		5,21E-07

Tabela A32 – continuação.

Água residual	Kg	5,05E-05		5,05E-05
Óleo não especificado	Kg	2,40E-04		2,40E-04
Sólidos suspensos totais	Kg	1,70E-03		1,70E-03
Cl ⁻	Kg	3,62E-04		3,62E-04
Íons metálicos	Kg	1,36E-07		1,36E-07
Sólidos dissolvidos totais	Kg	8,39E-08		8,39E-08
Na ⁺	Kg	2,42E-04		2,42E-04
Ácidos	Kg	2,86E-10		2,86E-10
Metais	Kg	1,67E-08		1,67E-08
Compostos de nitrogênio	Kg	2,86E-07		2,86E-07
Óleos e graxas	Kg	2,35E-07		2,35E-07
Compostos de enxofre	Kg	7,55E-10		7,55E-10
Radioatividade para água	KBq	1,82E-02		1,82E-02
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	Kg	5,61E-09		5,61E-09
Resíduos inertes	Kg	6,13E-05		6,13E-05
Resíduos sólidos oleosos	Kg	4,56E-03		4,56E-03
Resíduos no solo	dm ³	2,26E-02		2,26E-02
Resíduos processuais	Kg	1,80E-02		1,80E-02

Tabela A33 - Emissões da queima de fibras e cascas na Dentauá e Agropalma

	Unid	Queima de cascas e fibras (1 kg)	Queima de fibras e cascas Dentauá(398 kg)	Queima de cascas e fibras Agropalma (654 kg)
Saídas				
Energia	MJ	8,77E+00	3,49E+03	5,74E+03
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	1,34E+00	5,33E+02	8,76E+02
CO	kg	9,40E-03	3,74E+00	6,15E+00
COVNM	kg	8,33E-05	3,32E-02	5,45E-02
NO _x	kg	1,07E-03	4,26E-01	7,00E-01
SO ₂	kg	3,33E-05	1,33E-02	2,18E-02
Material Particulado	kg	2,30E-03	9,15E-01	1,50E+00

Fonte: YUSOFF e HANSEN, 2007; TORRES, 1990.

Tabela A34 – Inventário parcial da produção de 1000 kg de óleo de palma na Dentauá.

	Unid	Produção de 1000 kg de óleo de palma	Queima de cascas e fibras Dentauá(398 kg)	Inventário de óleo de palma na Dentauá
Entradas				
Cachos de frutos	kg	5,00E+03		5,00E+03
Água	kg	7,00E+02		7,00E+02
Energia elétrica	MJ	2,70E+02		2,70E+02
Mão de obra	h.h	6,00E+00		6,00E+00
Energia	MJ		3,49E+03	3,49E+03
Saídas				
Energia	MJ		5,48E+06	5,48E+06
Óleo de dendê	kg	1,00E+03		1,00E+03
Óleo de palmiste	kg	1,25E+02		1,25E+02
Torta de palmiste	kg	1,75E+02		1,75E+02
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg		5,33E+02	5,33E+02
CO	kg		3,74E+00	3,74E+00
COVM	kg		3,32E-02	3,32E-02
NOx	kg		4,26E-01	4,26E-01
SO ₂	kg		1,33E-02	1,33E-02
Material Particulado	kg		9,15E-01	9,15E-01
Vapor de água	kg	2,00E+02		2,00E+02
Efluentes líquidos				
DBO	kg	7,50E+00		7,50E+00
DQO	kg	1,61E+01		1,61E+01
Sólidos em suspensão	kg	9,00E-02		9,00E-02
Sólidos totais	kg	1,31E+01		1,31E+01
Sólidos Sedimentares	kg	9,00E-03		9,00E-03
Compostos de nitrogênio	kg	2,31E-01		2,31E-01
Matéria graxa	kg	2,52E+00		2,52E+00

Fonte: DENTAUÁ, 2009; YUSOFF e HANSEN, 2007; TORRES, 1990.

Tabela A35 – Inventário parcial da produção de 1000 kg de óleo de palma na Agropalma.

	Unid	Produção de 1000 kg de óleo de palma	Queima de cascas e fibras Agropalma(654 kg)	Inventário de óleo de palma na Agropalma
Entradas				
Cachos de frutos	kg	5,00E+03		5,00E+03
Água	kg	1,30E+03		1,30E+03
Mão de obra	h.h	4,90E+00		4,90E+00
Energia	MJ		5,74E+03	5,74E+03
Saídas				
Energia	MJ		2,45E+06	2,45E+06
Óleo de dendê	kg	1,00E+03		1,00E+03
Óleo de palmiste	kg	8,75E+01		8,75E+01
Torta de palmiste	kg	1,75E+02		1,75E+02
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg		8,76E+02	8,76E+02
CO	kg		6,15E+00	6,15E+00
COVNM	kg		5,45E-02	5,45E-02
NOx	kg		7,00E-01	7,00E-01
SO ₂	kg		2,18E-02	2,18E-02
Material Particulado	kg		1,50E+00	1,50E+00
Vapor de água	kg	5,00E+02		5,00E+02
Efluentes Líquidos				
DBO	kg	2,11E+01		2,11E+01
DQO	kg	3,18E+01		3,18E+01
Sólidos em suspensão	kg	1,45E+01		1,45E+01
Sólidos totais	kg	5,93E+01		5,93E+01
Sólidos Sedimentares	kg	1,29E+01		1,29E+01
Compostos de nitrogênio	kg	2,50E+00		2,50E+00
Matéria graxa	kg	5,77E+00		5,77E+00

Fonte: AGROPALMA, 2009; YUSOFF e HANSEN, 2007; TORRES, 1990.

Tabela A36 - Inventário parcial para a produção de 1000 kg de bioetanol anidro.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Água	kg	6,17E+03
Ciclo hexano	kg	7,59E-01
Cana de açúcar	kg	1,52E+04
Ácido sulfúrico	kg	1,14E+01
Cal virgem	kg	1,28E+01
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
NOx	kg	2,95E-02
Material particulado	kg	1,48E-04
Efluentes Líquidos		
Vinhaça	L	1,52E+04
Resíduos sólidos		
Cinzas	kg	2,26E-02
Produtos		
Álcool etílico anidro	kg	1,00E+03
Óleo fúsel	L	3,16E+00

Fonte: ALMEIDA; MARZULLO; MARTINS (2007).

Tabela A37 - Inventário parcial da produção de 1000 kg de cana de açúcar.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Fertilizante Nitrogenado (N)	kg	9,01E-01
Fertilizante Fosfatado (P_2O_5)	kg	1,28E-01
Fertilizante Potássico (K_2O)	kg	2,05E-01
Calcário	kg	5,00E+00
Óleo diesel	kg	8,33E-01
Herbicidas	kg	2,69E-02
Clorpirifós etil	kg	3,79E-04
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
CO ₂	kg	4,51E-01
Nox	kg	9,37E-02
N ₂ O	kg	2,97E-02
NH ₃	kg	6,24E-03
Herbicidas	kg	2,69E-03
Clorpirifós etil	kg	3,79E-05
Efluentes Líquidos		
Compostos de Nitrogênio	L	9,01E-02
Herbicidas	kg	7,26E-03
Clorpirifós etil	kg	1,02E-04
Resíduos sólidos		
Herbicidas	kg	1,51E-02
Clorpirifós etil	kg	2,12E-04

Fonte: VIANNA, 2008.

Tabela A38 - Inventário consolidado da produção de 1000 kg de Herbicidas e 1000 Kg Clorpirifós etil.

	Unid	Quantidade	Quantidade
		Herbicida	Clorpirifós
Entradas			
Energia	GJ	2,94E+01	2,68E+01
Carvão	kg	2,88E+02	2,89E+02
Gás natural	kg	9,71E+01	6,34E+01
Petróleo	kg	2,20E+03	1,35E+03
Água	kg	2,16E+06	1,97E+06
Materiais secundários	kg	1,67E+01	1,52E+01
Urânio	kg	3,36E-03	3,06E-03
Combustíveis renováveis	kg	6,33E-01	3,86E-01
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
CO ₂	kg	3,51E+03	1,82E+03
Nox	kg	1,49E+01	1,20E+01
N ₂ O	kg	2,15E-01	1,91E-01
NH ₃	kg	1,11E-07	1,02E-07
Herbicidas	kg	1,40E-02	
Clorpirifós etil	kg		1,40E-02
CH ₄	kg	6,24E+00	4,10E+00
CO	kg	4,36E+00	3,42E+00
Vapor de água	kg	4,71E+00	4,17E+00
Hidrocarbonetos	kg	2,76E-01	1,68E-01
Metais	kg	3,69E-06	2,30E-06
COVNM	kg	1,11E-07	1,02E-07
Material particulado	kg	1,70E+00	1,39E+00
SOx	kg	9,43E+00	5,60E+00
Metil carptano	kg	1,95E-05	1,19E-05
H ₂ S	kg	4,09E-04	2,49E-04
Radioatividade para o ar	kBq	1,81E+02	1,65E+02
Efluentes Líquidos			
Compostos de Nitrogênio	kg	8,68E-05	7,83E-05
Ácidos	kg	3,15E-06	2,88E-06
DBO	kg	6,66E-02	4,10E-02
DQO	kg	4,05E-01	2,47E-01
Cloretos	kg	4,75E-02	2,90E-02
Metais pesados não especif.	kg	1,24E-05	8,55E-06

Tabela A38 – continuação.

