



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM BIOENERGIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: BIOCOMBUSTÍVEIS



EDINEI APARECIDO FURQUIM DOS SANTOS

**Avaliação do ciclo de vida da cana-de-açúcar, do etanol hidratado e do açúcar VHP: uma análise socioeconômica e ambiental**

Maringá  
2018

EDINEI APARECIDO FURQUIM DOS SANTOS

**Avaliação do ciclo de vida da cana-de-açúcar, do etanol hidratado e do açúcar vhp: uma análise socioeconômica e ambiental**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Bioenergia, do Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Bioenergia.

Área de concentração Biocombustível.

Orientador: Prof. Dr. Nehemias Curvelo Pereira

Maringá  
2018.

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP) NBR 12899, conforme o Código de Catalogação Anglo-Americano (AACR/2), que representa o registro das informações que identificam a publicação na situação atual.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

Santos, Edinei Aparecido Furquim dos

S237a      Avaliação do ciclo de vida da cana-de-açúcar, do etanol hidratado e do açúcar vhp: uma análise socioecômica e ambiental/ Edinei Aparecido Furquim dos Santos. -- Maringá, 2018.

156 f. : il. color, figs., tabs., mapas

Orientador: Prof. Dr. Nehemias Curvelo Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Área de concentração: Bicombustíveis, 2018.

1. Impacto ambiental - cana-de-açúcar. 2. Impacto socioeconômico- Geração de emprego e rendas. 3. Usina de processamento - cana-de-açúcar. 4. Bicombustíveis. 5. Etanol. 6. Meio ambiente. 7. Açúcar VHP. I. Pereira, Nehemias Curvelo, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. Área de concentração: Bicombustíveis III. Título.

CDD 22. ED.662.88

Jane Lessa Monção CBR 1173

EDINEI APARECIDO FURQUIM DOS SANTOS

**Avaliação do ciclo de vida da cana-de-açúcar, do etanol hidratado e do açúcar vhp: uma análise socioeconômica e ambiental**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Bioenergia, do Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Bioenergia, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Nehemias Curvelo Pereira  
Orientador

Prof. Dr. Sérgio Henrique Bernardo de Faria  
Membro

Prof. Dr. Marcos, de Souza  
Membro

Aprovada em: 30 de agosto de 2018

Local de defesa: Bloco D-90, 109 Campus da Universidade Estadual de Maringá.

## ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos trinta dias do mês de agosto do ano de dois mil e dezoito, às oito horas e trinta minutos, na Sala 109 do Bloco D90, reuniu-se a Banca Examinadora indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Bioenergia da Universidade Estadual de Maringá, nomeada pela Resolução nº 033/18-PPB e composta pelos Professores Doutores: Nehemias Curvelo Pereira do DEQ/UEM (Orientador/Presidente); Sérgio Henrique B. de Faria do DEQ/UEM (Membro externo); Marcos de Souza do DEQ/UEM (Membro). A reunião teve por objetivo julgar o trabalho do candidato **Edinei Aparecido Furquim dos Santos** do Curso de Mestrado em Bioenergia, sob o título **“Avaliação do Ciclo de Vida da Cana-de-açúcar, do Etanol Hidratado e do Açúcar VHP: Uma Análise Socioeconômica e Ambiental”**. Os trabalhos foram iniciados pelo Professor Doutor Nehemias Curvelo Pereira, Presidente da Banca Examinadora. A seguir foi dada a palavra ao candidato para uma exposição oral de seu trabalho, no tempo de quarenta minutos. Após, iniciou-se a arguição pelos Professores Doutores \_\_\_\_\_

SÉRGIO HENRIQUE BERNARDO DE FARIA E MARCOS DE SOUZA

por último o orientador do trabalho. A Banca Examinadora adotou a sistemática de arguição e resposta. Terminada a arguição, procedeu-se o julgamento do trabalho. Em seguida a Banca Examinadora proclamou o candidato APROVADO. A homologação do resultado, bem como a obtenção do Grau de Mestre em Bioenergia dar-se-ão quando cumpridos os requisitos do Art. 37, parágrafo 2º do regulamento do programa de Pós-Graduação em Bioenergia. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente Ata, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora. Maringá, 30 de agosto de 2018.

Prof. Nehemias Curvelo Pereira – Orientador/Presidente \_\_\_\_\_

Prof. Sérgio Henrique Bernardo de Faria – Membro \_\_\_\_\_

Prof. Marcos de Souza – Membro \_\_\_\_\_

Eu chamo de bravo aquele que ultrapassou seus desejos, e não aquele que venceu seus inimigos; pois a mais dura das vitórias é a vitória sobre si mesmo.

Aristóteles

Dedico à minha esposa, Vidian Cristina de Lara dos Santos, por fazer parte da minha vida e ser a pessoa que mais incentivou e apoio me deu, além de todo o amor incondicional, pois sem este amor, carinho e dedicação esta vitória, não se concretizaria.

## AGRADECIMENTOS

Antes e acima de tudo, a Deus e a Nossa Senhora mãe de Jesus Cristo e nossa intercessora.

A toda minha família, meus pais e a meus filhos, pela compreensão nas minhas ausências em face aos dias de estudo e pesquisa, pelo amor incondicional, incentivo e apoio constantes a cada dia de minha trajetória. A cada vitória conquistada, a cada obstáculo vencido, vocês, mais do que ninguém, são também merecedores dos créditos.

Com muito respeito e consideração especial ao meu orientador, coordenador do Programa de Pós-graduação em Bioenergia (PPB) da UEM e professor Dr. Nehemias Curvelo Pereira, que esteve sempre disposto a me auxiliar, dando todo o suporte, dicas, chamadas de atenção e aconselhamento necessário, para que fosse possível a realização desta dissertação.

Aos meus amigos e demais colegas de mestrado pela convivência sempre tão agradável. Em especial: Leandro Pardinho, que foi além de um amigo, companheiro de viagem para as tão importantes aulas para o desenvolvimento desta dissertação

A todos os docentes, técnicos e funcionários do Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Londrina e demais Universidades que fazem parte deste programa e que contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao Programa de Pós-graduação em Bioenergia, em especial a secretária do curso na UEM Maria Sueli, pela paciência em nos comunicar dos atos, datas e prazos.

Ao Doutor Lucas Bonfim Rocha, pela paciência em ajudar sem medir esforços, pelos ensinamentos com a utilização dos softwares necessário ao desenvolvimento das análise (ACV). Assim tendo uma grande contribuição para o desenvolvimento final desta dissertação.

Aos membros da banca avaliadora, por terem aceitado o convite de participar da correção e avaliação deste trabalho de pesquisa. Obrigado pela enriquecedora contribuição.

Por fim, a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

## **Avaliação do ciclo de vida da cana-de-açúcar, do etanol hidratado e do açúcar vhp: uma análise socioeconômica e ambiental**

### **RESUMO**

As empresas com foco na produção de energia renovável (biocombustível) e alimentos (açúcar) proveniente da cana-de-açúcar tem se preocupado com a relação “produção e sustentabilidade”; em seus planejamentos estratégicos objetivam as possibilidades de gerar lucro e ao mesmo tempo atender as demandas legislativas e governamentais e, principalmente no anseio das populações circunvizinhas as usinas, seja pela manutenção de empregos ou de um ambiente saudável e sustentável. Baseado nestes pontos o estudo tem a finalidade de analisar os impactos ambientais e socioeconômicos, avaliando a produção do açúcar e do etanol a partir da cana de açúcar desde sua fase inicial (agrícola) até sua fase industrial (transporte, produção de açúcar VHP e etanol hidratado). Para tanto, foi utilizado a Análise do Ciclo de Vida (ACV) baseada na ABNT NBR ISO 14040:2014 e 14044:2014 e o Inventário de Ciclo de Vida (ICV), por coleta de dados e uso do software SIMAPRO 8.4 e o Ecoinvent 3.4 - Banco de dados de inventário, analisando todas as entradas e saídas no comparativo dos parâmetros e impactos para a produção dos produtos no Brasil. O estudo contribuiu para identificar em quais fases do ciclo de vida dentre as categorias de impacto analisadas, as agressões ao meio ambiente são mais relevantes, proporcionando a definição de uma linha para trabalhos futuros no foco “ fase agrícola ”, para busca de soluções a fim de reduzir as emissões e manter a sustentabilidade do negócio sucroalcooleiro em todos os elos que representam a cadeia produtiva de uma usina.

**Palavras Chave:** Açúcar. Etanol. Ciclo de Vida. Meio Ambiente. Comunidade. Impacto ambiental.

## **Evaluation of the life cycle of sugar cane hydrated ethanol and vhp sugar: a socio-economic and environmental analysis**

### **ABSTRACT**

The companies focused on the production of renewable energy (biofuel) and food (sugar) from sugarcane have been concerned with the relationship "production and sustainability"; in their strategic planning, aim at the possibilities of generating profit while at the same time meeting the legislative and governmental demands, and especially in the yearning of the populations surrounding the mills, whether for the maintenance of jobs or a healthy and sustainable environment. Based on these points the study has the purpose of analyzing the environmental and socioeconomic impacts, evaluating the production of sugar and ethanol from sugar cane from its initial stage (agricultural) to its industrial phase (transportation, production of VHP sugar and ethanol hydrated). The Life Cycle Analysis (LCA) based on ABNT NBR ISO 14040: 2014 and 14044: 2014 and the Life Cycle Inventory (ICV) were used for data collection and use of the SIMAPRO 8.4 software and the Ecoinvent 3.4 - Inventory database, analyzing all inputs and outputs in the comparative parameters and impacts for the production of the products in Brazil. The study contributed to identify in which phases of the life cycle among the impact categories analyzed, environmental aggressions are more relevant, providing the definition of a line for future work in the "agricultural phase" focus, in search of solutions in order to reduce emissions and maintain the sustainability of the sugar and alcohol business in all links that represent the productive chain of a plant.

**Keywords:** Sugar. Ethanol. Life Cycle. Environment. Community. Environmental Impact.

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - População total segundo os principais arranjos populacionais e classes de tamanho - Paraná-2000/2030. ....	28
Tabela 2 - Trabalhos publicados sobre a metodologia ACV ISO 14040 com base na cana de açúcar.....	39
Tabela 3 - Distribuição das edificações atualizadas e metragem construída.....	60
Tabela 4 - Inventario de entradas necessárias e saídas para a produção de 1 tonelada açúcar VHP. ....	71
Tabela 5 – Inventario de entradas necessárias e saídas para a produção de 1 M <sup>3</sup> de etanol Hidratado. ....	71
Tabela 6 - Dataset base de dados Ecoinvent 3.4 utilizados no software SimaPro. ....	74
Tabela 7 - Variáveis analisadas e suas unidades de medida.....	74
Tabela 8 – Inventario quadro evolutivo de informações sociais da USAÇUCAR (2007 a 2016). ....	86
Tabela 9 - Inventario quadro evolutivos de trabalhadores da Usina 2007 a 2016.....	88
Tabela 10 - Inventario da fase de produção agrícola da Usina 2007 a 2016.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Macro fluxograma do processo de produção de cana-de-açúcar para produção de Açúcar VHP e Etanol Hidratado .....	24
Figura 2 - Mesorregiões Geográficas - Estado do Paraná. ....	31
Figura 3 - Mapa localização Usinas Produtoras de Etanol e Açúcar do estado do Paraná. ....	31
Figura 4 - Mosaico de áreas produtivas Usina Santa Terezinha – Unidade de Iguatemi – 2014 . .....	32
Figura 5 - Mosaico de áreas produtivas Usina Santa Terezinha – unidade de Iguatemi – 2016 .....	33
Figura 6 Comparativo de produção de etanol, em bilhões de litros safra 2014-15. ....	46
Figura 7 - Comparativo de produção de açúcar por região, em milhões de toneladas. ....	46
Figura 8 - Mapa da cana no Brasil.....	47
Figura 9 - Mapa das Indústrias Sucroalcooleiras. ....	48
Figura 10 - Pessoal Ocupado na Indústria Canavieira 2014.....	49
Figura 11 - Participação das Unidades da Federação na área total de cana-de-açúcar safra 2014-15. ....	49
Figura 12 - Evolução dos biocombustíveis no Brasil. ....	52
Figura 13 - Produção de etanol hidratado Brasil M <sup>3</sup> (2012 a 2017).....	53
Figura 14 - Produção de etanol hidratado (2012-2017) (m <sup>3</sup> ). ....	54
Figura 15 - Vista distrito de Iguatemi e instalações da usina santa Teresinha .....	57
Figura 16 - Unidade 1 Grupo Santa Teresinha. Iguatemi.....	58
Figura 17 - Definindo Objetivo e Escopo.....	65
Figura 18 - Definindo Objetivo e Escopo parte 2.....	65
Figura 19 - Seleção das metodologias. ....	66
Figura 20 - ICV Plantio Fase Agrícola.....	66
Figura 21 - ICV Fase de transportes.....	67
Figura 22 - ICV Fase produção etanol hidratado. ....	67
Figura 23 - ICV Fase de produção do açúcar. ....	68

Figura 24 - Identidade Organizacional Usina Santa Teresinha. ....	70
Figura 25 - Fluxograma total do processo e limitação da pesquisa – usina produção açúcar vhp e etanol hidratado. ....	77
Figura 26 - Fluxograma de produção de cana-de-açúcar ( entradas e saídas). ....	78
Figura 27 - Fluxograma de transporte da cana-de-açúcar a unidade industrial. ....	80
Figura 28 - Fluxograma de produção de açúcar VHP ( entradas e saídas). ....	83
Figura 29 - Fluxograma de produção de etanol Hidratado ( entradas e saídas). ....	87
Figura 30 - Avaliação de impactos ambientais entre os anos de 2007 e 2016. ....	94
Figura 31 - - Avaliação de impactos ambientais entre os anos de 2007 e 2016. Normalizada	94
Figura 32 - Produção De Etanol Hidratado (milhões de m <sup>3</sup> ). ....	97
Figura 33 - Produção Brasileira de açúcar 2007 a 2016 (T). ....	97
Figura 34 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Terras ocupadas entre 2007 e 2016. ....	99
Figura 35 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016. ....	99
Figura 37 - Variação da produção de açúcar VHP no período de 2007 a 2016. ....	101
Figura 38 - Variação da produção de etanol hidratado no período de 2007 a 2016. ....	101
Figura 39 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Alterações climáticas entre 2007 e 2016. ....	102
Figura 40 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016. ....	103
Figura 41 Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016. ....	103
Figura 42 - Variação da produção de açúcar no período de 2007 a 2016. ....	104
Figura 43 - Variação da produção de etanol hidratado no período de 2007 a 2016. ....	104
Figura 44 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Transformação de terras naturais entre 2007 e 2016. ....	105
Figura 45 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016. ....	106
Figura 46 - Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016. ....	106
Figura 47 - Variação da produção de açúcar no período de 2007 a 2016. ....	107
Figura 48 - Variação da produção de etanol no período de 2007 a 2016. ....	107

Figura 49 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x ecotoxicidade terrestre entre 2007 e 2016. ....	108
Figura 50 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	109
Figura 51 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	109
Figura 52 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016. ....	110
Figura 53 - Variação da produção de etanol no período de 2007 a 2016. ....	110
Figura 54 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x depleção de águas entre 2007 e 2016. ....	111
Figura 55 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	112
Figura 56 - Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016. ....	112
Figura 57 - Variação da produção de açúcar no período de 2007 a 2016. ....	113
Figura 58 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.....	113
Figura 59 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Eutrofização de água doce entre 2007 e 2016 ....	114
Figura 60 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	115
Figura 61 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	115
Figura 62 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016. ....	116
Figura 63 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.....	117
Figura 64 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Toxicidade humana entre 2007 e 2016. ....	117
Figura 65 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	118
Figura 66 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	119
Figura 67 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016. ....	119
Figura 68 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.....	120
Figura 69 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x depleção da camada de ozônio entre 2007 e 2016. ....	121
Figura 70 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.....	121
Figura 71 - Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016. ....	122
Figura 72 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016. ....	123

Figura 73 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.....	123
Figura 74 - Inventário quantidade de cana processada relação colaboradores por milhões de toneladas processadas.....	124
Figura 75 - Avaliação social quadro de funcionários e relação a colheita mecanizada e colheita manual em volume 2007 a 2016.....	125

## LISTA DE ABREVIATURAS

A.C.	Antes De Cristo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
ALOP	<i>Agricultural land occupation</i> (Terras agrícolas ocupadas)
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASCV	Avaliação Social do Ciclo de Vida
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China <i>and</i> South África
BRIX	Sólidos Solúveis
CENAL	Comissão Executiva Nacional do Etanol
CMNP	Companhia Melhoramentos Norte do Paraná
CO <sub>2</sub>	Dióxido De Carbono
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CPS	Consumo e Produção Sustentáveis
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FDP	<i>Fossil depletion</i> (destruição de fósseis)
FEP	<i>Freshwater eutrophication</i> (Eutrofização de água doce)
FETP	<i>Freshwater ecotoxicity</i> (Eco toxicidade de água doce)
GL	Grau GL
GWP	<i>Climate change</i> (Alterações Climáticas)
HTP	<i>Human toxicity</i> (Toxicidade humana)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
ILCD	<i>Life Cycle Data System</i>
IN	Instrução Normativa
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IRP	<i>Ionising radiation</i> (Radiação ionizante)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MDP	<i>Metal depletion</i> (destruição de metal)
MEP	Eutrofização marinha (Marine eutrophication)
METP	<i>Marine ecotoxicity</i> (Eco toxicidade marinha)
MME	Ministério das Minas E Energia
NLTP	<i>Natural land transformation</i> (Transformação de terras naturais)
NR	Norma Regulamentadora
ODP	<i>Ozone depletion</i> (destruição da camada de ozônio)
PCV	Pensamento Do Ciclo De Vida
PMFP	<i>Particulate matter formation</i> (Formação de material particulado)