Hidrocarbonetos	kg	4,42E-03	2,86E-03
Metais	kg	1,85E-04	1,69E-03
Óleos e graxas	kg	2,59E-03	2,37E-03
Compostos de enxofre	kg	8,33E-06	7,62E-06
Sólidos dissolvidos totais	kg	9,26E-04	8,47E-04
Sólidos suspensos totais	kg	2,09E-01	1,28E-01
Efluentes líquidos não especif.	kg	6,30E-05	3,84E-05
Água residual	kg	6,10E-03	3,84E-05
Óleo não especificado	kg	3,02E-02	1,84E-02
Íons metálicos	kg	1,75E-05	1,07E-05
Na ⁺	kg	3,19E-02	1,94E-02
Efluentes líquidos perigosos	kg	5,00E+01	5,00E+01
Radioatividade para a água	kBr	2,79E-02	2,55E-02
Resíduos sólidos			
Resíduos sólidos oleosos	kg	5,72E-01	3,49E-01
Resíduos não inertes	kg	7,71E-03	4,70E-03
Resíduos no solo	dm ³	2,48E+02	2,26E+02
Resíduos processuais	kg	1,98E+02	1,81E+02
Resíduos sólidos não espec	kg	6,79E-07	4,14E-07
Resíduos sólidos perigosos	kg	1,50E+02	1,50E+02
Emissões não materiais			
Energia	GJ	1,81E-03	1,10E-03

Fonte: VIANA, 2008; NEMECEK *et al.*, 2004.

Tabela A39 - Inventário da queima da palha correspondente a 1000 kg da cana de açúcar.

	Unidade	Quantidade
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
CH ₄	kg	3,56E-04
CO	kg	7,48E-03
N ₂ O	kg	1,76E-05
NOx	kg	6,35E-04
Material particulado	kg	2,40E+00
Hidrocarbonetos	kg	4,80E+00

Fonte: ALMEIDA, MARZULLO E MARTINS, 2007.

Tabela A40 - Inventário consolidado da produção de 1000 kg de calcário.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Energia	GJ	3,73E-02
Energia (explosivos)	GJ	6,16E-04
Carvão	kg	3,02E-01
Gás natural	kg	7,21E-02
Petróleo	kg	1,45E+00
Água	kg	2,74E+03
Rocha Metamórfica	kg	1,00E+03
Materiais secundários	kg	2,12E-02
Urânio	kg	4,25E-06
Combustíveis renováveis	kg	4,14E-04
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
CO ₂	kg	4,61E+00
NOx	kg	6,10E-02
N ₂ O	kg	3,57E-04
NH ₃	kg	1,41E-10
CH ₄	kg	4,85E-03
CO	kg	2,07E-02
Vapor de água	kg	5,72E-03
Hidrocarbonetos	kg	4,55E-03
Metais	kg	2,53E-09
COVNM	kg	1,40E-03
Material particulado	kg	1,65E-01
SOx	kg	1,03E-02
Metil carptano	kg	1,28E-08
H ₂ S	kg	2,67E-07
Radioatividade para o ar	kBq	2,30E-01
Efluentes Líquidos		
Compostos de Nitrogênio	kg	1,08E-07
Ácidos	kg	4,00E-09
DBO	kg	4,43E-05
DQO	kg	2,66E-04
Cloretos	kg	3,11E-05
Metais pesados não especif.	kg	1,01E-08
Hidrocarbonetos	kg	3,23E-06

Tabela A40 – continuação.

Metais	kg	2,35E-07
Óleos e graxas	kg	3,30E-06
Compostos de enxofre	kg	1,06E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,18E-06
Sólidos suspensos totais	kg	1,38E-04
Água residual	kg	3,99E-06
Óleo não especificado	kg	1,98E-05
Íons metálicos	kg	1,15E-08
Na ⁺	kg	2,08E-05
Efluentes líquidos não espec.	kg	1,01E-08
Radioatividade para a água	kBr	3,55E-01
Resíduos Sólidos		
Resíduos sólidos oleosos	Kg	3,74E-04
Resíduos não inertes	Kg	5,04E-06
Resíduos no solo	dm ³	3,15E-01
Resíduos processuais	Kg	2,52E-01
Resíduos sólidos não espec	Kg	4,44E-10
Emissões não materiais		
Energia	GJ	1,19E-06

Fonte: VIANA, 2008.

Tabela A41 – Inventário parcial da produção de 2407 kg de cana de açúcar.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Fertilizante Nitrogenado (N)	kg	2,17E+00
Fertilizante Fosfatado (P ₂ O ₅)	kg	3,08E-01
Fertilizante Potássico (K ₂ O)	kg	4,93E-01
Calcário	kg	1,20E+01
Óleo diesel	kg	2,01E+00
Herbicidas	kg	6,47E-02
Clorpirifós etil	kg	9,12E-04
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
CO ₂	kg	1,09E+00
Nox	kg	2,26E-01
N ₂ O	kg	7,15E-02
NH ₃	kg	1,50E-02
Herbicidas	kg	6,47E-03
Clorpirifós etil	kg	9,12E-05
Efluentes Líquidos		
Compostos de Nitrogênio	L	2,17E-01
Herbicidas	kg	1,75E-02
Clorpirifós etil	kg	2,46E-04
Resíduos sólidos		
Herbicidas	kg	3,63E-02
Clorpirifós etil	kg	5,10E-04

Fonte: ALMEIDA, MARZULLO E MARTINS, 2007.

Tabela A42 - Inventário parcial para a produção de fertilizantes para produção de 2407 kg de cana de açúcar.

	Unid	N (2,17 kg)	P ₂ O ₅ (0,31 kg)	K ₂ O (0,49 kg)	Total parcial do Inventário
Entradas					
Eletricidade	GJ	7,90E-02	1,28E-03		8,03E-02
Gás Natural	GJ	2,09E-02		1,84E-03	2,27E-02
Vapor	GJ	2,24E-02			2,24E-02
Combustível fóssil	GJ		5,08E-04		5,08E-04
Óleo diesel	GJ			2,66E-03	2,66E-03
Petróleo	kg	8,94E-01			8,94E-01
Gás Natural	kg	2,16E+00			2,16E+00
Ar	kg	4,36E-02			4,36E-02
Água	kg	1,64E-01	1,64E+01	8,09E-01	1,74E+01
Rocha fosfática bruta	kg		7,91E+00		7,91E+00
Enxofre elementar	kg		2,22E-01		2,22E-01
Rocha potássica (silvinita)	kg			9,26E-01	9,26E-01
Materiais Secundários	kg			4,95E-03	4,95E-03
Saídas					
Emissões Atmosféricas					
Material particulado	kg	5,69E-03	6,20E-05	1,01E-03	6,76E-03
CO	kg	3,47E-04	3,41E-05	9,56E-04	1,34E-03
CO ₂	kg	4,88E+00	6,51E-02	4,48E-01	5,40E+00
SOx	kg	1,30E-03	9,11E-04	1,71E-03	3,92E-03
NOx	kg	3,39E-03	9,67E-04	2,24E-03	6,59E-03
CxHy	kg	2,39E-07	1,05E-04	5,10E-04	6,15E-04
CH ₄	kg	2,00E-03		7,11E-04	2,71E-03
H ₂ S	kg	1,36E-06			1,36E-06
HF	kg		1,86E-05		1,86E-05
Fluoretos	kg		1,21E-04		1,21E-04
Efluentes líquidos					
Compostos de nitrogênio	kg	1,04E-03			1,04E-03
Compostos de enxofre	kg	2,15E-07		6,13E-03	6,13E-03
Compostos orgânicos totais	kg	4,14E-07			4,14E-07
Sólidos dissolvidos totais	kg		1,31E+01		1,31E+01
Fosfato	kg		3,38E-03		3,38E-03

Tabela A42 – continuação.

DBO	kg			9,80E-06	9,80E-06
DQO	kg			4,90E-06	4,90E-06
Na ⁺	kg			3,61E-02	3,61E-02
K ⁺	kg			7,89E-04	7,89E-04
Cloretos	kg			6,17E-02	6,17E-02
Ca ²⁺	kg			1,02E-03	1,02E-03
Mg ²⁺	kg			5,93E-04	5,93E-04
Resíduos sólidos					
Enxofre	kg	2,63E-08			2,63E-08
Catalisador usado	kg	5,43E-04	1,55E-02		1,60E-02
Magnetita	kg		1,30E+00		1,30E+00
Lama	kg		1,14E+00		1,14E+00
Resíduos não apatítico	kg		3,91E+00		3,91E+00
Resíduos sólidos minerais	kg			2,24E+00	2,24E+00
Emissões não materiais					
Vapor	GJ	3,82E-03			3,82E-03

Tabela A43 - Inventário consolidado da produção dos fertilizantes para a cultivo de 2407kg de cana de açúcar.

	Unid	Produção de 0,06 kg de óleo diesel	Queima de 0,06 kg de óleo diesel	Produção de 0,0803 GJ de energia elet.	Inventário parcial dos fertilizantes	Inventário consolidado da prod. de fertiliz.
Entradas						
Petróleo	kg	6,90E-02		9,72E-02	8,94E-01	1,06E+00
Carvão	kg	9,42E-05		1,03E+00		1,03E+00
Gás Natural	kg	2,88E-03		6,10E-02	2,27E-02	8,66E-02
Energia	MJ	1,16E-02		1,27E+02		1,27E+02
Vapor	GJ				2,24E-02	2,24E-02
Combustíveis renováveis	kg	2,19E-05				2,19E-05
Combustível fóssil	GJ				5,08E-04	5,08E-04
Gás Natural	kg				2,16E+00	2,16E+00
Ar	kg				4,36E-02	4,36E-02
Água	kg	1,64E-02		1,28E+01	1,74E+01	3,03E+01
Rocha fosfática bruta	kg				7,91E+00	7,91E+00
Enxofre elementar	kg				2,22E-01	2,22E-01
Rocha potássica	kg				9,26E-01	9,26E-01
Reservas bióticas	kg	3,43E-05				3,43E-05
Materiais Secundários	kg	6,36E-06		7,23E-02	4,95E-03	7,72E-02
Urânio	kg	2,04E-09		1,45E-05		1,45E-05
Saídas						
Emissões Atmosféricas						
CO ₂	kg	1,60E-02	1,91E-01	1,43E+00	5,40E+00	7,04E+00
CO	kg	3,76E-05	8,10E-04	1,20E-02	1,34E-02	2,62E-02
CH ₄	kg	1,78E-04	1,07E-05	4,40E-03	2,71E-03	7,30E-03
Vapor de água	kg	1,72E-05		1,85E-02		1,85E-02
Material particulado	kg	9,36E-06	1,04E-04	5,40E-03	6,76E-03	1,23E-02
CxHy	kg	7,74E-06	2,15E-04	6,02E-05	6,15E-04	8,98E-04
Metais	kg	1,17E-09		8,03E-10		1,97E-09
NH ₃	kg	4,24E-14		4,82E-10		4,82E-10
COVNM	kg	5,98E-05		5,85E-04		6,44E-04
NOx	kg	8,64E-05	2,26E-03	4,62E-02	6,59E-03	5,51E-02
N ₂ O	kg	7,74E-08	4,82E-06	8,83E-04		8,88E-04
SOx	kg	7,02E-05	3,04E-03	9,31E-03	3,92E-03	1,63E-02

Tabela A43 – continuação.

Metil Carptano	kg	6,24E-10				6,24E-10
HCl	kg	5,86E-05				5,86E-05
H ₂ S	kg	1,30E-09			1,36E-06	1,36E-06
HF	kg				1,86E-05	1,86E-05
Fluoretos	kg				1,21E-04	1,21E-04
Radioatividade para o ar	KBq	6,90E-05		7,85E-01		7,85E-01
Efluentes líquidos						
DBO	kg	2,26E-06		5,62E-06	9,80E-06	1,77E-05
DQO	kg	1,39E-05		1,04E-05	4,90E-06	2,93E-05
Metais pesados	kg	3,24E-10		1,45E-08		1,48E-08
CxHy	kg	1,34E-07		2,41E-06		2,54E-06
Efluentes líquidos não esp	kg	2,18E-09				2,18E-09
Água residual	kg	2,12E-07				2,12E-07
Óleo não especificado	kg	1,01E-06				1,01E-06
Sólidos suspensos totais	kg	7,14E-06		8,03E-06		1,52E-05
Cl ⁻	kg	1,52E-06		4,82E-09	6,17E-02	6,17E-02
Íons metálicos	kg	5,71E-10				5,71E-10
Sólidos dissolvidos totais	kg	3,52E-10		4,02E-06	1,31E+01	1,31E+01
Fosfato	kg				3,38E-03	3,38E-03
Na ⁺	kg	9,90E-07			3,61E-02	3,61E-02
K ⁺	kg				7,89E-04	7,89E-04
Ca ₂ ⁺	kg				1,02E-03	1,02E-03
Mg ₂ ⁺	kg				5,93E-04	5,93E-04
Ácidos	kg	1,20E-12		1,37E-08		1,37E-08
Metais	kg	7,02E-11		8,03E-07		8,03E-07
Compostos de nitrogênio	kg	1,20E-09		3,61E-07	3,09E-02	3,09E-02
Óleos e graxas	kg	9,84E-10		1,12E-05		1,12E-05
Compostos de enxofre	kg	6,60E-13		3,61E-07	1,34E+00	1,34E+00
Compostos orgânicos totais	kg				1,23E-05	1,23E-05
Radioatividade para água	KBq	1,06E-04		1,21E+00		1,21E+00
Resíduos sólidos						
Resíduos não especificados	kg	2,35E-11				2,35E-11
Resíduos inertes	kg	2,57E-07				2,57E-07

Tabela A43 – continuação.

Resíduos sólidos oleosos	Kg	1,91E-05				1,91E-05
Resíduos no solo	dm³	9,48E-05				9,48E-05
Resíduos processuais	Kg	7,56E-05				7,56E-05
Enxofre	Kg				2,63E-08	2,63E-08
Catalisador usado	Kg				2,60E-02	2,60E-02
Resíduo da mineração	Kg				2,24E+00	2,24E+00
Magnetita	dm³				1,30E+00	1,30E+00
Lama	Kg				1,14E+00	1,14E+00
Resíduo não apatítico	Kg				3,91E+00	3,91E+00
Emissões Materiais						
Vapor	GJ				3,82E-03	3,82E-03

Tabela A44 - Inventário consolidado do transporte de fertilizantes para a produção de 2407 kg de cana de açúcar.

	Unid	Inventário consolidado do transp. Marítimo	Inventário consolidado do transp.terrestre	Inventário consolidado do transporte total
Entradas				
Petróleo	kg	1,97E-01	3,22E-01	5,19E-01
Carvão	kg	7,84E-05	4,40E-04	5,18E-04
Gás Natural	kg	9,53E-04	1,34E-02	1,44E-02
Energia	MJ	6,79E-02	5,43E-02	1,22E-01
Combustíveis renováveis	kg		1,02E-04	1,02E-04
Água	kg	3,23E-03	7,64E-02	7,97E-02
Reservas bióticas	kg		1,60E-04	1,60E-04
Materiais Secundários	kg		2,97E-05	2,97E-05
Urânio	kg		9,52E-09	9,52E-09
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	5,72E-01	2,41E+00	2,98E+00
CO	kg	1,71E-03	6,67E-02	6,84E-02
CH ₄	kg		9,26E-04	9,26E-04
Vapor de água	kg		8,01E-05	8,01E-05
Material particulado	kg	5,23E-06	1,68E-03	1,69E-03
CxHy	kg	1,02E-03	3,61E-05	1,06E-03
Metais	kg	1,54E-08	5,46E-09	2,09E-08
NH ₃	kg		1,98E-13	1,98E-13
COVNM	kg	3,15E-05	4,56E-03	4,59E-03
NOx	kg	1,08E-02	3,02E-02	4,10E-02
N ₂ O	kg		3,28E-04	3,28E-04
SOx	kg	2,76E-05	2,27E-03	2,30E-03
Metil Carptano	kg		2,91E-09	2,91E-09
HCl	kg	7,70E-08	2,73E-04	2,73E-04
H ₂ S	kg		6,08E-09	6,08E-09
Radiotividade para o ar	KBq		3,22E-04	3,22E-04
Efluentes líquidos				
DBO	kg	7,70E-08	1,06E-05	1,06E-05
DQO	kg	1,54E-07	6,50E-05	6,51E-05
Metais pesados	kg		1,51E-09	1,51E-09

Tabela A44 – continuação.

CxHy	kg	3,08E-07	6,24E-07	9,32E-07
Efluentes líquidos não esp	kg		1,02E-08	1,02E-08
Água residual	kg		9,88E-07	9,88E-07
Óleo não especificado	kg	7,91E-01	4,70E-06	7,91E-01
Sólidos suspensos totais	kg		3,33E-05	3,33E-05
Cl ⁻	kg	1,54E-07	7,08E-06	7,24E-06
Íons metálicos	kg	7,70E-08	2,67E-09	7,97E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg		1,64E-09	1,64E-09
Na ⁺	kg		4,62E-06	4,62E-06
Ácidos	kg		5,60E-12	5,60E-12
Metais	kg		3,28E-10	3,28E-10
Compostos de nitrogênio	kg	4,62E-08	5,60E-09	5,18E-08
Óleos e graxas	kg		4,59E-09	4,59E-09
Compostos de enxofre	kg		3,08E-12	3,08E-12
Radioatividade para água	KBq		4,96E-04	4,96E-04
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg		1,10E-10	1,10E-10
Resíduos inertes	kg	3,40E-05	1,20E-06	3,52E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	2,52E-03	8,93E-05	2,61E-03
Resíduos no solo	dm ³		4,42E-04	4,42E-04
Resíduos processuais	kg		3,53E-04	3,53E-04

Tabela A45 - Inventário consolidado dos fertilizantes para o cultivo de 2407 Kg de cana de açúcar.

	Unid	Inventário consolidado da prod. de fertiliz.	Inventário consolidado do transporte total	Inventário consolidado do fertilizante total
Entradas				
Petróleo	kg	1,06E+00	5,19E-01	1,58E+00
Carvão	kg	1,03E+00	5,18E-04	1,03E+00
Gás Natural	kg	8,66E-02	1,44E-02	1,01E-01
Energia	MJ	1,27E+02	1,22E-01	1,27E+02
Vapor	GJ	2,24E-02		2,24E-02
Combustíveis renováveis	kg	2,19E-05	1,02E-04	1,24E-04
Combustível fóssil	GJ	5,08E-04		5,08E-04
Gas Natural	kg	2,16E+00		2,16E+00
Ar	kg	4,36E-02		4,36E-02
Água	kg	3,03E+01	7,97E-02	3,03E+01
Rocha fosfática bruta	kg	7,91E+00		7,91E+00
Enxofre elementar	kg	2,22E-01		2,22E-01
Rocha potássica	kg	9,26E-01		9,26E-01
Reservas bióticas	kg	3,43E-05	1,60E-04	1,94E-04
Materiais Secundários	kg	7,72E-02	2,97E-05	7,73E-02
Urânio	kg	1,45E-05	9,52E-09	1,45E-05
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	7,04E+00	2,98E+00	1,00E+01
CO	kg	2,62E-02	6,84E-02	9,46E-02
CH ₄	kg	7,30E-03	9,26E-04	8,22E-03
Vapor de água	kg	1,85E-02	8,01E-05	1,86E-02
Material particulado	kg	1,23E-02	1,69E-03	1,40E-02
CxHy	kg	8,98E-04	1,06E-03	1,95E-03
Metais	kg	1,97E-09	2,09E-08	2,28E-08
NH ₃	kg	4,82E-10	1,98E-13	4,82E-10
COVNM	kg	6,44E-04	4,59E-03	5,24E-03
NOx	kg	5,51E-02	4,10E-02	9,61E-02
N ₂ O	kg	8,88E-04	3,28E-04	1,22E-03
SOx	kg	1,63E-02	2,30E-03	1,86E-02
Metil Carptano	kg	6,24E-10	2,91E-09	3,54E-09

Tabela A45 – continuação.