POFP	<i>Photochemical oxidant formation</i> (Formação de oxidantes fotoquímicos)
PR	Paraná
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Etanol
SEMA	Secretaria Do Meio Ambiente
SST	Saúde e Segurança do Trabalho
TAP	<i>Terrestrial acidification</i> (Acidificação terrestre)
TC	Tonelada De Cana
TETP	<i>Terrestrial ecotoxicity</i> (Ocupação de terra urbana)
TI	Tecnologia da Informação
UEM	Universidade Estadual de Maringá
ULOP	Eco toxicidade terrestre ( <i>Urban land occupation</i> )
VHP	<i>Very High Polarization</i>
WDP	<i>Water depletion</i> (depleção de água)
ZAECana	Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar

## LISTA DE SÍMBOLOS

B	Boro
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
Fe	Ferro
ha	Hectare
K	Potássio
KG	Quilograma
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
P	Fósforo
S	Enxofre
T	Tonelada
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>26</b>
2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS NO AMBIENTE SUCROALCOOLEIRO .....	26
2.2 O CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA.....	33
<b>2.2.1 Tecnologia de produção da cana-de-açúcar para produção de açúcar e etanol.</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.2 Avaliação do ciclo de vida</b> .....	<b>36</b>
<b>2.2.3 Estudo e Abordagens publicadas na área</b> .....	<b>39</b>
2.3 MERCADO SUCROENERGÉTICO .....	44
2.4 OS COMBUSTÍVEIS NO BRASIL – PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS .....	50
<b>2.4.1 O Petróleo</b> .....	<b>50</b>
<b>2.4.2 Os Biocombustíveis</b> .....	<b>51</b>
2.5 A CIDADE DE MARINGÁ - PR- IGUATEMI E A USAÇUCAR – USINA SANTA TEREZINHA .....	54
<b>2.5.1 A História De Maringá</b> .....	<b>54</b>
<b>2.5.2 A História do distrito de Iguatemi.</b> .....	<b>56</b>
<b>2.5.3 A História Do Grupo Usina Santa Terezinha – USAÇUCAR.</b> .....	<b>57</b>
<b>2.5.4 Descrição da empresa.</b> .....	<b>59</b>
2.6 CARACTERIZAÇÃO DO CICLO DE VIDA PARA OS IMPACTOS AMBIENTAIS VIA COLETA DE DADOS.....	62
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>63</b>
3.1 USO DE RECURSOS COMPUTACIONAIS – BANCO DE DADOS E SOFTWARE .....	64
3.2 UTILIZANDO O SOFTWARE SIMAPRO .....	64
<b>4. ANÁLISE DE INVENTÁRIO.</b> .....	<b>69</b>
4.1 COLETA DE DADOS E LIMITAÇÕES. ....	69
<b>4.1.1 Análise do Inventário - ICV</b> .....	<b>69</b>
<b>4.1.2 Inventário da produção do açúcar na Usina Santa Terezinha</b> .....	<b>71</b>
4.2 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA.....	72
4.3 USO DE RECURSOS COMPUTACIONAIS – BANCO DE DADOS E SOFTWARE .....	73
<b>4.3.1 Determinação de unidades funcionais e limitação da pesquisa</b> .....	<b>73</b>
<b>4.3.2 Avaliação do fluxo dos processos produtivos etapa a etapa</b> .....	<b>75</b>
<b>4.3.2.1 Processo de produção agrícola</b> .....	<b>78</b>

4.3.2.2	Processo de Transporte da cana-de-açúcar .....	79
4.3.2.3	Processo de produção industrial (Açúcar e Etanol) .....	80
4.3.2.4	Processo de fabricação do açúcar VHP .....	82
4.3.2.5	Processo de fabricação do etanol .....	84
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>92</b>
5.1	AVALIAÇÃO DO PERFIL AMBIENTAL POR CATEGORIAS DE IMPACTO NO ANO DE 2016 PARA CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AVALIADO. ....	92
5.2	ANÁLISE DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL, COMO PRINCIPAIS CONTRIBUINTES DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM CADA CATEGORIA ENTRE OS ANOS DE 2007 E 2016 .....	96
5.3	FASE AGRÍCOLA (PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR) E CATEGORIAS DE IMPACTOS AFETADAS .....	98
5.3.1	Análise de Contribuição por ALOP – Terras agrícolas ocupadas .....	99
5.3.2	Análise da Contribuição GWP-Alterações Climáticas .....	102
5.3.3	Análise Da Contribuição Por NLTP - Transformação de terras naturais .....	105
5.3.4	Análise Da Contribuição Por TETP - Eco toxicidade terrestre .....	108
5.3.5	Análise Da Contribuição Por WDP – depleção de água .....	111
5.4	FASE INDUSTRIAL (PRODUÇÃO DE AÇÚCAR VHP).....	114
5.4.1	Análise Da Contribuição Por FEP - Eutrofização de água doce.....	114
5.4.2	Análise Da Contribuição Por HTP - Toxicidade humana .....	117
5.4.3	Análise Da Contribuição Por ODP depelação da camada de ozônio .....	121
5.5	ANÁLISE ASCV - AVALIAÇÃO SOCIAL DO CICLO DE VIDA GERAL EMPRESA PERÍODO DE 2007 A 2016. ....	124
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>127</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>129</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>133</b>
	<b>Apêndice A - Análise de Contribuição por ALOP – Terras agrícolas ocupadas.....</b>	<b>133</b>
	<b>Apêndice B - Análise da Contribuição GWP-Alterações Climáticas .....</b>	<b>134</b>
	<b>Apêndice C - Análise da Contribuição FDP – Consumo de combustíveis fósseis.....</b>	<b>135</b>
	<b>Apêndice D - Análise da Contribuição por FETP - Eco toxicidade de água doce.....</b>	<b>136</b>
	<b>Apêndice E - Análise Da Contribuição Por FEP - Eutrofização de água doce.....</b>	<b>138</b>
	<b>Apêndice F - Análise Da Contribuição Por HTP - Toxicidade humana .....</b>	<b>139</b>
	<b>Apêndice G - Análise Da Contribuição Por IRP Radiação ionizante.....</b>	<b>140</b>
	<b>Apêndice H - Análise Da Contribuição Por METP - Eco toxicidade marinha.....</b>	<b>142</b>
	<b>Apêndice I - Análise Da Contribuição Por MEP - Eutrofização marinha .....</b>	<b>143</b>

<b>Apêndice J - Analise Da Contribuição Por MDP- destruição de metal.....</b>	<b>144</b>
<b>Apêndice K - Analise Da Contribuição Por NLTP - Transformação de terras naturais .....</b>	<b>146</b>
<b>Apêndice L - Analise Da Contribuição Por ODP destruição da camada de ozônio .....</b>	<b>147</b>
<b>Apêndice M - Analise Da Contribuição Por PMFP - Formação de material particulado.....</b>	<b>148</b>
<b>Apêndice N - Analise Da Contribuição Por POFP - Formação de oxidantes fotoquímicos .....</b>	<b>150</b>
<b>Apêndice O - Analise Da Contribuição Por TAP - Acidificação terrestre .....</b>	<b>151</b>
<b>Apêndice P - Analise Da Contribuição Por TETP - Eco toxicidade terrestre .....</b>	<b>152</b>
<b>Apêndice Q - Analise Da Contribuição Por ULOP - Ocupação de terra urbana.....</b>	<b>153</b>
<b>Apêndice R - Analise Da Contribuição Por WDP - destruição de água.....</b>	<b>155</b>

## INTRODUÇÃO

### INTRODUÇÃO

A intervenção do homem na natureza começou há muitos anos e o processo de danos devido à atividade humana era escasso e lento no início, no entanto, hoje, o uso de substâncias químicas na agricultura e na indústria, o uso de recursos de maneira irracional e poluição, dentre outros, destroem em minutos o que a natureza construiu em séculos ou milênios. Como resultado do desequilíbrio ecológico, o estudo do meio ambiente passou a ocupar um lugar importante e necessário em fóruns nacionais e internacionais, nos quais as orientações políticas, econômicas e comerciais são analisadas e propostas para alcançar um desenvolvimento sustentável, o que possibilita o crescimento econômico, sem colocar em risco os recursos naturais que foram herdados de nossos ancestrais (MARTÍNEZ, 2010).

A cana-de-açúcar teve sua origem em regiões da Ásia e Oceania, provavelmente da ilha conhecida como Nova Guiné, no período entre 8000 a 6000 a.C., com a intensificação da migração dos povos, a cultura se adaptou a novos ambientes, principalmente no sudeste asiático, assim, atingindo as Ilhas Solomon, Novas Híbridas, Filipinas e também o norte da Índia. Sendo que do território indiano, foi levada para a Europa, de onde, no século XVI, foi transportada para o continente americano, chegando posteriormente ao Brasil (FAUCCONIER; BASSEREAU, 1970).

A produção de cana-de-açúcar é responsável por vários reflexos, ao local e região onde se instala a usina de produção de açúcar e etanol, causados por suas atividades direta ou indiretamente, desde o cultivo dos solos e o plantio das variedades até a fabricação do açúcar ou etanol, gerando fatores que podem ser considerados positivo e negativo, tais como, movimentação econômica e empregos, produção de resíduos (fuligens, bagaço da cana) ou poluição sonora proveniente da industrialização e transformação da matéria prima. Esses reflexos são de cunho ambiental, social e até mesmo econômico.

De acordo com o MAPA, o Paraná é tradicionalmente, um estado açucareiro. Essa característica é beneficiada pela sua localização geográfica, que permite uma redução de custos logísticos graças ao escoamento do produto pelo Porto de Paranaguá.

Segundo ANTUNES e col. (2011), a poluição do ar gerada pela queima de cana-de-açúcar, o agravamento do efeito estufa e os transtornos causados à população pela fumaça e pela fuligem são fatos que merecem atenção especial, pois instituições ligadas ao setor sucroalcooleiro tendem a afirmar que o balanço ambiental da cana apresenta saldo positivo em relação às emissões de gases. Esta argumentação é válida e correta, senão pelo diferencial

## INTRODUÇÃO

normalmente nunca explicitado, o canavial realmente absorve e incorpora CO<sub>2</sub> em grande quantidade, mas o seu consumo é muito lento quando comparado com a liberação na atmosfera, haja vista que este gás carbônico é absorvido pela cana-de-açúcar durante o seu período de crescimento que leva de 12 a 18 meses, sendo liberado na atmosfera em grande quantidade provocando impacto negativo ao meio ambiente pela liberação de todo este excesso de carbono que foi absorvido durante o crescimento, esta liberação tem grande impacto, pois a queima dependendo o tamanho do lote leva de 30 a 60 minutos.

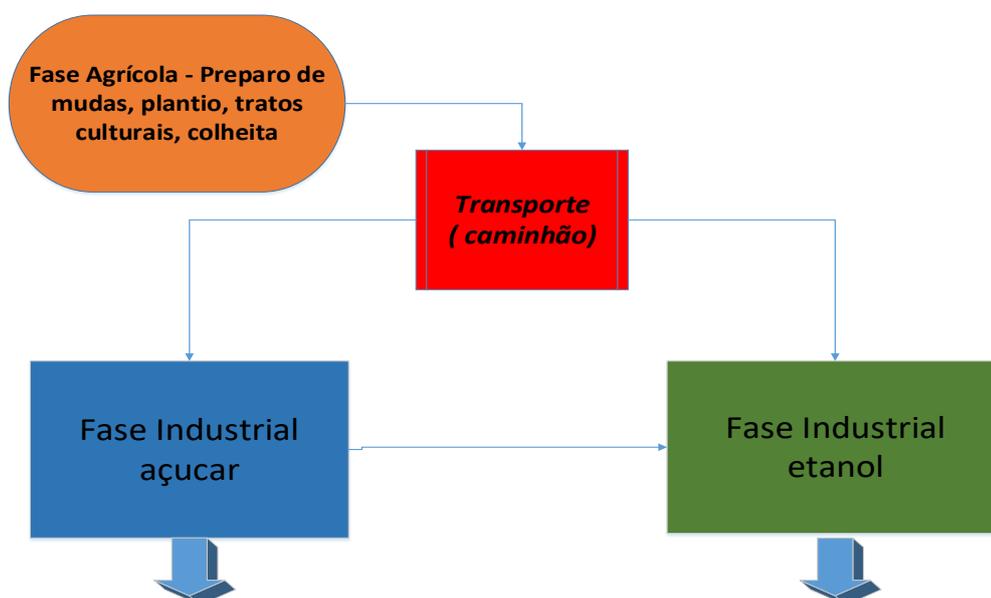
Este estudo visa promover uma pesquisa que compreenda os aspectos importantes relevantes nas esferas sociais, ambientais e econômicas, em função da atual conjuntura vivenciada pelo estado e país, e a sua relação com o plantio da cana-de-açúcar e a produção do açúcar e etanol, para isto dá-se destaque algumas particularidades que envolvem o processo de produção. O assunto está correlacionado à usina situada no distrito de Iguatemi, município de Maringá no estado do Paraná.

Dessa forma, a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV) se destaca como a abordagem analítica ideal, por ser a mais completa ao avaliar os impactos desde a extração das matérias-primas até a destinação final do produto, contemplando toda a cadeia produtiva utilizadas na indústria SUCROALCOLEIRA.

O objetivo deste estudo é avaliar a produção do açúcar VHP e etanol hidratado a partir da cana-de-açúcar em uma usina na região de Maringá-PR, com base em uma abordagem de ciclo de vida e relação aos impactos ambientais e socioeconômicos, do berço ao portão (*cradle-to-gate*). A unidade funcional (UF) deste estudo é a produção de etanol hidratado e açúcar VHP, sendo que na fase agrícola a cana-de-açúcar é a matéria prima. O limite do sistema define o escopo para a análise do produto, conforme a Figura 1, quais fases do ciclo de vida, entradas e saídas devem ser incluídas na avaliação, sendo que os limites do sistema com os diferentes estágios do ciclo de vida, se inicia na etapa Agrícola, transporte até a usina, etapa de produção do açúcar e etapa de produção do etanol, finalizando as etapas industriais no armazenamento.

## INTRODUÇÃO

Figura 1 - Macro fluxograma do processo de produção de cana-de-açúcar para produção de Açúcar VHP e Etanol Hidratado



Fonte: O Autor (2018).

Por objetivo principal, a avaliação do uso da metodologia ACV, os impactos ambientais e socioeconômicos proporcionados pelo plantio da cana-de-açúcar e a sua transformação industrial em etanol e açúcar. Dessa forma, propõe-se a aplicação dos conceitos de sustentabilidade sobre suas cadeias de suprimentos e dos seus ciclos de vida, de maneira a auxiliar na tomada de decisão e contribuir com a gestão da vida útil de uma usina. Os objetivos específicos exploram as seguintes vertentes:

- Aplicar a metodologia de avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de maneira concreta a uma situação real, utilizando-a em casos concretos, nos subsetores de produção da cana-de-açúcar;
- Analisar o ciclo de vida dos dois seguimentos produtivos: açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar;
- Utilizar a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV) na avaliação dos impactos de cada etapa do processo;
- Servir como ferramenta de auxílio para futuras tomadas de decisões tanto de cunho privado quando público.

A estrutura desta dissertação está dividida em cinco (5) capítulos, sendo eles:

- No Capítulo 1 – Introdução – será apresentado o tema abordando questões relacionadas aos objetivos, às justificativas e à estruturação do trabalho.

## INTRODUÇÃO

- Capítulo 2 – será apresentada fundamentação teórica e revisão bibliográfica, as quais nos forneceram os dados preliminares para que se tenha um roteiro do que estudar, qual base utilizar, servindo assim como base sólida dos principais conceitos para a pesquisa sobre os temas relacionados com a linha de pesquisa, tais como impactos ambientais, desenvolvimento sustentável, a sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar, impactos socioeconômicos, introdução, metodologia proposta, sendo possível um aprofundamento quanto as principais referências, definições, aplicações, conceitos, históricos, ferramentas e a aplicação no setor sucroalcooleiro, proporcionando uma visão geral do objetivo foco do estudo para o desenvolvimento desta dissertação, levando-se em conta a linha de pesquisa e as principais correlações de mercado sucroenergético, também uma breve apresentação do local onde está instalada a empresa foco do estudo.
- Capítulo 3 - serão apresentadas as metodologias adotadas os principais impactos socioeconômicos e ambientais, considerando o objetivo proposto, escopo e fronteira do sistema, a análise de inventário, as avaliações dos impactos e a interpretação dos resultados e delimitações. Além disto, serão verificados os impactos ambientais de cada material selecionado para o estudo. No processo, serão apresentadas as determinações das unidades funcionais, a unidade alvo deste Estudo de Caso, bem como detalhes dos processos produtivos (agrícola e industrial).
- Capítulo 4 - são apresentados os resultados obtidos com a utilização da metodologia de ACV com consequentes análises e discussões.
- Capítulo 5 - são apresentadas as conclusões do estudo, avaliando se os objetivos foram atingidos e apontando também sugestões para trabalhos futuros.

Em seguida, são listadas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho. E finalmente, para complementação e suporte ao estudo, é disponibilizado lista de apêndices utilizados e esclarecedores.

Assim, neste estudo busca-se calcular e levantar na literatura os consumos dos seguintes recursos naturais: água (uso direto), uso da terra (área necessária para a produção agrícola, matéria prima – cana-de-açúcar), consumo de combustível fóssil, nas etapas de plantio colheita e transporte, energia elétrica, vapor, produtos agroquímicos, contemplando como uma das saídas do sistema, dados referentes às emissões de CO<sub>2</sub> decorrente da queima da cana para a colheita.

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

### *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

Este capítulo apresentará a fundamentação teórica e revisão bibliográfica sobre o desgaste ambiental em decorrência das atividades humanas em comparação aos ambientes onde não há a influência humana, com ênfase na ACV, para análise de cenários frente às ações realizadas para mitigação dos riscos associados a estes impactos.

#### 1.1 IMPACTOS AMBIENTAIS NO AMBIENTE SUCROALCOOLEIRO

O modo como a questão ambiental está em evidência tem fortalecido seus valores e impostos às indústrias novos desafios para atender a demanda de um mercado consumidor com crescente interesse na forma como os produtos e serviços são produzidos, utilizados e descartados e em como esses afetam o meio ambiente. As indústrias também têm se interessado igualmente pela cobrança de práticas de produção mais limpas das grandes organizações parceiras, pelas certificações com reconhecimento internacional e pelo escasseamento dos recursos naturais. (WILLERS, 2011).

Segundo REBELATO (2016, p. 1), destaca que a agroindústria sucroenergética, apesar de toda tradição e da importância na economia nacional, tem sido alvo de inquietações e julgamentos críticos relativamente aos impactos ambientais negativos que seus processos industriais produzem no meio ambiente. O processamento industrial da cana-de-açúcar apresenta uma cadeia produtiva em que várias de suas etapas, se não gerenciadas adequadamente, podem provocar impactos ambientais, principalmente quando envolvem diretamente o solo e à água. Além da utilização intensiva da água como insumo produtivo, a produção do etanol e do açúcar é geradora de resíduos como a vinhaça, o bagaço, a torta de filtro, a flegmaça, efluentes da lavagem de pisos e equipamentos, entre outros, os quais podem causar impactos significativos ao meio ambiente. Em bacias hidrográficas com menor disponibilidade de água, pode ser também um competidor expressivo pelos recursos hídricos, com destaque nas regiões em que a cana-de-açúcar necessita de irrigação plena.

Outra etapa considerada como uma das principais influências na degradação ambiental provocada pelas Usinas Sucroalcooleiras, na fase agrícola é a queima da palha, chamada de despalha da cana-de-açúcar, e considerada um fator ambiental que se opõe ao princípio da prevenção e também ao desenvolvimento sustentável que são consagrados pelo art. 225 da constituição federal, por meio da política nacional do meio ambiente (Lei federal 6.938 de

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1981), diante destes preceitos o estado do Paraná, foi expedido a Resolução SEMA n. 076 em 20 de Dezembro de 2010, publicado no Diário oficial n. 8369 de 22 dezembro de 2010, que versa sobre a eliminação gradativa da queima controlada, a fim de se evitar o aumento da poluição atmosférica e os efeitos negativos ao meio ambiente, sociedade e economia, que tem a finalidade, além de evitar este aumento, também de preservar e recuperar a qualidade do ar. Os preceitos definidos por esta resolução levou em conta todos os aspectos e variáveis existentes na prática, para pôr fim compreender melhor e chegar à conclusão dos períodos necessários para eliminação em 100%, assim vejamos o que foi considerado:

(PARANÁ, 2010)

Art. 2º. Para fins desta Resolução, consideram-se:

I - Plantador de cana-de-açúcar: a pessoa física ou jurídica que desenvolva a atividade de plantio de cana-de-açúcar;

II - Áreas mecanizáveis: as plantações em áreas acima de 150 ha (cento e cinquenta hectares), com declividade igual ou inferior a 12% (doze por cento), além de solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana;

III - áreas não mecanizáveis: as plantações em áreas até 150 ha (cento e cinquenta hectares) e/ou declividade superior a 12% (doze por cento) e inferior a 45% (quarenta e cinco por cento), e em demais áreas com estrutura de solo que inviabilizem a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana.

Considerando estes fatores, a resolução determinou a obrigatoriedade na eliminação da prática da queima nas áreas mecanizadas nos seguintes percentuais e prazos, vejamos:

(PARANÁ, 2010)

Art. 3º. Os plantadores de cana-de-açúcar que utilizem a queima controlada como método para a despalha de cana-de-açúcar são obrigados a eliminar a prática, nas áreas mecanizáveis, nos seguintes prazos e percentuais:

I - até 31 de Dezembro de 2015 – 20% (vinte por cento) do total da área mecanizável de plantio da cana-de-açúcar;

II - até 31 de Dezembro de 2020 – 60% (sessenta por cento) do total da área mecanizável de plantio da cana-de-açúcar;

III - até 31 de dezembro de 2025 – 100% (cem por cento) do total da área mecanizável de plantio da cana-de-açúcar.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Parágrafo Único. Os canaviais plantados em áreas mecanizáveis a partir da data de publicação desta Resolução ficarão sujeitos ao disposto no *caput* e incisos deste artigo.

Ainda no Art. 4º. Desta mesma resolução determinou-se que nas áreas não mecanizadas a queima da palha deverá ser eliminada até 31 de dezembro de 2030.

Entretanto, os reflexos ambientais do setor da produção de cana-de-açúcar têm preocupado de maneira cada vez mais notória a sociedade, principalmente quando as cidades ou distritos provenientes muitas vezes da implantação destas usinas, acabam por crescer ao redor da mesma. De fato, os impactos ambientais de certa forma acabam por se intensificar conforme o crescimento populacional em função da demanda de mão de obra para trabalhos nas áreas agrícolas e industriais da usina, oriundas das imensas ondas de populações incharam o tecido urbano de diversas cidades do estado do Paraná, inclusive região metropolitana de Maringá, fatos relevantes e observa-se ainda que continue crescendo conforme dados de projeção realizada pelo instituto IPARDES, conforme Tabela 1 abaixo, crescimento este que tomou impulso em meados do século XX e ainda não parou para algumas regiões.

Tabela 1 - População total segundo os principais arranjos populacionais e classes de tamanho - Paraná-2000/2030.

ARRANJO/TAMANHO	2000	2010	2020	2030
Arranjos Populacionais	3.692.172	4.250.157	4.910.175	5.326.978
A. P de Curitiba	2.658.830	3.054.076	3.522.705	3.817.134
A. P de Londrina	588.731	663.507	750.468	797.503
A. P de Maringá	444.611	532.574	637.002	712.340
Demais Municípios	5.871.286	6.194.369	6.628.343	6.718.513
< 10 mil	1.182.072	1.041.360	1.006.455	1.043.387
10 a < 20 mil	1.364.506	1.432.009	1.418.065	1.277.526
20 a < 50 mil	1.362.371	1.420.426	1.461.014	1.494.541
50 a < 100 mil	794.482	693.815	940.979	898.864
>= 100 mil	1.167.855	1.606.759	1.801.829	2.004.195
TOTAL	9.563.458	10.444.526	11.538.518	12.045.491

**Fonte:** IBGE. Censos Demográficos (2000 e 2010); IPARDES. Paraná - Projeção das Populações Municipais (2016-2030).

Fugindo um pouco da história e seus ciclos produtivos, políticas e demais assuntos pertinentes à produção agrícola Brasileira, na atualidade o que vemos e os estudos comprovam

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

é que poucos são os setores estratégicos e diferenciados quanto à cadeia produtiva e industrial da cana-de-açúcar. O Anuário Brasileiro da Cana-de-açúcar, produzido pela (EDITORA GAZETA SANTA CRUZ LTDA, 2014). Expõem que por sua própria autossuficiência em fornecimento energético, a cana-de-açúcar constitui um exemplo ideal para os demais segmentos da socioeconômica, haja vista que da matéria-prima retirada das lavouras, obtém-se, num primeiro momento, o açúcar, produto-chave na balança comercial do País, e o etanol, alternativa em combustível renovável para alimentar a frota de veículos, em segundo momento dos resíduos produtivos, a começar por folhas e bagaço, resulta a energia elétrica, que potencializa a própria unidade industrial e, havendo excedente, contribui para o abastecimento das necessidades energéticas nacionais.

Segundo o periódico CanaOnline, de propriedade da Paiva & Baldin Editora LTDA ME, em seu artigo “ Brasil – líder mundial na produção de cana e tecnologia sucoenergética ”, publicado em: 19/01/2015, aponta que segundo um levantamento da Conab, de dezembro de 2014, que o volume de cana-de-açúcar processado no Brasil será de 642 milhões de toneladas na safra 2014/2015. O segundo maior produtor mundial de cana é a Índia, com produção em torno de 360 milhões de toneladas. Atualmente, o Brasil responde por um terço da produção mundial de cana-de-açúcar, 20% da produção e 40% das exportações mundiais de açúcar, e 30% da produção e 60% das exportações mundiais de etanol. Ainda referência que não apenas quanto ao etanol, mas que o Proálcool foi grande marco, um divisor de águas para a agroindústria da cana-de-açúcar. Pois com a implantação do programa, a cana deixou de ser de açúcar e o Brasil passou a trilhar o caminho da liderança tecnológica no setor de biocombustível.

Diante destes fatos atuais temos um pouco do contexto histórico que, o cultivo da cana-de-açúcar no estado do Paraná até a década de 1960, conforme relatado em diversos estudos apresentados e que circulam nos periódicos e revistas além de sites especializados sobre este tipo de cultura no estado, não se apresentava como algo de influência, as áreas de plantio não eram significantes e a produção de açúcar abastecia apenas consumidores internos com açúcar e água ardente, sendo necessária a importação de açúcar muitas vezes de outras regiões, algumas usinas na época destacavam-se pela produção de açúcar e etanol porém não apresentavam perspectivas de expansão para a cultura, contudo a partir da década de 70, propriamente dito 1975 quando a geada dizimou os cafezais nos estado trazendo grande crise à economia e que arrastou até a década de 1980, quando começou a se ver uma mudança significativa, em função da decadência no norte do Paraná da cultura do café e que não

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

demonstrava força para reação, sendo que esta cultura exercia grande impacto na economia local, movimentando pessoas, comércio e indústrias, concomitante com esta crise o governo do país cria o PROÁLCOOL que foi um programa muito bem-sucedido que visava à substituição em larga escala dos derivados de petróleo, também se remonta a história que este foi desenvolvido para se evitar o aumento da dependência externa de divisas quando dos choques de preço de petróleo, sendo que foi desenvolvida nas seguintes fases ( 1a. 1975 a 1979 - Fase Inicial, 2a. 1980 a 1986 - Fase de Afirmação, 3a. 1986, 1995 - Fase de Estagnação e 4a. 1995 a 2000 - Fase de Redefinição), diante de todo este contexto a cultura da cana-de-açúcar passou a ser uma boa alternativa frente ao cenário desolador da produção de café que não melhorava. Com o governo incentivando a produção do etanol, esta cultura começou a tomar corpo e influenciar na econômica no estado do Paraná, as lavouras começaram a multiplicar-se principalmente pela influência do crescimento via fronteiras com o estado de São Paulo, o entendimento de que esta seria uma das maiores fontes alternativas frente ao combustível fóssil, contudo somente com a implantação das duas fases do PROÁLCOOL a chamada fase de afirmação, estabelecida pelo governo e que incentivava a produção de Etanol Hidratado é que o crescimento tomou proporções de reconhecimento nacional.

Diante das novas perspectivas foram implantadas no Paraná 19 unidades produtoras, que absorveram boa parte dos recursos do PROÁLCOOL. Segundo dados do CENAL (Comissão Executiva Nacional do Etanol, CORSI, 2007, p. 5), com o apoio governamental, a área de cana colhida no estado passou de 57.990 ha em 1980, para 140.772 ha em 1986 e a participação do Paraná passou de 2,2% para mais de 5% da produção total nacional.

No estado do Paraná em muitas cidades (figuras 1, 2 e 3), com um foco especial na Região Norte do Estado, verifica-se que o plantio da cana-de-açúcar passou a dominar grandes áreas de cultivo e pasto, passando a ser uma das principais culturas de produção local em face de instalação de grupos de usinas para exploração local da produção do açúcar e do etanol. Dadas dificuldades no plantio e a diversidade de cultivos, muitos agricultores viram no arrendamento de terras às usinas uma fonte confiável de renda. Verificou-se, então, uma ampliação das áreas plantadas com a cana-de-açúcar, o que trouxe benefícios sociais como emprego e renda. Em contrapartida, houve também aumento de reclamações quanto à poluição sonora, tráfego intenso de veículos, fuligem da queima da cana para colheita.

Um exemplo típico deste crescimento e expansão do desenvolvimento proporcionado pela cultura da cana-de-açúcar está no Distrito de Iguatemi, Maringá-PR. Nesta região, o lugar em que o plantio da cana e a produção do açúcar e etanol são garantidos por meio de uma das

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

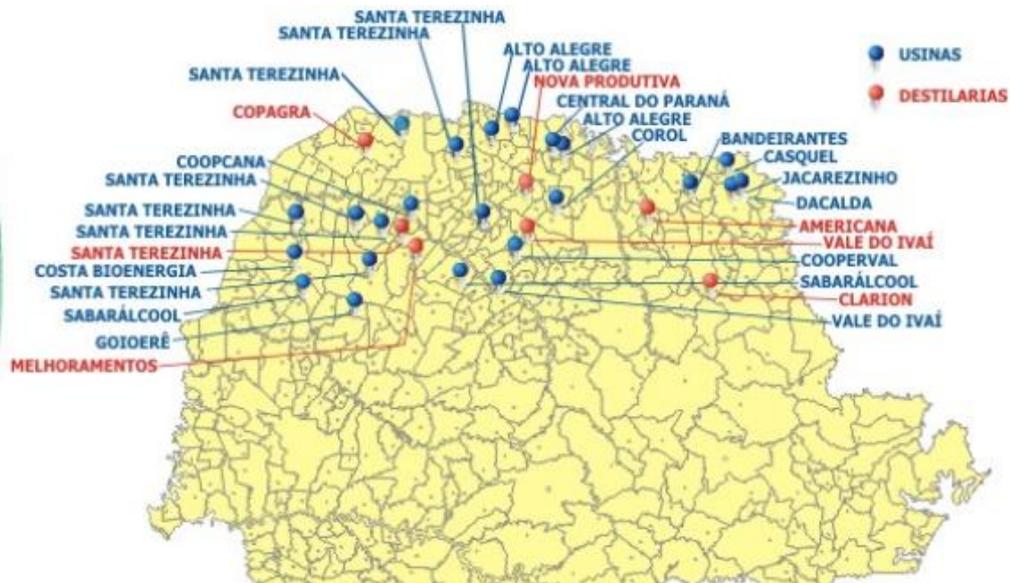
unidades do Grupo Santa Terezinha de propriedade da família Meneguetti, que está em atividades a mais de cinco décadas, atuando a produção do açúcar e do etanol e, na geração de empregos diretos e indiretos movimentando a economia local e regional.

Figura 2 - Mesorregiões Geográficas - Estado do Paraná.



Fonte: IBGE Base Cartográfica ITCG (2010).

Figura 3 - Mapa localização Usinas Produtoras de Etanol e Açúcar do estado do Paraná.



Fonte: Alcoopar 2017.

*FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

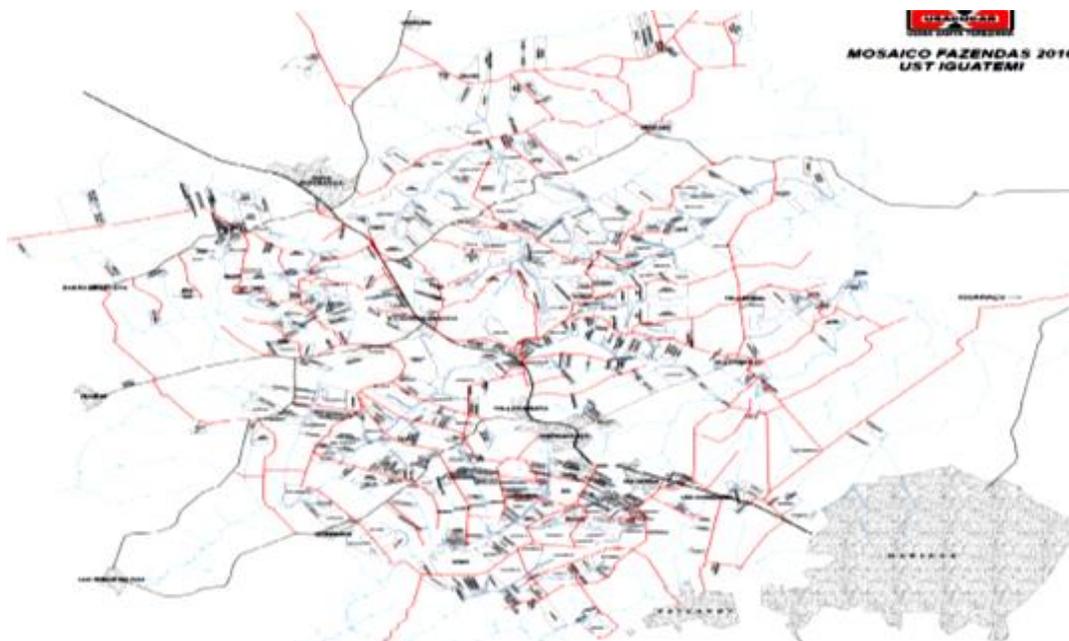
Figura 4 - Mosaico de áreas produtivas Usina Santa Terezinha – Unidade de Iguatemi – 2014 .