HCl	kg	5,86E-05	2,73E-04	3,32E-04
H ₂ S	kg	1,36E-06	6,08E-09	1,37E-06
HF	kg	1,86E-05		1,86E-05
Fluoretos	kg	1,21E-04		1,21E-04
Radioatividade para o ar	KBq	7,85E-01	3,22E-04	7,85E-01
Efluentes líquidos				
DBO	kg	1,77E-05	1,06E-05	2,83E-05
DQO	kg	2,93E-05	6,51E-05	9,44E-05
Metais pesados	kg	1,48E-08	1,51E-09	1,63E-08
CxHy	kg	2,54E-06	9,32E-07	3,48E-06
Efluentes líquidos não esp	kg	2,18E-09	1,02E-08	1,24E-08
Água residual	kg	2,12E-07	9,88E-07	1,20E-06
Óleo não especificado	kg	1,01E-06	7,91E-01	7,91E-01
Sólidos suspensos totais	kg	1,52E-05	3,33E-05	4,85E-05
Cl ⁻	kg	6,17E-02	7,24E-06	6,17E-02
Íons metálicos	kg	5,71E-10	7,97E-08	8,02E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,31E+01	1,64E-09	1,31E+01
Fosfato	kg	3,38E-03		3,38E-03
Na ⁺	kg	3,61E-02	4,62E-06	3,61E-02
K ⁺	kg	7,89E-04		7,89E-04
Ca ₂ ⁺	kg	1,02E-03		1,02E-03
Mg ₂ ⁺	kg	5,93E-04		5,93E-04
Ácidos	kg	1,37E-08	5,60E-12	1,37E-08
Metais	kg	8,03E-07	3,28E-10	8,03E-07
Compostos de nitrogênio	kg	3,09E-02	5,18E-08	3,09E-02
Óleos e graxas	kg	1,12E-05	4,59E-09	1,12E-05
Compostos de enxofre	kg	1,34E+00	3,08E-12	1,34E+00
Compostos orgânicos totais	kg	1,23E-05		1,23E-05
Radioatividade para água	kbq	1,21E+00	4,96E-04	1,21E+00
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	2,35E-11	1,10E-10	1,33E-10
Resíduos inertes	kg	2,57E-07	3,52E-05	3,55E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	1,91E-05	2,61E-03	2,63E-03
Resíduos no solo	dm ³	9,48E-05	4,42E-04	5,37E-04
Resíduos processuais	kg	7,56E-05	3,53E-04	4,28E-04
Enxofre	kg	2,63E-08		2,63E-08
Catalisador usado	kg	2,60E-02		2,60E-02

Tabela A45 – continuação.

Resíduo da mineração	kg	2,24E+00		2,24E+00
Magnetita	dm³	1,30E+00		1,30E+00
Lama	kg	1,14E+00		1,14E+00
Resíduo não apatítico	kg	3,91E+00		3,91E+00
Emissões Materiais				
Vapor	GJ	3,82E-03		3,82E-03

Tabela A46 - Inventário da produção de 12 kg de calcário.

	Unidade	Quantidade
Entradas		
Energia	GJ	4,48E-04
Energia (explosivos)	GJ	7,39E-06
Carvão	kg	3,62E-03
Gás natural	kg	8,65E-04
Petróleo	kg	1,74E-02
Água	kg	3,29E+01
Rocha Metamórfica	kg	1,00E+03
Materiais secundários	kg	2,54E-04
Urânio	kg	5,10E-08
Combustíveis renováveis	kg	4,97E-06
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
CO ₂	kg	5,53E-02
Nox	kg	7,32E-04
N ₂ O	kg	4,28E-06
NH ₃	kg	1,69E-12
CH ₄	kg	5,82E-05
CO	kg	2,48E-04
Vapor de água	kg	6,86E-05
Hidrocarbonetos	kg	4,55E-03
Metais	kg	3,04E-11
COVNM	kg	1,68E-05
Material particulado	kg	1,98E-03
SOx	kg	1,24E-04
Metil carptano	kg	1,54E-10
H ₂ S	kg	3,20E-09
Radioatividade para o ar	kBq	2,76E-03
Efluentes Líquidos		
Compostos de Nitrogênio	kg	1,08E-07
Ácidos	kg	4,80E-11
DBO	kg	5,32E-07
DQO	kg	3,19E-06
Cloretos	kg	3,73E-07
Metais pesados não especif.	kg	1,21E-10
Hidrocarbonetos	kg	3,88E-08
Metais	kg	2,82E-09
Óleos e graxas	kg	3,96E-08
Compostos de enxofre	kg	1,27E-10

Tabela A46 – continuação.

Sólidos dissolvidos totais	kg	1,42E-08
Sólidos suspensos totais	kg	1,66E-06
Água residual	kg	4,79E-08
Óleo não especificado	kg	2,38E-07
Íons metálicos	kg	1,38E-10
Na ⁺	kg	2,50E-07
Efluentes líquidos não espec.	kg	1,21E-10
Radioatividade para a água	kBr	4,26E-03
Resíduos Sólidos		
Resíduos sólidos oleosos	kg	4,49E-06
Resíduos não inertes	kg	6,05E-08
Resíduos no solo	dm ³	3,78E-03
Resíduos processuais	kg	3,02E-03
Resíduos sólidos não espec	kg	5,33E-12
Emissões não materiais		
Energia	GJ	1,43E-08

Tabela A47 - Inventário do transporte terrestre de 12 kg calcário de no trecho Bandeirantes do Tocantins (TO) - Ulianópolis (PA).

	Unidade	Transporte de 1 Km de Calcário	Transporte de 12 kg de Calcário por 543 km
Entradas			
Diesel	kg	4,30E-02	2,80E-01
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
SOx	kg	1,12E-04	7,30E-04
NOx	kg	1,72E-03	1,12E-02
CO ₂	kg	1,35E-01	8,80E-01
CO	kg	3,74E-04	2,44E-03
N ₂ O	kg	1,89E-05	1,23E-04
COVNM	kg	1,85E-04	1,21E-03
CH ₄	kg	5,59E-06	3,64E-05
Mat. Particulado	kg	9,46E-05	6,16E-04

Tabela A48 - Inventário consolidado do transporte terrestre 12 kg de calcário no trecho Bandeirantes do Tocantins (TO) – Ulianópolis (PA).

	Unid	Produção de 0,280 Kg de óleo diesel	Transporte terrestre de calcário	Inventário consolid. transp terrestre de Calcário
Entradas				
Petróleo	kg	6,30E-02		6,30E-02
Carvão	kg	8,60E-05		8,60E-05
Gás Natural	kg	2,63E-03		2,63E-03
Energia	MJ	1,06E-02		1,06E-02
Combustíveis renováveis	kg	2,00E-05		2,00E-05
Água	kg	1,50E-02		1,50E-02
Reservas bióticas	kg	3,13E-05		3,13E-05
Materiais Secundários	kg	5,81E-06		5,81E-06
Urânio	kg	1,86E-09		1,86E-09
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	1,46E-02	1,72E-01	1,87E-01
CO	kg	3,44E-05	4,77E-04	5,11E-04
CH ₄	kg	1,62E-04	7,12E-06	1,69E-04
Vapor de água	kg	1,57E-05		1,57E-05
Material particulado	kg	8,55E-06	1,21E-04	1,30E-04
CxHy	kg	7,07E-06		7,07E-06
Metais	kg	1,07E-09		1,07E-09
NH ₃	kg	3,87E-14		3,87E-14
COVNM	kg	5,46E-05	2,36E-04	2,91E-04
NOx	kg	7,89E-05	2,19E-03	2,27E-03
N ₂ O	kg	7,07E-08	2,41E-05	2,42E-05
SOx	kg	6,41E-05	1,43E-04	2,07E-04
Metil Carptano	kg	5,71E-10		5,71E-10
HCl	kg	5,35E-05		5,35E-05
H ₂ S	kg	1,19E-09		1,19E-09
Radiatividade para o ar	KBq	6,30E-05		6,30E-05
Efluentes Líquidos				
DBO	kg	2,07E-06		2,07E-06
DQO	kg	1,27E-05		1,27E-05
Metais pesados	kg	2,96E-10		2,96E-10
CxHy	kg	1,22E-07		1,22E-07

Tabela A48 – continuação.

Efluentes líquidos não esp	kg	1,99E-09		1,99E-09
Água residual	kg	1,93E-07		1,93E-07
Óleo não especificado	kg	9,21E-07		9,21E-07
Sólidos suspensos totais	kg	6,52E-06		6,52E-06
Cl ⁻	kg	1,39E-06		1,39E-06
Íons metálicos	kg	5,22E-10		5,22E-10
Sólidos dissolvidos totais	kg	3,22E-10		3,22E-10
Na ⁺	kg	9,04E-07		9,04E-07
Ácidos	kg	1,10E-12		1,10E-12
Metais	kg	6,41E-11		6,41E-11
Compostos de nitrogênio	kg	1,10E-09		1,10E-09
Óleos e graxas	kg	8,99E-10		8,99E-10
Compostos de enxofre	kg	6,03E-13		6,03E-13
Radioatividade para água	KBq	9,70E-05		9,70E-05
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	2,15E-11		2,15E-11
Resíduos inertes	kg	2,35E-07		2,35E-07
Resíduos sólidos oleosos	kg	1,75E-05		1,75E-05
Resíduos no solo	dm ³	8,66E-05		8,66E-05
Resíduos processuais	kg	6,90E-05		6,90E-05

Tabela A49 - Inventário consolidado de 12 kg de calcário para a produção de 240 kg de cana de açúcar.