Fonte: Departamento Técnico Usaçucar.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 5 - Mosaico de áreas produtivas Usina Santa Terezinha – unidade de Iguatemi – 2016



**Fonte:** Departamento Técnico USACUCAR.

A unidade número 1 do grupo Santa Terezinha, tem sua usina no Distrito de Iguatemi, PR, porem ocupa áreas de plantio em diversas cidades do entorno, tais como Paiçandu, Mandaguaçu, Orizona, Castelo Branco, Nova Esperança (figuras 3 e 4) safras de 2014 a 2016.

Contudo por meio do estudo e pesquisa dos meios de cultivo, processamento e produção analisados por meio da metodologia (ACV - Análise do Ciclo de Vida), conhecendo de forma pormenorizada de todos os processos envolvidos nesta cadeia de produção e processamento do açúcar e etanol, se buscará diagnosticar qual o nível de impacto que estes mecanismos produtivos desta cultura (cana-de-açúcar) e da produção de açúcar e etanol exerce sobre o meio ambiente e a comunidade local causando impactos ambientais e socioeconômicos.

### 1.2 O CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

Neste tópico serão abordados os parâmetros que irão compor a tomada de decisão para definição dos princípios de modelagem a serem adotadas para o inventário do ciclo de vida e as abordagens metodológicas aplicadas ao sistema para se evitar os erros comuns do uso de abordagens incorretas que não oferecem reprodutibilidade e robustez, muito menos viabilidade prática e aceitação das partes. Por estes motivos o IBICT (2014), trata que a escolha da estrutura e das abordagens de modelagem de ICV/ACV são derivada individualmente para cada objeto de estudo a fim do objetivo proposto (IBICT, 2014).

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

Para facilitar o entendimento da síntese aplicada nos estudos de modelagem para análise dos principais aspectos relacionados aos impactos ambientais e socioeconômicos da avaliação do processo de produção de cana-de-açúcar para produção do açúcar e do etanol pelo método ACV - Avaliação do ciclo de vida, em função da larga abrangência do tema, este capítulo é dividido em três seções da seguinte forma: a seção 3.2.1 traz uma descrição breve das tecnologias de produção da cana de açúcar, seguida de sua relação com a produção de açúcar e etanol, citando diversos trabalhos publicados recentemente; a seção 3.2.2 traz a descrição e a importância da técnica de ACV sobre estudos da área de engenharia de processos e como ela vem sendo utilizada para indicar os impactos socioambientais da produção da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol; e por fim, a seção 3.2.3 conclui o capítulo trazendo uma tabela dos trabalhos mais importantes publicados recentemente acerca do tema abordado e as características diferenciais relacionadas às matérias-primas e seus usos no cenário proposto.

### **2.2.1 Tecnologia de produção da cana-de-açúcar para produção de açúcar e etanol.**

Segundo Pellegrini (2008), a produção brasileira de cana-de-açúcar é dividida em duas regiões com diferentes períodos de safra: a região Centro-Sul, moendo entre os meses de abril e novembro, e a região Norte-Nordeste, moendo entre os meses de agosto e março. O Centro-Sul é responsável por quase toda produção de etanol (90%) e açúcar (85%).

É previsto que as exportações de açúcar se mantenham concentradas, com 48% procedentes do Brasil, em que a produção de cana-de-açúcar é dividida entre o fornecimento de açúcar - dos quais 72% são exportados - e de etanol para uso doméstico, nestes mesmos cenários é esperado que a demanda brasileira de etanol se expandisse em 6 bilhões de litros no período analisado. A expectativa é de mercado brasileiro alcance 10% para o ano de 2019, o que resultaria em um aumento na produção de mais de 40% nos próximos dez anos (FAO, 2017).

Diante destas perspectivas, a produção da cana-de-açúcar no Brasil deve manter-se e até mesmo aumentar para atender a demanda, sendo que as áreas de plantio devem ser analisadas para garantir esta produtividade, assim, qualquer projeto sucroalcooleiro, a partir da produção da cana-de-açúcar parte do pressuposto de que haverá implicação significativa no meio ambiente rural, modificação das culturas, paisagens, animais, insetos. Além do uso de tecnologias para o plantio, colheita e transporte, utilizando-se de grandes veículos e

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

equipamentos acabam por demandar novas estruturas viárias, para que haja o trânsito sem prejudicar o meio urbano.

O investimento em grande escala para o cultivo e produção tem altos custos energéticos em função da intensa mecanização devidos o sistema radicular profundo da cana-de-açúcar necessitando assim alto consumo de insumos para o preparo dos solos para receber o plantio. Ele funciona por meio de preparação de sulcos no lugar em que são distribuídos colmos previamente preparados e escolhidos para garantir a produção, se o plantio for bem executado em 12 meses poderá ser colhida de forma satisfatória, para isto e empregada técnicas de simulação do conhecimento para que seja possível projetar as áreas e volumes em função da fertilidade dos solos, assentamento de variedades adaptáveis aos locais e região, resistência ao ataque de pragas e muito essencial a disponibilidade de água. Fatores este de relevância extrema para um bom plano de formação do canavial levando-se em conta todos os condicionantes agronômicos como ponto de maturação, equilíbrio e umidade dos solos, necessidade de reforma, distância das lavouras em função da indústria. Etc.

Belodi (2010) destaca as operações de cultivo, são chamadas de tratos culturais repetem-se anualmente, sendo conhecidas como as capinas, aplicação de agrotóxicos, adubação, a fim de se garantir as benfeitorias na lavoura, porém usualmente e pelas criações de novas tecnologias. Boa parte destes cuidados são feitos por máquinas acabam por comprimir pelo amassamento e pressão dos pneus, fazendo com que este não consiga reter umidade, dificultando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, se não forem adotadas as novas tecnologias, e o plantio quando for realizado direto, pode acontecer à limitação da produção pelo seu adensamento, assim é importante o uso de tecnologias porém necessário um bom planejamento para trabalhar o solo de forma a produzir mais sem prejudicar o meio ambiente e as lavouras.

Uma das etapas finais é a colheita da cana-de-açúcar, que funciona em duas modalidades distintas que se unem a mecanização final. A primeira é ainda a colheita manual, realizada pelos cortadores de cana, que nas grandes empresas sucroalcooleiras ainda resistem pelo fato de alguns locais no qual existe o plantio da cana, não ser possível a entradas das colhedoras mecânicas devido ao tipo de solo, o que dificulta o acesso mecanizado. Na segunda etapa, o corte da cana mecanizado, que substituem cerca de cem trabalhadores do corte manual e no carregamento.

### **2.2.2 Avaliação do ciclo de vida**

Neste tópico serão abordados os parâmetros que irão compor o objetivo e escopo do projeto de análise socioeconômica e impactos ambientais quanto à produção de cana de açúcar para produção de açúcar e etanol. Os subtópicos de inventário e avaliação de impacto do ciclo de vida irão expor as propostas para execução dessas análises e etapas no estudo de ACV.

Segundo STARK e col. (2016) essa metodologia é utilizada por pesquisadores, especialistas e produtores de todos os ramos para calcular os potenciais impactos relacionados ao ciclo de vida de um produto e identificar possíveis formas de reduzir o consumo de recursos e evitar efeitos negativos no meio ambiente. Como o nome indica isso é usado para analisar o ciclo de vida completo de um produto - com seus processos implícitos - do começo ao fim. As possíveis fases de uma ACV, com as entradas e saídas típicas, desde a criação, produção ou coleta do conjunto de matérias-primas envolvidas, até a geração, distribuição e consumo do produto pelos "clientes potenciais e emissões relacionadas durante todos os processos".

Para AGUDELO e col. (2011), a Avaliação do Ciclo de Vida é uma ferramenta importante para quantificar o ambiente em diferentes fases do ciclo de vida, preparação do solo, colheita, transporte, produção e uso de biocombustíveis. É baseado nas normas ISO 14040 e ISO 14044, e permite a identificação de pontos quentes na produção de biocombustíveis, comparações com outras fontes energéticas e a avaliação de algumas categorias de impacto, como mudanças climáticas, acidificação, eutrofização, ecotoxicidade e foto oxidante.

Segundo GIL e col. (2011), e (Fullana, 2002, UNEP, 2003, Iglesias, 2005, NC ISO 14040, 2005, Gaudreault et al., 2006, Sánchez et al., 2007, Althaus et al., 2007). Para quantificar a sustentabilidade das tecnologias, várias ferramentas foram implementadas, como a Análise do Ciclo de Vida. A metodologia de ACV integra todos os impactos ambientais que ocorreram ao longo do ciclo de vida do produto e os relaciona a problemas ambientais específicos; além disso, permite estabelecer prioridades para definir estratégias preventivas para melhorar o desempenho ambiental.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que permite avaliar o impacto potencial associado a um produto ou atividade durante seu ciclo de vida. A ACV também permite identificar quais estágios do ciclo de vida têm contribuição mais significativa para o impacto ambiental do processo ou produto estudado. Empregando a ACV é possível avaliar a implementação de melhorias ou alternativas para produtos, processos ou serviços. (SILVA, 2011).

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

A ACV na fase industrial de produção de etanol e açúcar é de extrema relevância para o cultivo de cana no país, já que se considera oportuna a inclusão das às preocupações ambientais no planejamento do ciclo de vida deste produto para otimização produtiva e redução dos impactos negativos sobre a saúde humana e meio ambiente visando desenvolver produtos finais mais sustentáveis. Diante disto o setor sucroalcooleiro acaba por colaborar de forma significativa para o desenvolvimento sustentado, de modo que possui menores impactos ambientais que as energias de origem fóssil. Além disso, propicia segurança no fornecimento local de energia e em longo prazo pode induzir a promoção de novas tecnologias, geração de empregos e renda (VILELA, 2013).

A Análise de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) é a forma de identificação, quantificação, dos impactos causados no meio pelos efeitos listados no inventário de ciclo de vida. Pode também incluir impactos em aspectos como saúde das pessoas, meio econômico, social e cultural (OMETTO, 2005). Sua estrutura geral é composta de três elementos obrigatórios que convertem os resultados do ICV em indicadores por categoria de impacto, são eles: seleção das categorias de impacto, indicadores de categoria e modelo de caracterização, classificação e caracterização.

Para a modelagem de ICV, as seguintes ações devem ser executadas: 1. Recolha os dados de acordo com um formato de coleção do mesmo. 2. Parametrize os dados que você deseja modelar. 3. Elabore o fluxograma identificando todos os fluxos de entrada (matérias-primas e energia) e saídas (produtos, coprodutos e emissões). 4. Identifique todas as regras de cálculo a serem utilizadas para os parâmetros variáveis (balanços de massa e energia). 5. Realizar a alocação de encargos ambientais em correspondência aos coprodutos que estão no processo. 6. Analise a sensibilidade dos dados de ICV para identificar a incerteza a ser obtida em uma ACV devido aos efeitos cumulativos de imprecisões nos dados de entrada. (GIL, 2011).

O ACV é entendido como uma ferramenta que possibilita entender e tratar os impactos gerados ao meio ambiente. Permite investigar, analisar, conhecer e incorporar conceitos de design sustentável desde o projeto, produção, operação, gestão e manutenção de edifícios de qualquer tipo e escala. Ao mesmo tempo, facilita a identificação de insumos energéticos, emissões para o meio ambiente e resíduo gerado, desde o estágio de extração de insumos ou materiais utilizados na construção (constituintes), seu transporte, passando pelo processo produtivo, estágio de uso e posterior descarte. Os elementos básicos que são levados em consideração em um estudo de ACV são as entradas e saídas que ocorrem no sistema: recursos, matérias-primas, peças, transporte, energia. Produtos: emissões para o ar, a água e o solo, bem

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

como resíduos e subprodutos que são levados em consideração em cada fase / processos do sistema (ASIS e col., 2014).

Uma metodologia sistemática e padronizada para avaliar os impactos ambientais de processos e produtos é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), pela crescente conscientização que existe em relação à proteção ambiental e todos os seus impactos. Ao longo da ACV, todos os pontos positivos e negativos de entradas e saídas de um determinado processo são coletados, relacionando-se a modelos capazes de serem utilizados como indicadores destes impactos ambientais, e com princípios de oportunidades na aplicação da melhoria do desempenho produtivo, servindo assim de base para tomada de decisão em planejamentos estratégicos com definições de prioridades, haja vista que a metodologia propõe indicadores de desempenho e também técnicas de medição para avaliação de situações tais como o potencial de aquecimento global, toxicidade humana, esgotamento de recursos fósseis, entre diversos outros (ABNT, 2014).

Para, ZAMAGNI e col. (2016). Embora vários autores já tenham abordado os aspectos sociais com uma abordagem de ciclo de vida, é possível afirmar que as “Diretrizes para ASCV - Avaliação Social do Ciclo de Vida de Produtos” da força-tarefa do UNED/SETAC são a primeira tentativa sugerindo uma abordagem geral e um conjunto amplo de indicadores para avaliar os aspectos socioeconômicos em uma estrutura de ACV. O enquadramento das ASCV distingue-se em cinco grupos de partes interessadas, sendo elas (trabalhadores, comunidade local, sociedade, consumidores e intervenientes da cadeia de valor) e em seis categorias de impacto, (direitos humanos, condições de trabalho, saúde e segurança, património cultural, governança e repercussões socioeconómicas), que, por sua vez, são articuladas em diferentes subcategorias de impacto específicas para cada grupo de partes interessadas.

Quanto a Avaliação do Ciclo de Vida Social na Prática, tem-se que o primeiro artigo sobre ASCV foi publicado em 1996, mas levou 10 anos para observar o real surgimento da ASCV, com a publicação de oito artigos sobre o assunto em 2006. Em 2009, o UNEP / SETAC formalizou este processo com a publicação de as "Diretrizes para Análise Social do ciclo de vida do produto". Desde então, o número de trabalhos relacionados ao ASCV e Avaliação de Sustentabilidade do Ciclo de Vida, aumentou exponencialmente, conforme ilustrado pelo desenvolvimento de produções científicas A publicação de revisões de literatura discutindo os desenvolvimentos no ASCV ilustra que é um campo crescente de pesquisa que ainda não está estabilizado. A maioria deles são trabalhos metodológicos e se relacionam com novos desenvolvimentos na ASCV e propostas metodológicas. Uma das principais questões é a

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

definição de categorias e subcategorias, a escolha de indicadores e sua legitimidade e as diferentes formas de avaliar os efeitos sociais, do desempenho à avaliação do impacto social. Outro aspecto importante da pesquisa está relacionado à definição do sistema, ao perímetro de um estudo da ASCV e à escolha da unidade funcional (ZAMAGNI e col. 2016).

As abordagens da ASCV mostram que a percepção dos impactos sociais é muito variável. Uma avaliação com foco nos impactos sociais criados na proximidade dos processos incluídos no sistema de produtos não necessariamente apontará na mesma direção que uma avaliação que enfoque as consequências mais sociais. Isso aponta para a necessidade de concordar com os impactos mais relevantes para incluir no ASCV, a fim de incluir a maior parte da situação. Quanto ao uso de dados genéricos como base para a avaliação, isso obviamente tem uma vantagem sobre o uso de dados específicos do site em relação à praticidade, embora muitos autores por trás das abordagens de ASCV afirmem que a precisão razoável só pode ser obtida através do uso de dados específicos. Nesse contexto, é importante lembrar, a qualidade dos dados específicos do local é dependente da abordagem de auditoria e, portanto, não necessariamente de alta precisão, os dados genéricos podem ser projetados para levar em conta a localização, setor, tamanho e talvez propriedade de uma empresa e, assim, em alguns casos, dar uma impressão razoável dos impactos sociais que podem ser esperados da empresa que realiza o processo avaliado. (JORGENSEN e col., 2008)

### 2.2.3 Estudo e Abordagens publicadas na área

Neste capítulo, apresentou-se uma revisão sobre alguns trabalhos que tratam da importância da produção do açúcar e etanol, tendo como base a cana-de-açúcar, utilizando-se ou não de técnicas de simulação e com o uso da metodologia para avaliação de impactos ambientais e socioeconômicos relacionados a este tipo de produção. Pode-se perceber que a maioria dos trabalhos se baseiam apenas na análise energética ou técnico-econômica de uma parte do processo, e partem destas metodologias e de poucos dados disponíveis para discutir e desenvolver cenários para a produção, englobando as particularidades de cada caso de estudo.