	Unid	Inventário da produção de calcário	Inventário consolidado do transporte de calcario	Inventário consolidado de 12 Kg de calcário
Entradas				
Energia	GJ	4,48E-04	1,06E-02	1,11E-02
Energia (explosivos)	GJ	7,39E-06		7,39E-06
Carvão	kg	3,62E-03	8,60E-05	3,71E-03
Gás natural	kg	8,65E-04	2,63E-03	3,50E-03
Petróleo	kg	1,74E-02	6,30E-02	8,04E-02
Água	kg	3,29E+01	1,50E-02	3,29E+01
Reservas bióticas	kg		3,13E-05	3,13E-05
Rocha Metamórfica	kg	1,00E+03		1,00E+03
Materiais secundários	kg	2,54E-04	5,81E-06	2,60E-04
Urânio	kg	5,10E-08	1,86E-09	5,29E-08
Combustíveis renováveis	kg	4,97E-06	2,00E-05	2,50E-05
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	5,53E-02	1,87E-01	2,42E-01
Nox	kg	7,32E-04	2,27E-03	3,00E-03
N ₂ O	kg	4,28E-06	2,42E-05	2,85E-05
NH ₃	kg	1,69E-12	3,87E-14	2,26E-02
CH ₄	kg	5,82E-05	1,69E-04	2,28E-04
CO	kg	2,48E-04	5,11E-04	7,60E-04
Vapor de água	kg	6,86E-05	1,57E-05	8,43E-05
Hidrocarbonetos	kg	4,55E-03	7,07E-06	4,56E-03
Metais	kg	3,04E-11	1,07E-09	1,10E-09
COVNM	kg	1,68E-05	2,91E-04	3,07E-04
Material particulado	kg	1,98E-03	1,30E-04	2,11E-03
SOx	kg	1,24E-04	2,07E-04	3,31E-04
Metil carptano	kg	1,54E-10	5,71E-10	7,24E-10
HCL	kg		5,35E-05	5,35E-05
H ₂ S	kg	3,20E-09	1,19E-09	4,39E-09
Radioatividade para o ar	kBq	2,76E-03	6,30E-05	2,82E-03
Efluentes Líquidos				
Compostos de Nitrogênio	kg	1,08E-07	1,10E-09	1,09E-07

Tabela A49 – continuação.

Ácidos	kg	4,80E-11	1,10E-12	4,91E-11
DBO	kg	5,32E-07	2,07E-06	2,60E-06
DQO	kg	3,19E-06	1,27E-05	1,59E-05
Cloretos	kg	3,73E-07	1,39E-06	1,76E-06
Metais pesados não especific.	kg	1,21E-10	2,96E-10	4,17E-10
Hidrocarbonetos	kg	3,88E-08	1,22E-07	1,61E-07
Metais	kg	2,82E-09	6,41E-11	2,88E-09
Óleos e graxas	kg	3,96E-08	8,99E-10	4,05E-08
Compostos de enxofre	kg	1,27E-10	6,03E-13	1,28E-10
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,42E-08	3,22E-10	1,45E-08
Sólidos suspensos totais	kg	1,66E-06	6,52E-06	8,18E-06
Água residual	kg	4,79E-08	1,93E-07	2,41E-07
Óleo não especificado	kg	2,38E-07	9,21E-07	1,16E-06
Íons metálicos	kg	1,38E-10	5,22E-10	6,60E-10
Na ⁺	kg	2,50E-07	9,04E-07	1,15E-06
Efluentes líquidos não espec.	kg	1,21E-10	1,99E-09	2,12E-09
Radioatividade para a água	kBr	4,26E-03	9,70E-05	4,36E-03
Resíduos Sólidos				
Resíduos sólidos oleosos	kg	4,49E-06	2,15E-11	4,49E-06
Resíduos não inertes	kg	6,05E-08	2,35E-07	2,96E-07
Resíduos no solo	dm ³	3,78E-03	1,75E-05	3,80E-03
Resíduos processuais	kg	3,02E-03	8,66E-05	3,11E-03
Resíduos sólidos não espec	kg	5,33E-12	6,90E-05	6,90E-05
Emissões não materiais				
Energia	GJ	1,43E-08		1,43E-08

Tabela A50 - Inventário consolidado da produção de 6,5 E-02 de Herbicidas e 9, 12 E – 04Kg Clorpirifós etl.

	Unid	Inventário Herbicida(1)	Inventário Clorpirifós(2)	Inventário Herb (1) + Clorp (2)
Entradas				
Energia	GJ	1,91E-03	2,44E-05	1,94E-03
Carvão	kg	1,87E-02	2,64E-04	1,90E-02
Gás natural	kg	6,31E-03	5,78E-05	6,37E-03
Petróleo	kg	1,43E-01	1,23E-03	1,44E-01
Água	kg	1,40E+02	1,80E+00	1,42E+02
Materiais secundários	kg	1,09E-03	1,39E-05	1,10E-03
Urânio	kg	2,18E-07	2,79E-09	2,21E-07
Combustíveis renováveis	kg	4,11E-05	3,52E-07	4,15E-05
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	2,28E-01	1,66E-03	2,30E-01
Nox	kg	9,69E-04	1,09E-05	9,79E-04
N ₂ O	kg	1,40E-05	1,74E-07	1,41E-05
NH ₃	kg	7,22E-12	9,30E-14	7,31E-12
Herbicidas	kg	9,10E-07		9,10E-07
Clorpirifós etil	kg		1,28E-08	1,28E-08
CH ₄	kg	4,06E-04	3,74E-06	4,09E-04
CO	kg	2,83E-04	3,12E-06	2,87E-04
Vapor de água	kg	3,06E-04	3,80E-06	3,10E-04
Hidrocarbonetos	kg	1,79E-05	1,53E-07	1,81E-05
Metais	kg	2,40E-10	2,10E-12	2,42E-10
COVNM	kg	7,22E-12	9,30E-15	7,22E-12
Material particulado	kg	1,11E-04	1,27E-06	1,12E-04
SOx	kg	6,13E-04	5,11E-06	6,18E-04
Metil carptano	kg	1,27E-09	1,09E-11	1,28E-09
H ₂ S	kg	2,66E-08	2,27E-10	2,68E-08
Radioatividade para o ar	kBq	1,18E-02	1,50E-04	1,19E-02
Efluentes líquidos				
Compostos de Nitrogênio	kg	5,64E-09	7,14E-11	5,71E-09
Ácidos	kg	2,05E-10	2,63E-12	2,07E-10
DBO	kg	4,33E-06	3,74E-08	4,37E-06
DQO	kg	2,63E-05	2,25E-07	2,66E-05
Cloretos	kg	3,09E-06	2,64E-08	3,11E-06
Metais pesados não especific.	kg	8,06E-10	7,80E-12	8,14E-10

Tabela A50 – continuação.

Hidrocarbonetos	kg	2,87E-07	2,61E-09	2,90E-07
Metais	kg	1,20E-08	1,54E-09	1,36E-08
Óleos e graxas	kg	1,68E-07	2,16E-09	1,71E-07
Compostos de enxofre	kg	5,41E-10	6,95E-12	5,48E-10
Sólidos dissolvidos totais	kg	6,02E-08	7,72E-10	6,10E-08
Sólidos suspensos totais	kg	1,36E-05	1,17E-07	1,37E-05
Efluentes líquidos não especif.	kg	4,10E-09	3,50E-11	4,13E-09
Água residual	kg	3,97E-07	3,50E-11	3,97E-07
Óleo não especificado	kg	1,96E-06	1,68E-08	1,98E-06
Íons metálicos	kg	1,14E-09	9,76E-12	1,15E-09
Na ⁺	kg	2,07E-06	1,77E-08	2,09E-06
Efluentes líquidos perigosos	kg	3,25E-03	4,56E-05	3,30E-03
Radioatividade para a água	kbr	1,81E-06	2,33E-08	1,84E-06
Resíduos sólidos				
Resíduos sólidos oleosos	kg	3,72E-05	3,18E-07	3,75E-05
Resíduos não inertes	kg	5,01E-07	4,29E-09	5,05E-07
Resíduos no solo	dm ³	1,61E-02	2,06E-04	1,63E-02
Resíduos processuais	kg	1,29E-02	1,65E-04	1,30E-02
Resíduos sólidos não espec	kg	4,41E-11	3,78E-13	4,45E-11
Resíduos sólidos perigosos	kg	9,75E-03	1,37E-04	9,89E-03
Emissões não materiais				
Energia	GJ	1,18E-07	1,00E-09	1,19E-07

Tabela A51 - Inventário da queima da palha correspondente a 2407 kg da cada de açúcar.

	Unidade	Quantidade
Saídas		
Emissões Atmosféricas		
CH ₄	kg	8,57E-04
CO	kg	1,80E-02
N ₂ O	kg	4,24E-05
NOx	kg	1,53E-03
Material particulado	kg	5,78E+00
Hidrocarbonetos	kg	1,16E+01

Fonte: ALMEIDA; MARZULLO; MARTINS, 2007.

Tabela A52 - Inventário da produção e consumo de óleo diesel pelo maquinário agrícola na produção de 2407 kg de cana de açúcar.

	Unidade	Produção de 2,00 Kg de óleo diesel	Queima de 2,00 Kg de óleo diesel	Inventário consol de 2 Kg de diesel no maquinário
Entradas				
Petróleo	kg	2,30E+00		2,30E+00
Carvão	kg	3,14E-03		3,14E-03
Gás Natural	kg	9,60E-02		9,60E-02
Energia	MJ	3,88E-01		3,88E-01
Combustíveis renováveis	kg	7,30E-04		7,30E-04
Água	kg	5,46E-01		5,46E-01
Reservas bióticas	kg	1,14E-03		1,14E-03
Materiais Secundários	kg	2,12E-04		2,12E-04
Urânio	kg	6,80E-08		6,80E-08
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	kg	5,34E-01	6,38E+00	6,91E+00
CO	kg	1,25E-03	2,70E-02	2,83E-02
CH ₄	kg	5,92E-03	3,56E-04	6,28E-03
Vapor de água	kg	5,72E-04		5,72E-04
Material particulado	kg	3,12E-04	3,46E-03	3,77E-03
CxHy	kg	2,58E-04	7,18E-03	7,44E-03
Metais	kg	3,90E-08		3,90E-08
NH ₃	kg	1,41E-12		1,41E-12
COVNM	kg	1,99E-03		1,99E-03
NOx	kg	2,88E-03	7,52E-02	7,81E-02
N ₂ O	kg	2,58E-06	1,01E-04	1,03E-04
SOx	kg	2,34E-03	1,01E-02	1,25E-02
Metil Carptano	kg	2,16E-08		2,16E-08
HCl	kg	1,95E-03		1,95E-03
H ₂ S	kg	4,34E-08		4,34E-08
Radiatividade para o ar	KBq	2,30E-03		2,30E-03
Efluentes Líquidos				
DBO	kg	7,54E-05		7,54E-05
DQO	kg	4,64E-04		4,64E-04
Metais pesados	kg	1,08E-08		1,08E-08
CxHy	kg	4,46E-06		4,46E-06

Tabela A52 – continuação.

Efluentes líquidos não esp	kg	7,28E-08		7,28E-08
Água residual	kg	7,06E-06		7,06E-06
Óleo não especificado	kg	3,36E-05		3,36E-05
Sólidos suspensos totais	kg	2,38E-04		2,38E-04
Cl ⁻	kg	5,06E-05		5,06E-05
Íons metálicos	kg	1,90E-08		1,90E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,17E-08		1,17E-08
Na ⁺	kg	3,38E-05		3,38E-05
Ácidos	kg	4,00E-11		4,00E-11
Metais	kg	2,34E-09		2,34E-09
Compostos de nitrogênio	kg	4,00E-08		4,00E-08
Óleos e graxas	kg	3,28E-08		3,28E-08
Compostos de enxofre	kg	1,06E-10		1,06E-10
Radioatividade para água	KBq	3,54E-03		3,54E-03
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	kg	7,84E-10		7,84E-10
Resíduos inertes	kg	8,58E-06		8,58E-06
Resíduos sólidos oleosos	kg	6,38E-04		6,38E-04
Resíduos no solo	dm ³	3,16E-03		3,16E-03
Resíduos processuais	kg	2,52E-03		2,52E-03

Tabela A53 - Inventário consolidado da produção de 2407 kg de cana de açúcar.

	Unid	Produção parcial de 2407 kg de Açúcar	Inventário consolidado dos fertiliz. 2407 kg de cana	Inventário consolidado 12 kg de calcário	Inventário consolidado de herb. e clorp.	Inventário consolidado de 2 kg de diesel no maquinário	Inventário da queima da palha da cana	Inventário total consolidado de produção da cana
Entradas								
Petróleo	kg		1,58E+00	8,04E-02	1,44E-01	2,30E+00		4,10E+00
Carvão	kg		1,03E+00	3,71E-03	1,90E-02	3,14E-03		1,05E+00
Gás Natural	kg		1,01E-01	3,50E-03	6,37E-03	9,60E-02		2,07E-01
Energia	MJ		1,27E+02	1,11E-02	1,94E-03	3,88E-01		1,27E+02
Energia (explosivos)	MJ			7,39E-06				7,39E-06
Vapor	GJ		2,24E-02					2,24E-02
Combustíveis renováveis	kg		1,24E-04	2,50E-05	4,15E-05	7,30E-04		2,19E-05
Combustível fóssil	GJ		5,08E-04					5,08E-04
Gás Natural	kg		2,16E+00					2,16E+00
Ar	kg		4,36E-02					4,36E-02
Água	kg		3,03E+01	3,29E+01	1,42E+02	5,46E-01		2,06E+02
Rocha metafórmica	kg			1,00E+03				1,00E+03
Rocha fosfática bruta	kg		7,91E+00					7,91E+00
Enxofre elementar	kg		2,22E-01					2,22E-01
Rocha potássica	kg		9,26E-01					9,26E-01
Reservas bióticas	kg		1,94E-04	3,13E-05		1,14E-03		3,43E-05
Materiais Secundários	kg		7,73E-02	2,60E-04	1,10E-03	2,12E-04		7,88E-02
Urânio	kg		1,45E-05	5,29E-08	2,21E-07	6,80E-08		1,47E-05
Saídas								
Emissões Atmosféricas								
CO ₂	kg	1,09E+00	1,00E+01	2,42E-01	2,30E-01	6,91E+00		1,85E+01
CO	kg		9,46E-02	7,60E-04	2,87E-04	2,83E-02	1,80E-02	1,42E-01
CH ₄	kg		8,22E-03	2,28E-04	4,09E-04	6,28E-03	8,57E-04	1,60E-02
Vapor de água	kg		1,86E-02	8,43E-05	3,10E-04	5,72E-04		1,95E-02

Tabela A53 – continuação.

Material particulado	kg		1,40E-02	2,11E-03	1,12E-04	3,77E-03	5,78E+00	5,80E+00
CxHy	kg		1,95E-03	4,56E-03	1,81E-05	7,44E-03	1,16E+01	1,16E+01
Metais	kg		2,28E-08	1,10E-09	2,42E-10	3,90E-08		6,32E-08
NH ₃	kg	1,50E-02	4,82E-10	2,26E-02	7,31E-12	1,41E-12		3,76E-02
COVNM	kg		5,24E-03	3,07E-04	7,22E-12	1,99E-03		7,53E-03
NOx	kg	2,26E-01	9,61E-02	3,00E-03	9,79E-04	7,81E-02	1,53E-03	4,05E-01
N ₂ O	kg	7,15E-02	1,22E-03	2,85E-05	1,41E-05	1,03E-04	4,24E-05	7,29E-02
SOx	kg		1,86E-02	3,31E-04	6,18E-04	1,25E-02		3,21E-02
Metil Carptano	kg		3,54E-09	7,24E-10	1,28E-09	2,16E-08		2,71E-08
HCl	kg		3,32E-04	5,35E-05		1,95E-03		2,34E-03
H ₂ S	kg		1,37E-06	4,39E-09	2,68E-08	4,34E-08		1,44E-06
Herbicida	kg	6,47E-03						6,47E-03
Clorpirifós etil	kg	9,12E-05						9,12E-05
HF	kg		1,86E-05					1,86E-05
Fluoretos	kg		1,21E-04					1,21E-04
Radiotividade para o ar	KBq		7,85E-01	2,82E-03	1,19E-02	2,30E-03		8,02E-01
Efluentes líquidos								
DBO	kg		2,83E-05	2,60E-06	4,37E-06	7,54E-05		1,11E-04
DQO	kg		9,44E-05	1,59E-05	2,66E-05	4,64E-04		6,01E-04
Metais pesados	kg		1,63E-08			1,08E-08		2,71E-08
CxHy	kg		3,48E-06	1,61E-07	2,90E-07	4,46E-06		8,39E-06
Efluentes líquidos não esp	kg		1,24E-08	2,12E-09	4,13E-09	7,28E-08		9,14E-08
Água residual	kg		1,20E-06	2,41E-07	3,97E-07	7,06E-06		8,90E-06
Óleo não especificado	kg		7,91E-01	1,16E-06	1,98E-06	3,36E-05		7,91E-01
Sólidos suspensos totais	kg		4,85E-05	8,18E-06	1,37E-05	2,38E-04		3,08E-04
Cl ⁻	kg		6,17E-02	1,76E-06	3,11E-06	5,06E-05		6,18E-02
Metais pesados não espec	kg			4,17E-10	8,14E-10			1,23E-09
Íons metálicos	kg		8,02E-08	6,60E-10	1,15E-09	1,90E-08		1,01E-07

Tabela A53 – continuação.

Sólidos dissolvidos totais	kg		1,31E+01	1,45E-08	6,10E-08	1,17E-08		1,31E+01
Fosfato	kg		3,38E-03					3,38E-03
Na ⁺	kg		3,61E-02	1,15E-06	2,09E-06	3,38E-05		3,61E-02
Efluentes líquidos perigosos	kg				3,30E-03			3,30E-03
K ⁺	kg		7,89E-04					7,89E-04
Ca ₂ ⁺	kg		1,02E-03					1,02E-03
Mg ₂ ⁺	kg		5,93E-04					5,93E-04
Ácidos	kg		1,37E-08	4,91E-11	2,07E-10	4,00E-11		1,40E-08
Metais	kg		8,03E-07	2,88E-09	1,36E-08	2,34E-09		8,22E-07
Compostos de nitrogênio	kg	2,17E-01	3,09E-02	1,09E-07	5,71E-09	4,00E-08		2,48E-01
Óleos e graxas	kg		1,12E-05	4,05E-08	1,71E-07	3,28E-08		1,15E-05
Compostos de enxofre	kg		1,34E+00	1,28E-10	5,48E-10	1,06E-10		1,34E+00
Compostos orgân. totais	kg		1,23E-05					1,23E-05
Herbicidas	kg	1,75E-02						1,75E-02
Clorpirifós etil	kg	2,46E-04						2,46E-04
Radioatividade para água	KBq		1,21E+00	4,36E-03	1,84E-06	3,54E-03		1,22E+00
Resíduos sólidos								
Resíduos não especificados	kg	2,35E-11	1,33E-10	6,90E-05	4,14E-07	7,84E-10		6,95E-05
Resíduos inertes	kg	2,57E-07	3,55E-05			8,58E-06		4,43E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	1,91E-05	2,63E-03	4,49E-06	3,49E-01	6,38E-04		3,52E-01
Resíduos no solo	dm³	9,48E-05	5,37E-04	3,80E-03	2,26E+02	3,16E-03		2,26E+02
Resíduos processuais	kg	7,56E-05	4,28E-04	3,11E-03	1,81E+02	2,52E-03		1,81E+02
Resíduos inertes não	kg			2,96E-07	4,70E-03			4,70E-03

Tabela A53 – continuação.