Tabela 2 - Trabalhos publicados sobre a metodologia ACV ISO 14040 com cana de açúcar

Referencia	Metodologia	Foco da pesquisa
2005, Ometto	ACV – ISO 14.040 CML 2001 EDIP	Avaliação do ciclo de vida do etanol Etílico hidratado combustível pelos Métodos Edip, Exergia e Emergia

Continua

*FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

2007, Bianchini	ACV – ISO 14.040	<b>Análise do ACV da produção de Etanol hidratado a partir da cana-de-açúcar em uma usina localizada no estado de SP.</b>
2009, Almeida	ACV – ISO 14.040	Avaliação do ciclo de vida de produtos proposta de método e avaliação preliminar do etanol etílico hidratado combustível industrial de etanol e açúcar
2009, Santos	ACV – ISO 14.040 CML 2000	Avaliação do ciclo de vida dos produtos açúcar & Etanol em usinas sucroalcooleiras no estado de Mato Grosso do Sul
2011, Diaz	ACV – ISO 14.040	Avaliação do ciclo de vida do etanol brasileiro com vistas à certificação ambiental
2011, Zapparoli	ACV – ISO 14.040 CML 2000	Avaliação e Desenho da metodologia (ACV) do etanol combustível Pelo método CML 2000 com SIMAPRO FACULTY
2012, Silva	ACV – ISO 14.040 CML 2000	Avaliação do ciclo de vida do etanol combustível: uma análise econômica, social e ambiental.
2013, Amores	ACV – ISO 14.040 CML2001	Avaliação do ciclo de vida do etanol combustível a partir da cana de açúcar Na Argentina
2013, Vilela	ACV – ISO 14.040 CML 2001	Avaliação do ciclo de vida da produção industrial de etanol e açúcar
2015, Silva	ACV ISO 14.040 CML 2000	Avaliação do ciclo de vida do etanol combustível: na utilização da cana-de-açúcar
2015, Soam	ACV - ISO series 14040 and 14044	Análise do ACV do etanol combustível a partir do melão de cana no norte e oeste da Índia e seu impacto no programa de biocombustível indiano

**Fonte:** O Autor (2018).

Portanto, realizou-se a catalogação de alguns estudos da área que abordam a modelagem, simulação da produção da cana-de-açúcar para fins de produção do açúcar e do etanol em suas principais características para finalizar a análise proposta com a metodologia ACV. A Tabela 2 apresenta os principais trabalhos pesquisados e com publicações na área de produção de açúcar ou etanol com a cana-de-açúcar, destacando: metodologia ACV ISO 14040, quais os temas realizados no trabalho e qual foi o foco do trabalho.

Como é de conhecimento geral, o petróleo é um elemento muito importante e de extrema influência nas relações geopolíticas contemporâneas, desde quando se tornou a matriz energética básica da sociedade industrial e o elemento fundamental para o funcionamento da economia moderna, sendo assim e com análise deste contexto, cabe-nos uma reflexão sobre quais os efeitos geopolíticos que uma futura mudança da matriz energética global, irá proporcionar já que a previsão do esgotamento do petróleo como fonte energética irá obrigar à economia global a busca de outras fontes de energia, tais como as bioenergias, a energia nuclear ou até mesmo o uso das células de hidrogênio, sendo que estas novas fontes de energia nos trará, transformações referentes à competitividade global.

Quanto ao plantio da cana-de-açúcar, as chamadas mudas (colmos) são obtidas de canaviais com 8 a 12 meses de idade, especialmente preparados, vigorosos e saudáveis, devendo ser colhidos sem a queima para não prejudicar a fecundação e não ferir as gemas, este colmo são previamente tratados com fungicidas e inseticidas, posteriormente devendo ser plantada

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

com armazenamento não superior a 4 dias, o preparo do solo é muito importante sendo assim a profundidade ideal é de 30 cm e o espaçamento normalmente usados é de 1,20 m entre os sulcos para que posterior seja possível às operações dos tratos culturais e a colheita mecanizada, sendo esta a mais usual em função da necessidade de adequação a legislação que definiu a redução da queima da palha até 2025.

Devido a possível ataque de pragas ou doenças, além de ervas daninhas os primeiros 90 dias são fundamentais, motivo pelo qual os tratos culturais devem ser realizados com cuidado e atenção, um fator importante é o de que a cana de açúcar extrai uma grande quantidade de nutrientes do solo, motivo pelo qual estes precisam ser repostos a fim de não deixar este empobrecido, a adubação nitrogenada faz com que a cana responda muito bem, porém como vimos não é só do nitrogênio que planta necessita.

De acordo com Oliveira et al. (2007), para produzir 120 t/ha, cerca de 100 t de colmos industrializáveis, o uso de nutrientes na parte aérea das plantas alcança 150 kg de nitrogênio (N), 40 kg de fósforo (P), 180 kg de potássio (K), 90 kg de cálcio (Ca), 50 kg de magnésio (Mg) e 40 kg de enxofre (S). No entanto, em se tratando dos micronutrientes, apesar da quantidade necessária ser menor, não é menos importante e, para produzir 120 t/ha, as plantas acumulam cerca de 8,0 kg de ferro (Fe), 3,0 kg de manganês (Mn), 0,6 kg de zinco (Zn), 0,4 kg de cobre (Cu) e 0,3 kg de boro (B).

Outro detalha importante a se observar é que a cana-de-açúcar é alvo de diversas pragas, obrigando o uso constantes de técnicas para o seu controle, que se não executada pode proporcionar a redução na produção e na sua qualidade, o que pode até inviabilizar economicamente a atividade.

Em áreas em que ocorre a queima do canavial e colheita manual, após aplicação de vinhaça nas soqueiras, os herbicidas são aplicados com pulverizadores de barra, tracionados por trator, adequados para cana-planta. No entanto, é indispensável atentar-se para as condições adequadas de umidade do solo, pois o uso dos herbicidas exige essa condição para que sejam mais eficientes. Todavia, é justamente nos meses entre maio a agosto (início e meio de safra) que geralmente as condições de umidade no solo são inadequadas.

O desenvolvimento sustentável na produção de cana-de-açúcar se obtém das inúmeras discussões envolvendo a temática do desenvolvimento sustentável, que são atuais e pertinentes, e têm alcançado cada vez mais importância devido a recentes constatações sobre o efeito do aquecimento global, com o derretimento de geleiras e as irregularidades das estações e dos eventos climáticos, os quais são notados recentemente com as variações de temperatura, as

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

chuvas irregulares, e as épocas de seca prolongadas, além dos desastres ambientais, dentre outros problemas similares. Essas questões têm afetado o agronegócio, sendo consideradas como externalidades negativas, dificultam as operações oportunas de plantio, de colheita e do transporte.

Contudo, o conceito de desenvolvimento sustentável leva em consideração não somente a preocupação de produzir bens e serviços para atender a demanda atual da população em suas necessidades, conduzindo os interesses econômicos da empresa, como também leva em consideração a necessidade de conservar os recursos disponíveis para as gerações futuras, para o uso da própria empresa e da sociedade. Assim, ele inclui uma dimensão de todos os possíveis impactos sociais, e não apenas a ambientais. Os sistemas de produção da cana são reconhecidos como causadores de danos ambientais nos espaços geográficos locais em que é produzida essa matéria-prima. Além do mais, o uso inadequado de seus subprodutos, como a torta de filtro e a vinhaça, pode contaminar tanto o solo quanto o lençol freático. Nesse sentido, outro problema reconhecido se refere à queima da cana, afetando a população das regiões circunvizinhas às plantações de cana-de-açúcar.

Segundo MONREAL e col. (2015), a valorização do meio ambiente, aliada à necessidade de crescimento de produtividade nas empresas, torna essencial a adoção de uma visão estratégica global do negócio, do meio ao qual estão inseridas, suas exigências, e dos desafios inerentes à globalização. A implementação dos conceitos de sustentabilidade, dentro do universo corporativo, exige adequação a rígidos padrões de responsabilidade social e ambiental. Essa se tornou a tendência do cenário mundial: encontrar alternativas compensatórias a partir de conceitos sustentáveis. O agronegócio é um dos mais expressivos setores econômicos do país, seja pela sua essencialidade, geração de empregos e a extensão territorial que ocupa ou pela exploração direta ao meio ambiente. Entretanto, os impactos ambientais gerados por ele também são consideráveis. Em constante crescimento e aprimoramento, o setor sucroenergético apresenta soluções para a minimização de seus passivos ambientais, em direção à sustentabilidade e à eficiência dos seus meios de produção. Exibe comprometimento com um modelo de gestão voltado à sustentabilidade. O principal desafio do setor é provar ao mercado consumidor que a produção de etanol e açúcar é desenvolvida de forma consciente e com proposta de minimizar os aspectos e impactos ambientais. Tais esforços vêm sendo constituídos sob a forma de sistemas de certificação, que comprovam que os processos de produção estão em conformidade com os requisitos legais, normas e padrões pré-estabelecidos.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo CLAUDINO e TALAMINI (2012) apesar da consolidação do agronegócio brasileiro, desafios recentes têm impactado o agronegócio, destacando-se:

- 1) A crescente preocupação da sociedade quanto à sustentabilidade ambiental, tema que vem ganhando importância nos debates técnicos e científicos, gerando a necessidade de criação de uma produção sustentável e “limpa”, e;
- 2) Nota-se que o mercado mundial apresenta, como tendência, a requisição de rotulagem e certificações de produtos elaborados sob critérios ambientais como requisitos para importação e comercialização.

O etanol obtido a partir da cana-de-açúcar no Brasil já é reconhecido como um biocombustível avançado pelo EPA (*Environmental Protection Agency* - Agência de proteção ambiental dos Estados Unidos), pois reduz as emissões de GEE, substituindo a gasolina, em mais de 60%. Considerando-se a cadeia produtiva do etanol de cana no país, estudos usando a técnica de análise de ciclo de vida (ACV) indicam que a produção de nove unidades energéticas de etanol (energia renovável) utiliza, apenas, uma unidade de energia fóssil (energia não renovável). Este excelente desempenho do balanço energético e ACV de GEE se deve aos avanços tecnológicos no passado, principalmente no período a partir do lançamento do Proálcool em 1975, merecendo destaque o melhoramento genético, o uso eficiente dos resíduos gerados na fase industrial (vinhaça e torta de filtro), ganhos de eficiência na extração do caldo e fermentação, automação e cogeração de energia em sistemas de alta pressão. Entre 1975 e 2008, os ganhos de produtividade nas fases agrícola (66%) e industrial (36%), resultaram um aumento da produção de etanol por hectare cultivado de cana em 125%; associado ao efeito da curva de aprendizado, estas melhorias proporcionaram uma redução de custo, no mesmo período, de 69%. (CUNHA e LEAL, 2013).

Para, SILVA e ZAPPAROLLI (2017), estudar o ciclo de vida do etanol combustível, produzido a partir da cana-de-açúcar, portanto, é relevante na medida em que a busca por novas tecnologias e aumento na produtividade tornam-se necessários no sentido de minimizar o empobrecimento do solo e riscos de ocorrência de surtos de pragas ou doenças, e, mitigar os desequilíbrios nos corpos hídricos, buscando uma maior eficiência ambiental e econômica.

Segundo SKIKIDA et al. (2008) e ZAPPAROLLI (2017), temos que apesar do etanol figurar como o principal biocombustível substituto dos combustíveis de origem fóssil, o debate envolvendo biocombustíveis e desenvolvimento sustentável é variado e complexo. Isso ocorre, porque os biocombustíveis apesar de implicarem em maior segurança no suprimento de energia, ganhos econômicos, desenvolvimento de áreas rurais e redução nas emissões dos Gases de

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Efeito Estufa; também expandem a fronteira agrícola, podendo gerar desmatamento, monoculturas, poluição da água, ameaças à segurança alimentar, condições precárias de trabalho e distribuição injusta dos benefícios ao longo da cadeia de valor.

### 1.3 MERCADO SUCROENERGÉTICO

Para, ROJAS (2012) e DALY (1991) e HARRIS E CODUR (2004), a representação do sistema econômico convencional mostra, mediante um diagrama de fluxo circular fechado, a troca de bens, serviços e fatores de produção com dois atores econômicos, os consumidores e os produtores. A macroeconomia é vista como um sistema isolado, no qual a troca de fluxos circula entre firmas e consumidores, não dependendo do meio ambiente e sem restrição, por exemplo, dos recursos naturais ou a poluição ambiental.

O agronegócio tem sido de fundamental importância para a geração de riquezas e manutenção da economia brasileira, através da geração de empregos, equilíbrio das contas e balança comercial, substituição de importação e garantia de alimentos com preços baixos e de qualidade. Através do avanço tecnológico e da implementação de novas técnicas de produção o Brasil se posicionou como destaque para o suprimento de alimentos para o mundo. O país é reconhecido como líder na produção mundial de: suco de laranja, café, cana-de-açúcar, além de ser um dos maiores produtores mundiais de: soja, carne, milho, biocombustíveis e outros. (CLAUDINO e TALAMINI, 2012).

Segundo AGUILAR-RIVERA e col. (2014) e (BRAMBILA, 2013) o desafio mais importante é fazer da cana-de-açúcar uma fonte para resolver três problemas essenciais: alimentos, energia e meio ambiente, isto é, “alcançar o processamento ideal para obter, além da sacarose de diferentes variedades, mais cana e derivados para uso em uma biorrefinaria como produção diversificada”. Portanto, o setor agroindustrial da cana-de-açúcar requer projetos de reordenamento e reconversão, tanto na questão tecnológica baseada na diversificação da produção e na administração industrial e empresarial ao longo da cadeia de valor; porque há vários fatores que podem ser avaliados e estabelece que restringissem e / ou incentivado a diversificação e reestruturação da indústria açucareira na biorrefinarias (preços do açúcar e do petróleo, tecnologia, legislação, qualidade e quantidade de matérias-primas, produtos e tecnologia conversão, custos de produção, suprimentos e impacto ambiental etc.) em um contexto de segurança alimentar, e tem que se sobrepõem ciclicamente através da história do

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

adoçante e a estrutura de produção atual da indústria açucareira na maioria dos países produtores. O que antecede deve contemplar a criação e utilização de subprodutos da cana-de-açúcar para a indústria e a criação de projetos locais ou regionais em áreas rurais (AGUILAR e col., 2014) e, (Aguilar, 2011).

Segundo MME (2017), através do relatório de balanço energético nacional e de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de cana-de-açúcar no ano civil 2016 alcançou 670,6 milhões de toneladas. Este montante foi 1,5% superior ao registrado no ano civil anterior, quando a moagem foi de 660,5 milhões de toneladas. Em 2016 a produção nacional de açúcar foi de 38,9 milhões de toneladas, alta de 13,7% em relação ao ano anterior, enquanto a fabricação de etanol caiu 6,5% atingindo um montante de 28.276,4 mil m<sup>3</sup>. Deste total, 58,5% referem-se ao etanol hidratado: 16.549,1 mil m<sup>3</sup>. Em termos comparativos, houve queda de 11,4% na produção deste combustível em relação a 2015. Já a produção de etanol anidro, que é misturado à gasolina A para formar a gasolina C, registrou um acréscimo de 1,4%, totalizando 11.727,3 mil m<sup>3</sup>. O ATR (Açúcar Total Recuperável), indicador que representa a quantidade total de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose), registrou médias de 130,70 e 134,25 ATR/tonelada de cana para as safras 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente.

Conforme dados, CONAB (2017), o setor sucroalcooleiro no país possui uma característica própria e isto diferencia de suas congêneres em outros países em função de que a maior parte das indústrias produzem uma proporção bastante alta da cana-de-açúcar que processam, essa diferença se dá em função de que o padrão internacional, os outros países produtores, mantém as atividades agrícolas de produção de cana-de-açúcar separada da produção industrial. Para o Brasil este diferencial acontece em função de um modelo de organizacional que está associado à enorme dimensão territorial que temos e também à grande abundância de terras férteis prontas para o plantio e cultivo da cana-de-açúcar, aliada à tradição agrária já desenvolvida no país.

Ainda outro ponto muito relevante é o de que muitos outros produtos comerciais são derivados do caldo da cana e dos resíduos líquidos e sólidos da moagem, entre eles, a cachaça, rapadura e a cogeração de energia elétrica gerada pela queima do bagaço, sendo que os dois primeiros são fabricados em pequenas fabricas especializadas.