Resíduos sólidos perigosos	Kg				1,50E+02			1,50E+02
Enxofre	Kg		2,63E-08					2,63E-08
Catalisador usado	Kg		2,60E-02					2,60E-02
Resíduo da mineração	Kg		2,24E+00					2,24E+00
Magnetita	dm³		1,30E+00					1,30E+00
Lama	Kg		1,14E+00					1,14E+00
Resíduo não apatítico	Kg		3,91E+00					3,91E+00
Herbicidas	Kg	3,63E-02						3,63E-02
Clorpirifós etil	Kg	5,10E-04						5,10E-04
Emissões Materiais								
Vapor	GJ		3,82E-03					3,82E-03
Energia	GJ			1,43E-08	1,10E-03			1,10E-03

Fonte: Construída pelo autor

Tabela A54 - Inventário consolidado da queima de 674 kg de bagaço de cana proveniente do processamento de 2407 kg de cana de açúcar.

	Unidade	Inventário da queima 280 Kg de bagaço de cana de açúcar	Inventário da queima de 674 Kg de bagaço de cana de açúcar
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
CO	kg	2,10E+00	8,24E+00
CH ₄	kg	6,16E-02	3,69E-02
NOx	kg	2,10E-01	8,67E-03
N ₂ O	kg	8,40E-03	1,02E-02
Material particulado	kg	2,58E+00	2,94E-01

Fonte: IPCC, (1996) e EPA, (1996)

Tabela A55 - Inventário consolidado da produção de 158 kg de bioetnaol anidro

	Unid	Produção parcial de 158 kg de etanol anidro	Inventário total consolidado de 2407 kg da prod de cana	Queima de 674 kg de bagaço de cana de açúcar	Inventário de. produção de 1,8 kg de ácido sulfúrico	Inventário de Prod. de 2,0 kg de cal virgem	Inventário consolidado de 158 kg de bioetanol anidro
Entradas							
Petróleo	kg		4,10E+00		5,42E-06	2,38E-01	4,34E+00
Carvão	kg		1,05E+00		5,76E-05	1,39E-03	1,05E+00
Gás Natural	kg		2,07E-01		3,24E-06	9,16E-03	2,16E-01
Energia	MJ		1,27E+02		7,09E-03	1,72E-04	1,27E+02
Energia (explosivos)	MJ		7,39E-06			2,20E-06	9,59E-06
Vapor	GJ		2,24E-02		9,32E-03		3,17E-02
Combustíveis renováveis	Kg		2,19E-05			6,98E-06	2,89E-05
Combustível fóssil	GJ		5,08E-04				5,08E-04
Gas Natural	kg		2,16E+00				2,16E+00
Ar	kg		4,36E-02		8,96E+00		9,01E+00
Água	kg	9,75E+02	2,06E+02		5,22E+00	2,78E+00	1,19E+03
Rocha metamórfica	kg		1,00E+03			3,58E+00	1,00E+03
Rocha fosfática bruta	kg		7,91E+00				7,91E+00
Enxofre elementar	kg		2,22E-01		5,94E-01		8,16E-01
Ciclo hexano	kg	1,20E-01					1,20E-01
Rocha potássica	kg		9,26E-01				9,26E-01
Reservas bióticas	kg		3,43E-05				3,43E-05
Materiais Secundários	kg		7,88E-02		4,03E-06	9,68E-05	7,89E-02
Urânio	kg		1,47E-05		4,48E-10	2,18E-08	1,48E-05
Saídas							

Tabela A55 – continuação.

Emissões Atmosféricas							
CO ₂	kg		1,85E+01		7,99E-05	2,30E+00	2,08E+01
CO	kg		1,42E-01	8,24E+00	6,70E-07	3,18E-04	8,38E+00
CH ₄	kg		1,60E-02	3,69E-02	2,45E-07	5,92E-04	5,35E-02
Vapor de água	kg		1,95E-02		1,03E-06	7,38E-05	1,96E-02
Material particulado	kg	2,34E-05	5,80E+00	2,94E-01	3,01E-07	6,66E-04	6,09E+00
CxHy	kg		1,16E+01		3,37E-09	4,84E-05	1,16E+01
Metais	kg		6,32E-08		4,48E-14	2,00E-03	2,00E-03
NH ₃	kg		3,76E-02		2,68E-14	6,46E-13	3,76E-02
COVNM	kg		7,53E-03		3,26E-08	8,10E-06	7,54E-03
NOx	kg	4,66E-03	4,05E-01	8,67E-03	2,57E-06	7,30E-04	4,19E-01
N ₂ O	kg		7,29E-02	1,02E-02	4,93E-08	4,40E-06	8,31E-02
SOx	kg		3,21E-02		4,79E-03	1,53E-03	3,84E-02
Metil Carptano	kg		2,71E-08			2,12E-09	2,93E-08
HCl	kg		2,34E-03				2,34E-03
H ₂ S	kg		1,44E-06			4,48E-08	1,49E-06
Herbicida	kg		6,47E-03				6,47E-03
Clorpirifós etil	kg		9,12E-05				9,12E-05
HF	kg		1,86E-05				1,86E-05
Fluoretos	kg		1,21E-04				1,21E-04
Radiatividade para o ar	KBq		8,02E-01		4,37E-05	1,05E-03	8,03E-01
Efluentes líquidos							
DBO	kg		1,11E-04		3,13E-10	7,14E-06	1,18E-04
DQO	kg		6,01E-04		5,83E-10	5,26E-06	6,06E-04

Tabela A55 – continuação.

Metais pesados	kg		2,71E-08		8,06E-13	1,01E-09	2,81E-08
CxHy	kg		8,39E-06		1,34E-10	4,26E-07	8,81E-06
Efluentes líquidos não esp	kg		9,14E-08			6,88E-09	9,83E-08
Água residual	kg		8,90E-06			6,66E-07	9,56E-06
Óleo não especificado	kg		7,91E-01			3,32E-06	7,91E-01
Sólidos suspensos totais	kg		3,08E-04		4,48E-10	2,26E-05	3,31E-04
Cl ⁻	kg		6,18E-02		2,68E-13	5,20E-06	6,18E-02
Metais pesados não espec	kg		1,23E-09				1,23E-09
Íons metálicos	kg		1,01E-07			1,91E-09	1,03E-07
Sólidos dissolvidos totais	kg		1,31E+01		2,25E-10	5,38E-09	1,31E+01
Fosfato	kg		3,38E-03				3,38E-03
Na ⁺	kg		3,61E-02			3,48E-06	3,61E-02
Efluentes líquidos perigosos	kg		3,30E-03				3,30E-03
K ⁺	kg		7,89E-04				7,89E-04
Ca ₂ ⁺	kg		1,02E-03				1,02E-03
Mg ₂ ⁺	kg		5,93E-04				5,93E-04
Ácidos	kg		1,40E-08		7,61E-13	1,83E-11	1,40E-08
Metais	kg		8,22E-07		4,48E-11	1,08E-09	8,23E-07
Compostos de nitrogênio	kg		2,48E-01		2,02E-11	8,66E-10	2,48E-01
Óleos e graxas	kg		1,15E-05		6,28E-10	1,51E-08	1,15E-05
Compostos de enxofre	kg		1,34E+00		2,02E-12	4,84E-11	1,34E+00
Compostos orgân. Totais	kg		1,23E-05				1,23E-05
Herbicidas	kg		1,75E-02				1,75E-02
Clorpirifós etil	kg		2,46E-04				2,46E-04

Tabela A55 – continuação.

Radioatividade para água	KBq		1,22E+00		6,75E-05	1,62E-03	1,22E+00
Resíduos sólidos							
Resíduos não especificados	kg		6,95E-05			7,42E-11	6,95E-05
Resíduos inertes	kg		4,43E-05				4,43E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg		3,52E-01			6,26E-05	3,52E-01
Resíduos no solo	dm³		2,26E+02		5,99E-05	1,44E-03	2,26E+02
Resíduos processuais	kg		1,81E+02		4,79E-05	1,51E-03	1,81E+02
Resíduos não inertes	kg		4,70E-03			8,42E-07	4,70E-03
Resíduos sólidos perigosos	kg		1,50E+02				1,50E+02
Enxofre	kg		2,63E-08				2,63E-08
Catalisador usado	kg		2,60E-02				2,60E-02
Resíduo da mineração	kg		2,24E+00				2,24E+00
Magnetita	dm³		1,30E+00				1,30E+00
Lama	kg		1,14E+00				1,14E+00
Resíduo não apatítico	kg		3,91E+00				3,91E+00
Herbicidas	kg		3,63E-02				3,63E-02
Clorpirifós etil	kg		5,10E-04				5,10E-04
Borra de enxofre	kg				1,37E-02		1,37E-02
Borra de catalisador	kg				1,05E-01		1,05E-01
Cinzas	kg	3,57E-03					3,57E-03
Emissões Materiais							
Vapor	GJ		3,82E-03				3,82E-03
Energia	GJ		1,10E-03			9,82E-08	1,10E-03

Tabela A56 - Inventário do transporte terrestre de bioetanol anidro no trecho Ulianópolis-Santo Antônio do Tauá (359 Km).