O etanol, produzido no Brasil, a partir da cana-de-açúcar, segundo dados das projeções do agronegócio em longo prazo do ministério da agricultura, (2012/2013 a 2022/2023), também conta com projeções positivas para os próximos anos, devidas principalmente, ao crescimento

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

do consumo interno. A produção projetada para 2019 é de 58,8 bilhões de litros, mais que o dobro da registrada em 2008. O consumo interno está projetado em 50 bilhões de litros e as exportações em 8,8 bilhões, sendo a região centro sul a grande produtora com quase 100% da produção nacional, conforme demonstrado na Figura 6, vejamos:

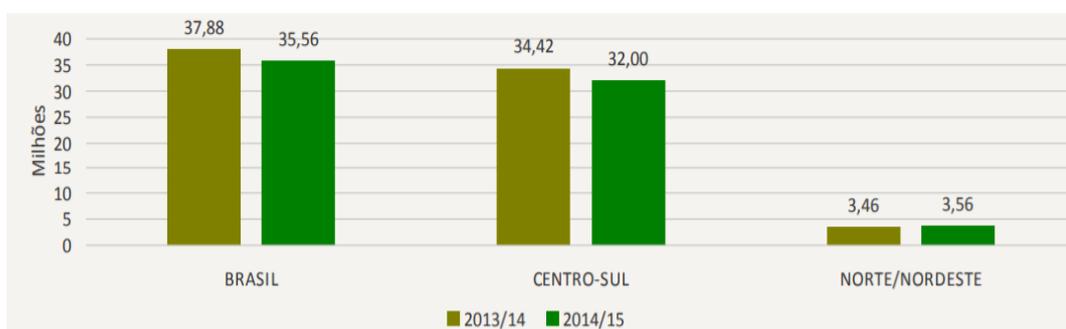
Figura 6 Comparativo de produção de etanol, em bilhões de litros safra 2014-15.



**Fonte:** Conab 2017.

Sendo que o Brasil é o responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo, o País deve alcançar taxa média de aumento da produção de 3,25%, até 2018/19, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto, o que corresponde a um acréscimo de 14,6 milhões de toneladas em relação ao período 2007/2008. Para as exportações, o volume previsto para 2019 é de 32,6 milhões de toneladas, sendo o Centro Sul o grande responsável pela produção conforme demonstra a Figura 7, referente à safra 2014-15.

Figura 7 - Comparativo de produção de açúcar por região, em milhões de toneladas.

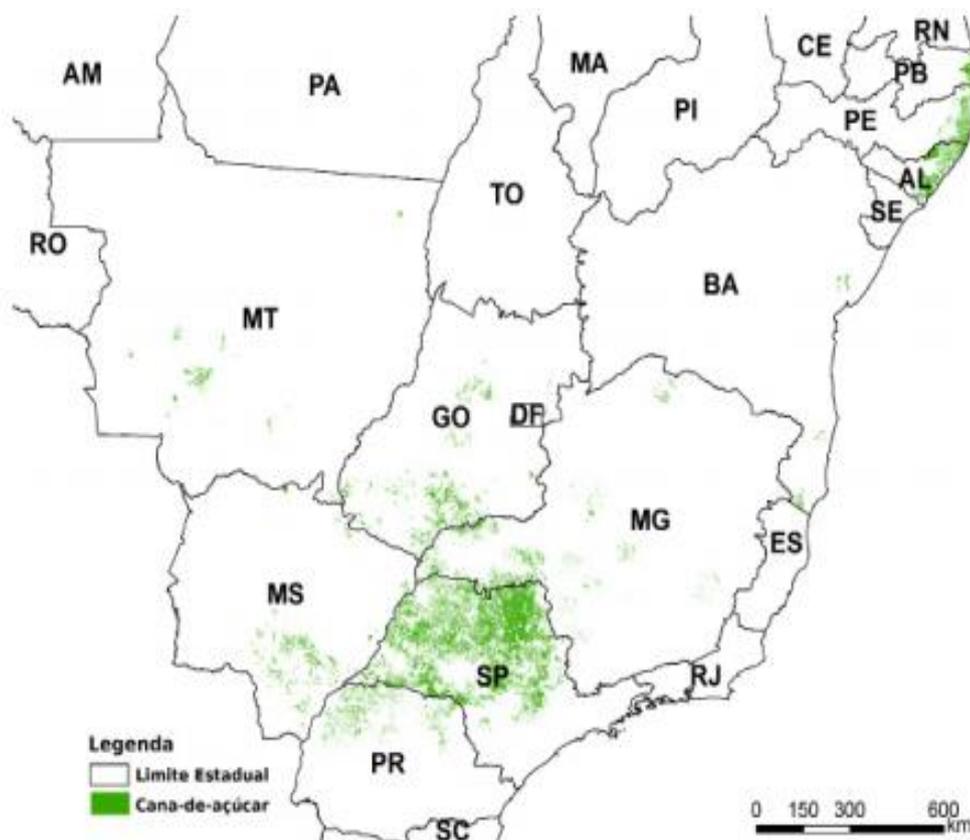


**Fonte:** Conab 2017.

Conforme informações do ministério da agricultura e CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, o setor sucroalcooleiro nacional é referência para os demais países produtores.

*FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

Figura 8 - Mapa da cana no Brasil.



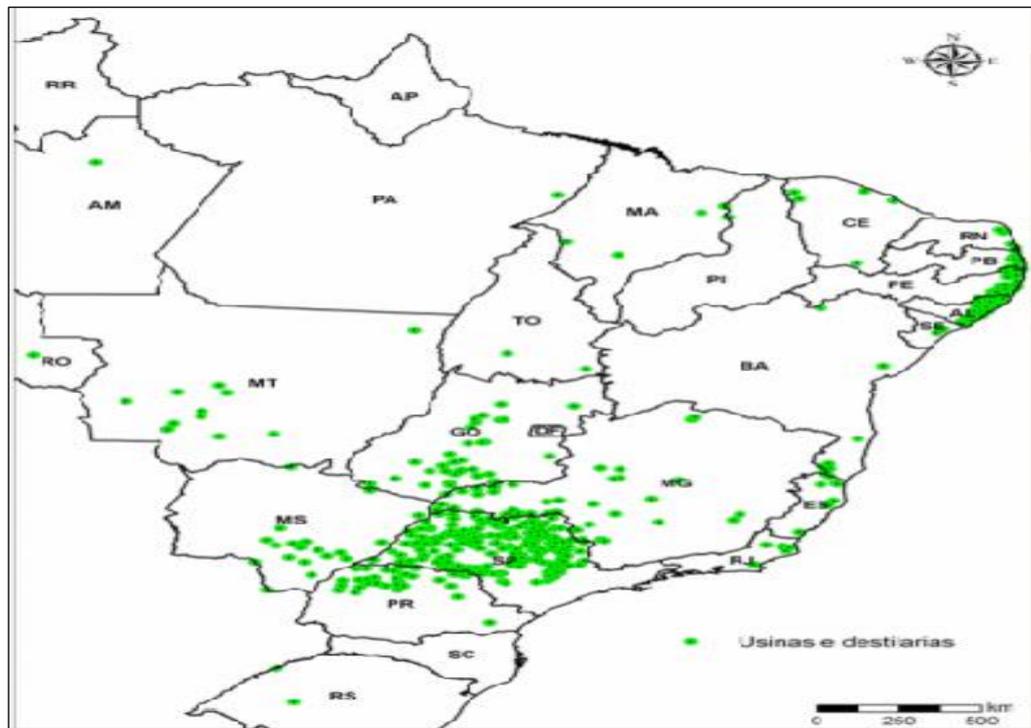
Fonte: Conab 2017.

A cana-de-açúcar é produzida em quase todo o País, sendo 60% em São Paulo. As demais zonas produtoras são Paraná, Mato grosso e Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro e Zona da Mata Nordestina, conforme demonstrado na Figura 8. Líder mundial na produção de etanol da cana-de-açúcar, o Brasil possui disponibilidade de terras cultiváveis para o plantio da cana, sem prejuízo dos outros alimentos, tecnologia de produção e a estrutura na distribuição.

O País domina o ciclo completo da produção de açúcar e etanol, desde a lavoura de alta produtividade até a instalação dos equipamentos para as fabricas de açúcar e destilarias que estão gerando biocombustível, a partir da fermentação do caldo extraído da cana-de-açúcar, distribuídas em diversos estados da malha Brasileira, porem com grande concentração nos estados de São Paulo, Goiás, Paraná e na Zona da Mata Nordestina, conforme observado na Figura 9.

*FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

Figura 9 - Mapa das Indústrias Sucroalcooleiras.



Fonte: CONAB 2016.

Muito além das instalações agroindustriais para a produção do açúcar e etanol, devemos pensar sobre as questões relacionadas à população que está envolvida nos sistemas produtivo de toda a cadeia do campo a indústria, assim é necessário pensar no ordenamento territorial existente entre os diferentes lugares e que estão conectados pelos sistemas e circuitos econômicos que acabam por de certa forma intervir no território e no espaço vivido no que tange o envolvimento e a distribuição do trabalho nos diferentes espaços e principalmente na divisão territorial do trabalho, levando-se em conta a própria hierarquia que se estabelece entre as oportunidades oferecidas em cada lugar, assim na Figura 10, está apresentado a distribuição do pessoal ocupado economicamente com a indústria sucroalcooleira.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

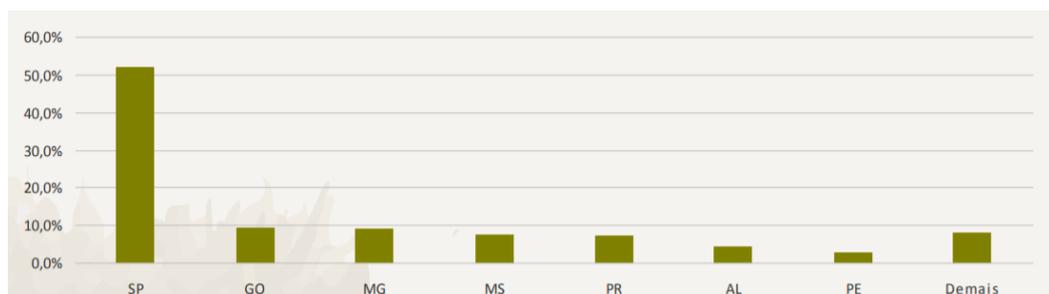
Figura 10 - Pessoal Ocupado na Indústria Canavieira 2014.



Fonte: IBGE 2014.

De acordo com todos estes dados o governo federal lançou uma política para orientar a expansão sustentável da cana-de-açúcar no País, que tem como base critérios ambientais, econômicos e social. A política foi definida a partir de estudo inédito e minucioso, o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAECana), que estipulou as áreas mais propícias ao plantio da cultura considerando tipos de clima, solo, biomas, declividade do terreno, e necessidade de irrigação, entre outras características, porém ainda se percebe que a concentração de produção e indústrias está na região sudeste do país, propriamente dito no estado de SÃO PAULO, conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Participação das Unidades da Federação na área total de cana-de-açúcar safra 2014-15.



Fonte: Conab 2017.

## 1.4 OS COMBUSTÍVEIS NO BRASIL – PETRÓLEO E BIOCMBUSTÍVEIS

### **2.4.1 O Petróleo**

Segundo a ANP (2018), a produção nacional de petróleo cresceu pelo quarto ano consecutivo, atingindo 2,6 milhões de barris/dia em 2017, um aumento de 4,2% em relação ao ano anterior. Esta elevação foi liderada pela oferta de petróleo do pré-sal, que alcançou a média de 1,3 milhão de barris/dia no ano, cerca de 50% da produção nacional. O gás natural teve acréscimo de 5,9% e o gás extraído do pré-sal aumentou a participação no total nacional e correspondeu a 45,3% do total produzido. Em função do aumento da produção nacional em 2017, o Brasil reduziu sua necessidade de importação de petróleo em 16,4%, para média de 149,2 mil barris/dia, enquanto as exportações alcançaram o maior valor da série histórica, 996,6 mil barris/dia, aumento anual de 24,8%. A produção nacional de derivados foi 3,7% inferior à de 2016 e atingiu 1,9 milhão de barris/dia, em torno de 76,2% da capacidade instalada de refino. Em função disso, o volume de importações de derivados cresceu 26,1%, para 615,7 mil barris/dia. Além disso, em consequência do crescimento dos preços internacionais, houve um aumento do dispêndio com a importação em 57,5%. O montante gerado de participações governamentais atingiu R\$ 30,5 bilhões em 2017, sendo R\$ 15,3 bilhões em royalties e R\$ 15,2 bilhões em participação especial, valores superiores ao ano anterior de, respectivamente 29,4% e 156,2%. Em 2017, as vendas de derivados pelas distribuidoras registraram crescimento de 1,3%, depois de dois anos consecutivos de queda. Destaque para as vendas de gasolina C e de óleo combustível, que cresceram 2,6% e 1,6%, respectivamente.

### **2.4.2 Os Biocombustíveis**



Leite e Leal (2007), além de Silva (2015), afirmam que desde a década de 70, a preocupação das emissões de GEE por meio de veiculares, passou a ser objeto de discussão entre as nações, o que impulsionou um novo olhar para com os biocombustíveis. Nos anos 80, pesquisadores buscaram apresentar para os governos a situação alarmante sobre o aquecimento global em decorrência da queima de combustível fóssil, que se apresentava com um impacto ambiental muito maior se comparado com os registros históricos.

O Brasil, já com sua experiência com a cultura da cana-de-açúcar, e os Estados Unidos com a do milho, focaram suas pesquisas na produção do etanol combustível, enquanto países como o Japão e a União Europeia mantiveram suas posições, em um primeiro momento, de menor interesse. As inovações tecnológicas da década de 90, no ramo automotivo, como a injeção eletrônica e o catalisador de três vias, contribuíram de forma significativa com a redução das emissões, no entanto, no Brasil o mercado do etanol já estava começando a se estabilizar.

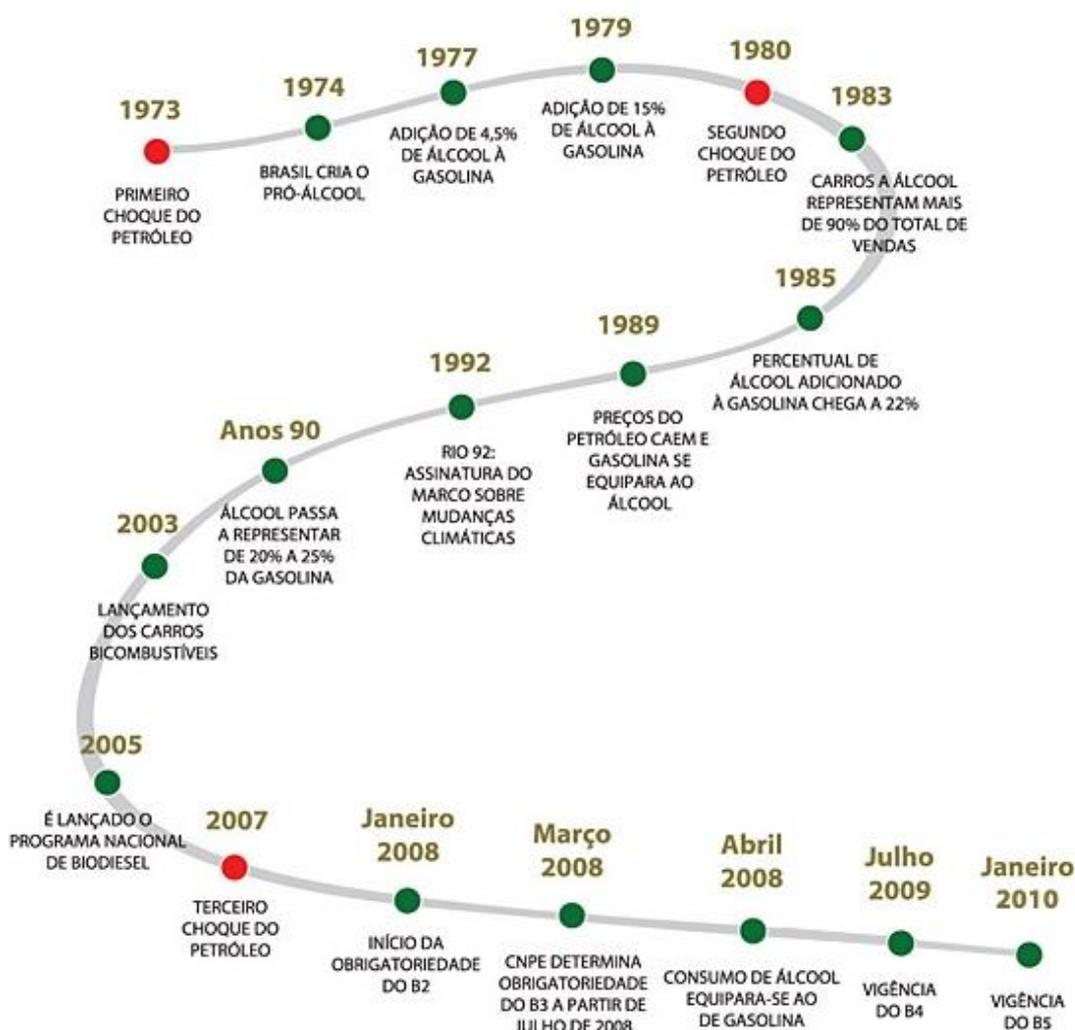
Um grande impulso para o biocombustível no Brasil, foi a aprovação da nova política chamada *RenovaBio* em 12/2017, através da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, intitulada como política do uso de combustíveis renováveis e menos poluentes, a expectativa é que esta política seja implementada a contar da safra 2019/2020, sendo que paralelamente devem ser definidas diretrizes e metas para redução das emissões de carbono na matriz de combustíveis.

Além de regulamentar o mercado para se tornar o biocombustível mais competitivo, outro detalhe importante está no fato de que o *RenovaBio* irá propiciar a previsibilidade que é tão necessária para a participação competitiva dos biocombustíveis no mercado nacional de

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

combustíveis, sendo que estes devem contribuir efetivamente para a redução de emissões dos gases que são considerados causadores do efeito estufa, além de que o Brasil assumiu compromissos no âmbito do Acordo de Paris na chamada (COP21 – 21ª conferência do clima). Assim, é possível compreender o quanto estas questões relacionadas à matriz energética são importantes para a movimentação da econômica brasileira, pois o etanol é o produto que compete diretamente com a gasolina e suas emissões diretas compreendem ser 90% menores do que as proporcionadas pelo diesel e pela própria gasolina, o novo modelo de política instituído pela Lei ira valorizar este crescimento que se estendeu ao longo da história como apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Evolução dos biocombustíveis no Brasil.

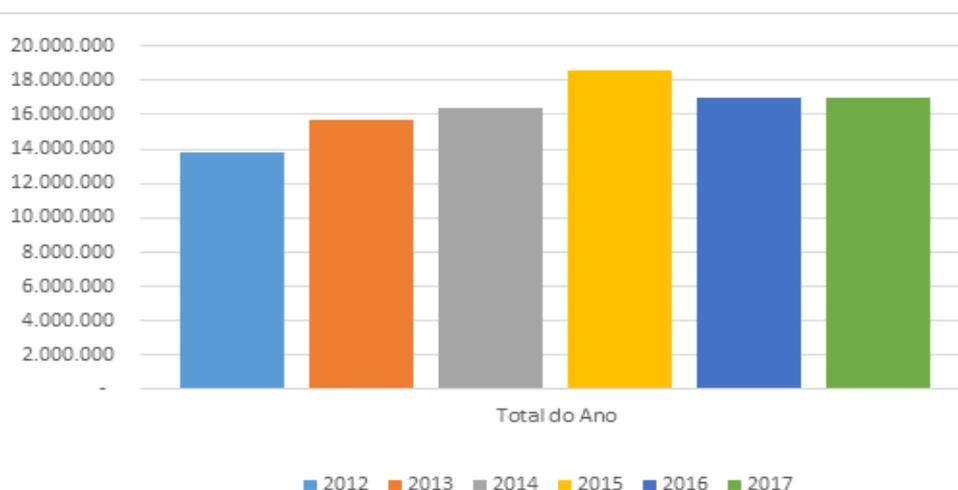


Fonte: ANP Brasil (2010).

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os biocombustíveis são substâncias derivadas de biomassa renovável, tais como o biodiesel e o etanol. Um biocombustível pode substituir parcial ou integralmente, compostos de origem fóssil em motores ou em outros tipos de geração de energia. Por serem biodegradáveis, e praticamente livres de enxofre e compostos aromáticos, não causam impactos elevados ao meio ambiente. A disponibilidade territorial e condições climáticas favoráveis propiciam o cultivo das matérias-primas necessárias à produção dos biocombustíveis, o que tem incentivado investimentos em políticas públicas no âmbito social para o aproveitamento das potencialidades regionais, com geração de renda e empregos e um desenvolvimento sustentável. Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol e o biodiesel. (ANP, 2018).

Figura 13 - Produção de etanol hidratado Brasil M<sup>3</sup>(2012 a 2017)

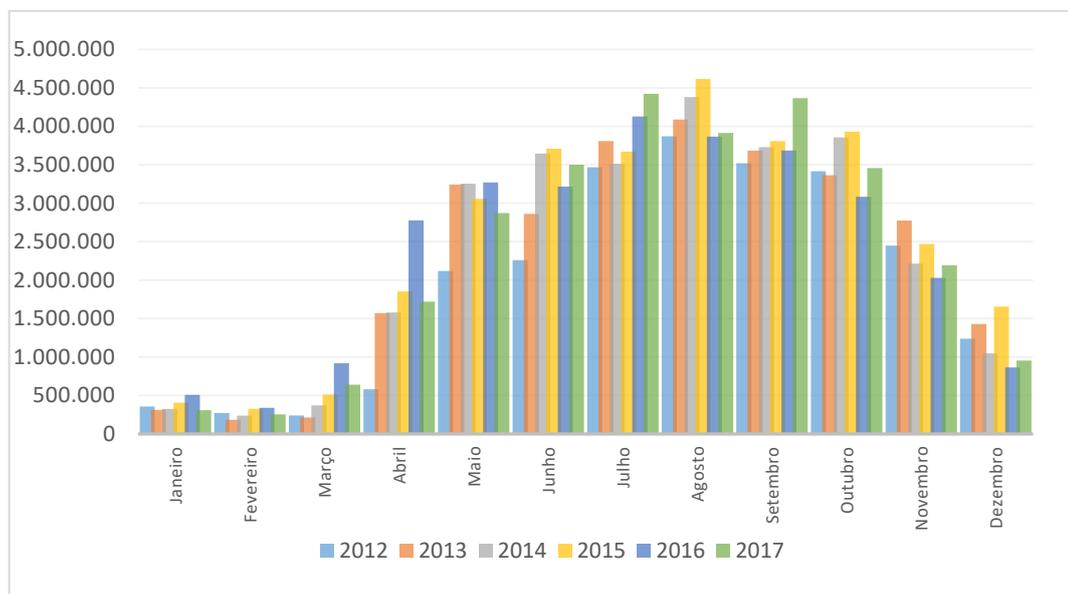


**Fonte:** Adaptado ANP (2018) Dados Estatísticos.

No Figura 13, no setor de biocombustíveis quanto à produção de etanol é possível observar que a contar de 2012 até 2015 a produção de etanol começou um crescimento que representou 25,6%, porém de 2015 para 2016 houve uma queda de 8,5%, mantendo-se estabilizada em 2017 não havendo variação. Em contrapartida a ANP, registrou que a produção de biodiesel foi 12,9% superior ao ano anterior, em decorrência, principalmente, do aumento do teor de mistura no óleo diesel para 8%.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 14 - Produção de etanol hidratado (2012-2017) (m<sup>3</sup>).



**Fonte:** Adaptado ANP (2018) Dados Estatísticos.

É possível observar na Figura 14 que os meses de maio a outubro, é o período no qual o volume de produção de etanol tem maior desempenho, quando a cana colhida chega à usina que está em pleno funcionamento podendo esmagar e produzir o etanol, também é possível verificar melhor a demanda em função do mercado consumidor, para que as usinas possam definir o mix de produção.

### 1.5 A CIDADE DE MARINGÁ - PR- IGUATEMI E A USAÇUCAR – USINA SANTA TEREZINHA

#### 2.5.1 A História De Maringá

Segundo o Diário (Maringá), o desbravamento da região de Maringá, ocorreu em meados da década de 1930 quando o escritório da Companhia de Terras Norte do Paraná, no lugar em que eram negociados os lotes da região, ficava situado em Londrina. Os compradores se dirigiam ao escritório para adquirir as propriedades, e logo partiam para começar a derrubada das árvores nativas, visando preparar o terreno para a prática da agricultura, em especial para a plantação de café.

O primeiro lote de Maringá, de numeração 1/A, foi adquirido pelo padre alemão Emílio Clemente Scherer, que chegou ao Brasil em 1938, fugindo do nazismo. O padre Scherer é

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

considerado o primeiro pioneiro desbravador de Maringá. A propriedade que ele adquiriu - localizada em uma região próxima ao local que hoje é o bairro Cidade Alta, em Maringá -, foi batizada de Fazenda São Bonifácio. Foi nesta propriedade que, a 12 de fevereiro de 1940, surgiu a primeira igreja de Maringá, a Igreja São Bonifácio, construída com madeira retirada de árvores cortadas na própria fazenda. A igreja existe até hoje, próximo ao bairro da Cidade Alta, no prolongamento da Rua Dolores Duran.

Em 1942, surgiu também um pequeno povoado que servia como ponto de apoio aos pioneiros desbravadores que já começavam a trabalhar nas propriedades rurais locais: a área que hoje é chamada de Maringá Velho. No entanto, a formação do Maringá Velho não se deu de forma precária e desordenada. O historiador do Patrimônio Histórico de Maringá, João Laércio Lopes Leal, conta que o povoado cresceu obedecendo a um planejamento criado por Aristides Souza Mello, diretor da Companhia de Terras Norte do Paraná, que projetou o pequeno povoado de seis quadras, formado por poucas casas e estabelecimentos comerciais, estes voltados a atender às necessidades básicas da população rural.

O projeto da cidade de Maringá é datado de 1943 e assinado pelo urbanista paulista Jorge de Macedo Vieira, adepto do conceito de “Cidade Jardim” elaborado pelo britânico Ebenezer Howard e responsável pelo projeto de inúmeros bairros de São Paulo. O traçado de Maringá foi desenhado com largas avenidas, canteiros que valorizavam o paisagismo e ruas que seguiam a inclinação natural do relevo o mais fielmente possível. Um fato interessante é que Jorge de Macedo Vieira nunca esteve em Maringá. O historiador do Patrimônio Histórico de Maringá, João Laércio Lopes Leal, conta que o urbanista recebeu a ajuda de Cássio Vidigal, diretor da Companhia de Terras Norte do Paraná e amigo de Jorge de Macedo Vieira dos tempos em que eles frequentaram a Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo). E foi a partir de um planejamento desenhado por Cássio Vidigal e tendo como referência algumas fotos aéreas da cidade que Jorge de Macedo Vieira finalizou o projeto de Maringá.

A fundação oficial de Maringá e data em que a cidade comemora seu aniversário é 10 de maio de 1947, quando a Companhia de Terras Norte do Paraná (que foi adquirida por investidores brasileiros nos anos 1940 e foi rebatizada como Companhia Melhoramentos Norte do Paraná em 1951) abriu um escritório na cidade, no cruzamento entre a Avenida Duque de Caxias e a Rua Joubert de Carvalho (a construção existe até hoje). Foi nessa data que a Companhia iniciou a venda dos lotes na região do Maringá Novo. A primeira residência construída no Maringá Novo ficava na Av. Brasil, entre as avenidas Getúlio Vargas e Duque de Caxias, e pertencia ao gerente da Companhia, Alfredo Werner Nyffeler. Construída em

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

madeira, a casa atualmente encontra-se no campus da UEM (Universidade Estadual de Maringá), para onde foi transferida em 1984, e atualmente abriga o Museu da Bacia do Paraná.

Na década de 1950, Maringá pulou de 40.000 habitantes para 100.000, sobressaindo a Vila Operária e o Maringá Velho como regiões mais prósperas, vindo em seguidas as zonas 1,7 e 6. Nesse contexto destacam-se no perímetro urbano as casas comerciais, serrarias, as máquinas de café e as cerealistas. No irromper dos anos 1960, Maringá registra expansão tanto vertical quanto horizontal, solidificando a posição de centro regional. São erigida nessa fase edifícios como o Três Marias, Maria Tereza e Maringá, atestando ares de metrópole a cidade. Novos loteamentos aparecem, por exemplo, o Jardim Alvorada, a Vila Moranguieira, o Mandacaru e o Jardim Universitário, ampliando a zona urbana do município. Na esteira do progresso brotam instituições seminais ao desenvolvimento socioeconômico, caso da COCAMAR e da UEM. A fim de extravasar tanta energia acumulada por uma população crescente e laboriosa, criam-se clubes sociais (Maringá Clube, Country Clube), o Parque do Ingá, o Parque Alfredo Nyffeler, o Parque do Japão, o Bosque das Grevíleas, entre outros atrativos de lazer. O esporte também oferta equipamentos referenciais, destacando-se o Estádio Willie Davids e o Ginásio Chico Netto. Se atualmente Maringá apresenta elevados índices de qualidade de vida, deve isso ao seu povo, em todos os tempos históricos, pois soube escolher os governantes e trabalhou noite e dia para a cidade ser o que é, portanto, o maior patrimônio maringaense é sua gente, acima de qualquer bem material ou imaterial.

### **2.5.2 A História do distrito de Iguatemi.**

A colonização do distrito de Iguatemi e a sua ocupação e povoamento tem data a partir de 1945. Como todo o norte do Paraná teve início quando migrantes de várias regiões e estados do Brasil vieram para desmatar e formar sítios de café. A Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP) loteou toda a área. A região se desenvolveu em função da economia do café, principal produto da época. Em 1946, existiam algumas famílias abrindo os primeiros sítios de café, o lugar reservado para ser a sede urbana do distrito ainda estava com sua formação vegetal original, e era de posse da Companhia, que em 1947 mapeou tudo e loteou. Em 1948, começou a ser construídas as primeiras edificações urbanas. Eram poucas e rústicas construções de madeira, a parte rural se desenvolveu primeiro, e posteriormente à urbana, a última sendo criada inicialmente apenas para atender interesses dos produtores rurais. Na medida em que os anos

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

passaram o distrito foi se expandindo, se desenvolvendo, ampliando o seu comércio e infraestrutura, até o formato dos dias atuais conforme Figura 15.

Figura 15 - Vista distrito de Iguatemi e instalações da usina santa Teresinha



Fonte: Google Imagens (2018).

### 2.5.3 A História Do Grupo Usina Santa Terezinha – USAÇUCAR

A Usina Santa Terezinha Ltda., Empresa de capital fechado, foi constituída no início dos anos 60. Os irmãos Albino, Felizardo, Hélio, Irineu, José e Mauro Meneguetti juntaram-se ao cunhado Alberto Seges e à irmã Terezinha Meneguetti, para transformarem um pequeno engenho de aguardente em fábrica de açúcar, no Distrito de Iguatemi, no qual hoje se localiza a Unidade Iguatemi, conforme Figura 16.

*FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

Figura 16 - Unidade 1 Grupo Santa Teresinha. Iguatemi.



Fonte: Google Imagens (2018).

Nos anos de 1979 e 1981 a empresa se utiliza de financiamentos por meio do Programa Nacional do Etanol – PROÁLCOOL para ampliação do seu parque industrial. Este programa auxiliou a implantação de muitas destilarias e cooperativas de produção de etanol pelo país. No entanto, o Programa entrou em crise, na qual empresas que estavam desestruturadas tiveram que ser vendidas ou fechadas. Neste contexto, o Grupo inicia sua fase de expansão, adquirindo no ano de 1987 a Unidade de Paranacity, 1989 a Unidade de Tapejara e a Unidade de Ivaté, no ano de 1993.

Em todas as unidades foram necessárias reformas de seu complexo industrial, para que pudessem operar novamente, bem como realizar o plantio da cana necessária, tendo implantado a fábrica de açúcar no período de 1994/1996.

Com o mercado cada vez mais exigente e objetivando aumentar a competitividade, a empresa construiu em Maringá o Terminal Logístico, tendo iniciado suas operações em 2002,

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

possuindo armazéns graneleiros para açúcar e demais grãos, um terminal de calcário, misturadora de adubos e tanques para estocagem de líquidos (inflamáveis e outros). Fazendo parte do seu complexo logístico, construiu também em Paranaguá, um terminal rodoferroviário de fertilizantes, que iniciou suas atividades em 2003.

No mesmo ano, iniciou-se o projeto de implantação de uma nova unidade na Cidade de Terra Rica, por meio de aquisição da Fazenda São José, localizada naquele município, tendo iniciado o plantio de cana para mudas no mês de janeiro/2004, efetuando sua primeira safra a partir de maio/2007.

Dando continuidade ao processo de expansão do Grupo e aproveitando o momento favorável de crescimento do setor sucroalcooleiro, em 2006 a Usina Santa Terezinha adquire a Destilaria de Etanol da Cocamar, localizada na cidade de São Tomé, fundando uma nova empresa, a Usina São Tomé S/A, e, em 2008 arrenda as instalações industriais da Cocarol, localizada na cidade de Rondon, que também passa a fazer parte da Usina São Tomé S/A. No ano de 2009 assume também, por meio de arrendamento, as instalações industriais da Usina Usaciga, localizada em Cidade Gaúcha.

Atualmente o grupo conta com mais três aquisições com as unidades de Moreira Sales (Goioerê), Rio Paraná e Costa Bioenergia localizada no município de Umuarama, totalizando assim 11 unidades no Grupo. Assim o grupo Santa Terezinha totaliza 11 unidades industriais, o Escritório Central e o Terminal Logístico (localizados em Maringá) e o Terminal no Porto de Paranaguá.

O escritório central está localizado na cidade de Maringá. Em sua infraestrutura concentram-se as áreas corporativas, administrativa, financeira e comercial que coordenam as atividades das unidades da Usina Santa Terezinha. As Gerências e Assessorias, subordinadas as Diretorias específicas, são divididas em Gerências Corporativas (Administrativa, Jurídico-Trabalhista e SST, Parceria Agrícola, Comercial, Suprimentos, TI, Auditoria e Logística), Industrial e Agrícola, Assessoria Financeira e Ambiental.

A Santa Terezinha estabelece suas diretrizes em consonância com os quesitos estabelecidos na lei, regulamentos e normas, incorporando estes às suas atividades e operações, bem como em sua cadeia produtiva, objetivando a melhoria contínua e padrões de eficiência em suas atividades e resultados.