	Unidade	Transporte de 1 Km de Fertilizantes	Transporte de 158 Kg de bioetanol por 359 Km
Entradas			
Diesel	kg	4,30E-02	2,44E+00
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
SOx	kg	1,12E-04	6,35E-03
NOx	kg	1,72E-03	9,76E-02
CO ₂	kg	1,35E-01	7,66E+00
CO	kg	3,74E-04	2,12E-02
N ₂ O	kg	1,89E-05	1,07E-03
COVNM	kg	1,85E-04	1,05E-02
CH ₄	kg	5,59E-06	3,17E-04
Mat. Particulado	kg	9,46E-05	5,37E-03

Tabela A57 - Inventário consolidado do transporte terrestre de bioetanol para produção de 1000 kg de biodiesel no trecho Ulianópolis-Dentauá (359 Km).

	Unid	Produção de 2,44 kg de óleo diesel	Transporte terrestre de bioetanol	Inventário consolidado do transp terrestre
Entradas				
Petróleo	Kg	2,81E+00		2,81E+00
Carvão	Kg	3,83E-03		3,83E-03
Gás Natural	Kg	1,17E-01		1,17E-01
Energia	MJ	4,73E-01		4,73E-01
Combustíveis renováveis	Kg	8,91E-04		8,91E-04
Água	Kg	6,66E-01		6,66E-01
Reservas bióticas	Kg	1,39E-03		1,39E-03
Materiais Secundários	Kg	2,59E-04		2,59E-04
Urânio	Kg	8,30E-08		8,30E-08
Saídas				
Emissões Atmosféricas				
CO ₂	Kg	6,51E-01	7,66E+00	8,31E+00
CO	Kg	1,53E-03	2,12E-02	2,27E-02
CH ₄	Kg	7,22E-03	3,17E-04	7,54E-03
Vapor de água	Kg	6,98E-04		6,98E-04
Material particulado	Kg	3,81E-04	5,37E-03	5,75E-03
CxHy	Kg	3,15E-04		3,15E-04
Metais	Kg	4,76E-08		4,76E-08
NH ₃	Kg	1,72E-12		1,72E-12
COVNM	Kg	2,43E-03	1,05E-02	1,29E-02
NOx	Kg	3,51E-03	9,76E-02	1,01E-01
N ₂ O	Kg	3,15E-06	1,07E-02	1,07E-02
SOx	Kg	2,85E-03	6,85E-03	9,70E-03
Metil Carptano	Kg	2,54E-08		2,54E-08
HCl	Kg	2,38E-03		2,38E-03
H ₂ S	Kg	5,29E-08		5,29E-08
Radiotividade para o ar	KBq	2,81E-03		2,81E-03
Efluentes líquidos				
DBO	Kg	9,20E-05		9,20E-05
DQO	Kg	5,66E-04		5,66E-04
Metais pesados	Kg	1,32E-08		1,32E-08
CxHy	Kg	5,44E-06		5,44E-06
Efluentes líquidos não esp	Kg	8,88E-08		8,88E-08

Tabela A57 – continuação.

Água residual	Kg	8,61E-06		8,61E-06
Óleo não especificado	Kg	4,10E-05		4,10E-05
Sólidos suspensos totais	Kg	2,90E-04		2,90E-04
Cl ⁻	Kg	6,17E-05		6,17E-05
Íons metálicos	Kg	2,32E-08		2,32E-08
Sólidos dissolvidos totais	Kg	1,43E-08		1,43E-08
Na ⁺	Kg	4,03E-05		4,03E-05
Ácidos	Kg	4,88E-11		4,88E-11
Metais	Kg	2,85E-09		2,85E-09
Compostos de nitrogênio	Kg	4,88E-08		4,88E-08
Óleos e graxas	Kg	4,00E-08		4,00E-08
Compostos de enxofre	Kg	2,68E-11		2,68E-11
Radioatividade para água	KBq	4,32E-03		4,32E-03
Resíduos sólidos				
Resíduos não especificados	Kg	9,56E-10		9,56E-10
Resíduos inertes	Kg	1,05E-05		1,05E-05
Resíduos sólidos oleosos	Kg	7,78E-04		7,78E-04
Resíduos no solo	dm ³	3,86E-03		3,86E-03
Resíduos processuais	Kg	3,07E-03		3,07E-03

Tabela A58 - Inventário para a geração de 1GJ de energia térmica pelo óleo combustível e conversão para 16,8 MJ.

	Unidades	Inventário para geração de 1 GJ de ene térmica	Inventário para a geração de 16,8 MJ de ene
Entradas			
Óleo combustível	kg	2,49E+01	4,18E-01
Saídas			
Emissões Atmosféricas			
CO ₂	kg	7,84E+01	1,32E+00
CO	kg	1,50E-02	2,52E-01
CH ₄	kg	3,10E-03	5,20E-05
Nox	kg	5,10E-02	8,56E-04
Material particulado	kg	5,80E-03	9,74E-05
CxHy	kg	8,60E-04	1,44E-05
SOx	kg	1,50E-01	2,52E-03
NH ₃	kg	1,78E-12	2,99E-14

Fonte: SHEEHAN *et al.*, 1998.

Tabela A59 - Inventário consolidado da produção e uso de 0,418 kg de óleo combustível.

	Unid	Inventário consol do refino de 2,62 kg de petróleo	Inventário de de 0,418 kg de óleo combustível	Inventário para a geração de 16,8 MJ de energia elétrica	Inventário da produção e uso de 0,418 kg e 16,8 MJ de energia térmica
Entradas					
Petróleo	kg	2,90E+00	1,21E+00		4,11E+00
Carvão	kg	3,95E-03	1,65E-03		5,60E-03
Gás Natural	kg	1,21E-01	5,06E-02		1,72E-01
Energia	MJ	4,90E-01	2,05E-01		6,95E-01
Combustíveis renováveis	kg	9,20E-04	3,85E-04		1,30E-03
Água	kg	6,88E-01	2,88E-01		9,76E-01
Reservas bióticas	kg	1,44E-03	6,02E-04		2,04E-03
Materiais Secundários	kg	2,66E-04	1,11E-04		3,77E-04
Urânio	kg	8,57E-08	3,58E-08		1,22E-07
Saídas					
Emissões Atmosféricas					
CO ₂	kg	6,72E-01	2,81E-01	1,32E+00	2,27E+00
CO	kg	1,58E-03	6,60E-04	2,52E-01	2,54E-01
CH ₄	kg	7,45E-03	3,11E-03	5,20E-05	1,06E-02
Vapor de água	kg	7,21E-04	3,01E-04		1,02E-03
Material particulado	kg	3,92E-04	1,64E-04	9,74E-05	6,53E-04
CxHy	kg	3,26E-04	1,36E-04	1,44E-05	4,77E-04
Metais	kg	4,91E-08	2,05E-08		6,96E-08
NH ₃	kg	1,78E-12	7,44E-13	2,99E-14	2,55E-12
COVNM	kg	2,51E-03	1,05E-03		3,56E-03
NOx	kg	3,64E-03	1,52E-03	8,56E-04	6,02E-03
N ₂ O	kg	3,26E-06	1,36E-06		4,62E-06
SOx	kg	2,94E-03	1,23E-03	2,52E-03	6,69E-03
Metil Carptano	kg	2,62E-08	1,10E-08		3,72E-08
HCl	kg	2,46E-03	1,03E-03		3,49E-03
H ₂ S	kg	5,48E-08	2,29E-08		7,77E-08
Radiotividade para o ar	KBq	2,89E-03	1,21E-03		4,10E-03
Efluentes líquidos					
DBO	kg	9,50E-05	3,97E-05		1,35E-04
DQO	kg	5,85E-04	2,45E-04		8,30E-04
Metais pesados	kg	1,36E-08	5,68E-09		1,93E-08

Tabela A59 – continuação.

CxHy	kg	5,62E-06	2,35E-06		7,97E-06
Efluentes líquidos não esp	kg	9,17E-08	3,83E-08		1,30E-07
Água residual	kg	8,89E-06	3,72E-06		1,26E-05
Óleo não especificado	kg	4,24E-05	1,77E-05		6,01E-05
Sólidos suspensos totais	kg	3,01E-04	1,26E-04		4,27E-04
Cl	kg	6,37E-05	2,66E-05		9,03E-05
Íons metálicos	kg	2,40E-08	1,00E-08		3,40E-08
Sólidos dissolvidos totais	kg	1,48E-08	6,19E-09		2,10E-08
Na	kg	4,27E-05	1,78E-05		6,05E-05
Ácidos	kg	5,03E-11	2,10E-11		7,13E-11
Metais	kg	2,96E-09	1,24E-09		4,20E-09
Compostos de nitrogênio	kg	5,04E-08	2,11E-08		7,15E-08
Óleos e graxas	kg	4,14E-08	1,73E-08		5,87E-08
Compostos de enxofre	kg	1,33E-10	5,56E-11		1,89E-10
Radioatividade para água	KBq	4,47E-03	1,87E-03		6,34E-03
Resíduos sólidos					
Resíduos não especificados	kg	9,88E-10	4,13E-10		1,40E-09
Resíduos inertes	kg	1,08E-05	4,51E-06		1,53E-05
Resíduos sólidos oleosos	kg	8,03E-04	3,36E-04		1,14E-03
Resíduos no solo	dm³	3,97E-03	1,66E-03		5,63E-03
Resíduos processuais	kg	3,17E-03	1,33E-03		4,50E-03