### **2.5.4 Descrição da empresa**

Razão Social: Usina Santa Terezinha LTDA e Nome Fantasia: Usaçucar

*FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

Atividade Principal: Agroindústria e Principal atividade comercial: Fabricação de açúcar e etanol. Endereço: Fazenda Canadá, gleba Chapecó lote 246, tel.: 3276 – 8000 números de funcionários: (+-) 2.000, Grau de riscos: 3 Portes da Empresa: Grande, Horários de funcionamento: 24 horas/dia na safra e 8 horas na entre safra. Abaixo são apresentadas na Tabela 3, as edificações que fazem parte da unidade de produção de açúcar e etanol de Iguatemi.

Tabela 3 - Distribuição das edificações atualizadas e metragem construída.

<b>LOTE</b>	<b>NOME DA ALOCAÇÃO EXISTENTE</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
<b>LOTE 247</b>		
	01B - Administração - insetário novo	1648,79
	01C - Anfiteatro	269,83
	01D - Central de GLP do Anfiteatro	1,20
	02A - Portaria Industrial	657,95
	02B - Balança	45,90
	02C - Posto de Serviço	248,45
	02D - Refeitório	775,50
	02E - Vestiário	547,62
	02F - Central de GLP do Refeitório	4,03
	03A - Subestação 1	38,64
	06A - Caldeiraria	307,97
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>4.564,03</b>
	01E - Aumento Adm. (Insetário)	144,24
	01F - Produtos Químicos	3,90
	01G - Central GLP Insetário	2,57
	01H - Abrigo medição de energia	12,60
	02G - SESMT novo	222,03
	02H - Sala do motorista	182,40
	03B - Vigilância	27,75
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>595,49</b>
<b>LOTE 246</b>		Atualização
	000 - Borracharia <b>EXISTENTE</b>	313,21
	04A - Dep. de Ferragens e Inflamáveis	83,68
	04C - Oficina Agrícola Nova	2340,00
	07A - Laboratório	Edificação
	07B - central de GPL do laboratório	
	08 - Edifícios Industriais 1 <b>A F G</b>	
	09A - Controle da Moenda	01A - Guarita Administrativa
	09B - Subestação da Moenda	45,36
	09C - Lavador de Peças	70,88
	10A - Geração de Energia	818,37
	11A - Controle da Caldeira	130,38
	11B - Casa de Caldeira	117,15
	11C - E T A	21,54
	12A - Central de Ar	148,42
	12B - Lubrificação	27,28
	12C - Depósito de Gases Industriais	31,20
	13A - Destilaria	2540,94

Continua

*FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

	13B - Filtro Rotativo	507,73
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>18.145,88</b>
	04D - Oficina antiga	1608,12
	04E - Aumento borracharia	97,65
	04F - Abrigo de baterias	11,32
	04G - Depósito de peças	63,00
	04I - Depósito adubo 1	518,93
	04J - Depósito adubo 2	815,04
	04K - Depósito adubo 3	681,6
	08 G - Edifício Industrial 1 G	24,87
	08 I - Pit stop - Ferramentas	23,17
	08J - Pit stop - Compressor	21,73
	11D - Ponto de Descanso	23,40
	11E - Central GLP caldeira	28,83
	13C - Filtro prensa	229,88
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>4245,14</b>
<b>LOTE 245-A</b>		Atualização
	05A - Controle de Herbicida	124,95
	05B - Almoxarifado	32,60
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>157,55</b>
	05C - Vestiário Agrícola	158,00
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>158,00</b>
<b>LOTE 4-A-1</b>		Atualização
	14-A - Casa de Cal	100,42
	14-B - Subestação 2	22,79
	15-A - Depósito de Açúcar	2912,78
	15-B - Almoxarifado	2520,00
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>5.555,99</b>
	14-C - Subestação da Casa de Cal	14,19
	15-C - Painéis da Casa de cal	36,48
	15-D - Casa de cal - NOVA	84,84
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>135,51</b>
<b>LOTE 3-A</b>		
	16-A - Serralheria	245,83
	16-B - Almoxarifado	38,96
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>284,79</b>
<b>LOTE 242-B</b>		Atualização
	17-A - Parque de tanques	2487,72
	17-B - Carregamento de Etanol	121,00
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>		<b>2.608,72</b>

Fonte: O Autor (2016)

Verifica-se através dos dados apresentados na Tabela 3, que são necessários muitos metros quadrados de construção para que seja possível dar suporte a produção final do açúcar e do etanol, sendo necessárias ampliações e ou adequações conforme a planta de produção vai mudando seu mix de produção para o açúcar ou para o etanol, além de todo o suporte para a fase agrícola da empresa na produção da matéria prima principal a cana-de-açúcar.

## *FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*

### 1.6 CARACTERIZAÇÃO DO CICLO DE VIDA PARA OS IMPACTOS AMBIENTAIS VIA COLETA DE DADOS.

Nesta pesquisa, os conhecimentos aplicados objetivam a busca de melhoria da qualidade de vida e redução de possíveis Impactos Ambientais e Socioeconômicos. Esta pesquisa foi realizada de forma exploratória e descritiva visando o conhecimento e também aumentar a experiência sobre um problema conhecido e assim poder fazer o levantamento das características, fatos, fenômenos, componentes, fatos e os processos de produção do açúcar e do etanol com o uso da cana-de-açúcar, além de pesquisa bibliográfica e documental, com foco qualitativo e quantitativo.

Diante do exposto, a base desta pesquisa concentrou-se como um caráter bibliográfico/documental e de revisão bibliográfica, já que procurou avaliar sobre os principais impactos ambientais e socioeconômicos os processos produtivos de uma indústria sucroalcooleira desde a produção da matéria prima cana-de-açúcar até a produção do açúcar e etanol, tudo com base sólida nas informações prestadas pela empresa, e a partir do inventário das etapas de produção, utilizando o método da Análise de Ciclo de Vida– ACV dos produtos entre os anos de 2007 a 2016, na qual se realiza a interpretação e análise dos dados em o acordo com o conjunto de Normas ISO serie 14040 e 14044 (ABNT, 2009).

## *METODOLOGIA*

### *METODOLOGIA*

Neste capítulo será apresentada a metodologia de análise adotada para modelagem, simulação e diagnóstico do processo de produção de açúcar e etanol em uma indústria sucroalcooleira, com base em critérios energéticos, econômicos e ambientais, resultando em um conjunto de dados aplicáveis ao processo em estudo.

Para qualquer análise dos impactos socioeconômicos e ambientais de um processo, a verificação dos cenários onde serão implementados é relevante para a definição dos dados para o inventário da ACV foram proporcionados pelos aspectos de produção do etanol e do açúcar da usina da USAÇUCAR – UNIDADE DE IGUATEMI. A seguir, cada uma das etapas da metodologia é detalhada. Dados primários - obtidos por meio da coleta de dados na usina, em acordo com um calendário pré-elaborado pela empresa, e com reuniões engenheiros especialista de cada área da usina (indústria, agrícola).

Preenchimento de planilhas de coleta de campo pré-elaboradas, com base no Software SIMAPRO FACULTY 8.4 e o banco de dados Ecoinvent 3.4, Dataset Documentation, em seguida os dados secundários, sendo os dados secundários acompanhados pela ISO 14040:2014. O Inventário de Ciclo de Vida (ICV), por meio do uso do Software SIMAPRO FACULTY 8.4 e o Banco de dados Ecoinvent 3.4 Dataset Documentation, será elaborado a partir da definição das 4 fases conforme a NBR 14040 sendo elas:

- a) a fase de definição de objetivo;
- b) a fase de análise de inventário;
- c) a fase de avaliação de impactos e
- d) a fase de interpretação.

A profundidade e a abrangência da ACV podem variar consideravelmente, dependendo do objetivo do estudo em particular. Os objetivos e o escopo de uma ACV, incluindo a fronteira do sistema e o nível de detalhamento, depende do objeto e do uso pretendido para o estudo.

A fase de análise de inventário do ciclo de vida (ICV) é a segunda fase de uma ACV. Trata-se de um inventário dos dados de entrada e de saída associados ao sistema em estudo. Essa fase envolve a coleta dos dados necessários para o alcance dos objetivos do estudo em questão.

A fase de avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) é a terceira fase da ACV. O objetivo da AICV é prover informações adicionais para ajudar na avaliação dos resultados do ICV de um sistema de produto, visando ao melhor entendimento de sua significância ambiental.

## *METODOLOGIA*

A interpretação do ciclo de vida é a fase final do procedimento de ACV, na qual os resultados de um ICV e/ou de uma AICV, ou de ambos, são sumarizados e discutidos como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com a definição de objetivo e escopo. No presente estudo, o Inventário de Ciclo de Vida (ICV) é elaborado a partir de diversidade de informações coletadas nas visitas técnicas, onde se realizou também o mapeamento tecnológico da planta industrial e agrícola.

### 1.7 USO DE RECURSOS COMPUTACIONAIS – BANCO DE DADOS E SOFTWARE

O uso de programas computacionais para pesquisas neste porte é um instrumento muito importante e relevante, pois se torna uma ferramenta de pesquisa acessível e pratica além de tornar-se de uso contínuo e confiável aos pesquisadores, assim em diversos trabalhos neste seguimento o que verificou-se foram os usos constantes do software SIMAPRO, que hoje está na versão 8.4 faculty e do banco de dados Ecoinvent 3.4 que é o líder mundial oferecendo tanto transparência quanto consistência quanto aos dados de processo bem documentados para milhares de produtos, ajudando a fazer escolhas realmente informadas sobre seu impacto ambiental.

O Porque desta opção se dá em função de que vários outros softwares que apresentam interface para avaliação do ACV, possuem limitações com valor de mercado e quando demos livres apresentam muitas limitações para utilização, enquanto que tanto o SIMAPRO quanto o Banco de dados Ecoinvent, proporcionam parcerias com as universidades com licenças temporárias para pesquisa e desenvolvimento.

### 1.8 UTILIZANDO O SOFTWARE SIMAPRO

Na primeira fase, o propósito do estudo e sua amplitude assim são definidos, envolvendo decisões importantes sobre as fronteiras e a unidade funcional, conforme vemos nas Figuras 17 e 18.

## METODOLOGIA

Figura 17 - Definindo Objetivo e Escopo.

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Profissional; Usina Santa Terezinha

Eicheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Explorador LCA

**Assistentes**

Assistentes

**Objetivo e âmbito**

Descrição

Bibliotecas

**Inventário**

Processos

Fases do produto

Tipos de desperdício

Parâmetros

**Avaliação de impacto**

Métodos

Configurações do cálculo

**Interpretação**

Interpretação

Ligações a Documentos

**Dados gerais**

Referências bibliográficas

Substâncias

Unidades

Quantidades

Imagens

Nome  
Usina Santa Terezinha

Data  
24/07/2018

Autor  
Edinei

Comentário  
ACV da produção de açúcar bruto e etanol hidratado

Tipo de ACV  
Internal Screening

Screening refere-se a uma ACV realizada num curto período de tempo. Normalmente, só se utiliza dados standard disponíveis e avaliação de impacto. A análise de sensibilidade é muito importante.

Objectivo  
Avaliar os impactos ambientais de diferentes etapas do processo de produção de açúcar bruto e etanol hidratado ao longo dos últimos anos utilizando dados reais de uma usina sucroalcooleira.

Motivo  
Dissertação de mestrado

Promotor

Fonte: O Autor (2018)

Figura 18 - Definindo Objetivo e Escopo parte 2

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Profissional; Usina Santa Terezinha

Eicheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Explorador LCA

**Assistentes**

Assistentes

**Objetivo e âmbito**

Descrição

Bibliotecas

**Inventário**

Processos

Fases do produto

Tipos de desperdício

Parâmetros

**Avaliação de impacto**

Métodos

Configurações do cálculo

**Interpretação**

Interpretação

Ligações a Documentos

**Dados gerais**

Referências bibliográficas

Substâncias

Unidades

Quantidades

Imagens

Objectivo  
Avaliar os impactos ambientais de diferentes etapas do processo de produção de açúcar bruto e etanol hidratado ao longo dos últimos anos utilizando dados reais de uma usina sucroalcooleira.

Motivo  
Dissertação de mestrado

Promotor  
Programa de Mestrado em Bioenergia - UEM

Parte interessada  
Acadêmicos

Profissional  
Usina Santa Terezinha - Iguatemi

Unidade funcional  
1 Ton de cana-de-açúcar

Fluxos de referência  
Cana-de-açúcar, etanol e açúcar

Cenários alternativos  
Anos de 2007 até 2016

Sufixo do nome do produto

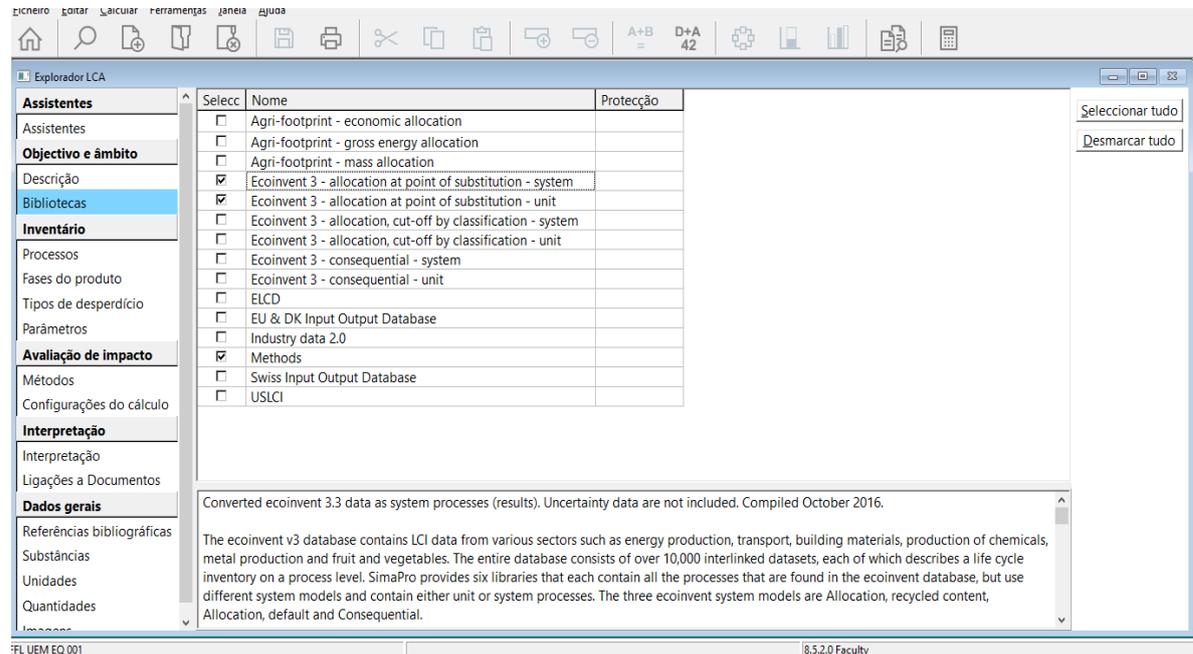
FFL UEM EQ.001

Fonte: O Autor (2018).

Na segunda fase de alimentação do software, é realizada a seleção das informações relevantes para o sistema, através da escolha da metodologia, conforme apresentado na Figura 19.

## METODOLOGIA

Figura 19 - Seleção das metodologias.



Fonte: O Autor (2018).

Na terceira fase de alimentação do sistema, para a fase de Avaliação de Impacto, são associados a impactos ambientais específicos, de modo que o significado destes impactos potenciais possa ser avaliado, alimentando processo por processo, conforme demonstrado nas Figuras 20, 21, 22 e 23

Figura 20 - ICV Plantio Fase Agrícola.

Editar material processo: Sugarcane (BR) production | Alloc Def, S

Produtos								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação	Tipo de resíduo	Categoria		
Sugarcane (BR) production   Alloc Def, S	1	kg	Mass	100 %	Compost	Agr...Transformatio		
(Insira linha aqui)								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário	
(Insira linha aqui)								
Entradas								
Entradas conhecidas da natureza (recursos)	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário
Carbon dioxide, in air		4,5475152E-1	kg					
Energy, gross calorific value, in biomass	biotic	5,1911039E0	MJ					
Occupation, construction site	land	3,5313951E-4	m2a					
Occupation, dump site	land	5,8809284E-5	m2a					
Occupation, forest, intensive	land	4,4850688E-3	m2a					
Occupation, industrial area	land	4,5347755E-5	m2a					
Occupation, mineral extraction site	land	2,6407881E-5	m2a					
Occupation, shrub land, sclerophyllous	land	3,0121039E-6	m2a					
Occupation, traffic area, rail network	land	5,4097818E-6	m2a					
Occupation, traffic area, road network	land	6,5843211E-5	m2a					

Fonte: O Autor (2018).

## METODOLOGIA

Figura 21 - ICV Fase de transportes.

The screenshot shows the SimaPro software interface. The main window displays the 'Entrada/saída' (Input/Output) tab for the process 'Sugarcane (BR) market for | Alloc Def, S'. The table below shows the input and output data for this process.

Produtos								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos								
	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação	Tipo de resíduo	Categoria		
Sugarcane (BR) market for   Alloc Def, S	1	kg	Mass	100 %	Compost	Agricultural... Marke		
(Insira linha aqui)								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados								
	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário	
(Insira linha aqui)								
Entradas								
Entradas conhecidas da natureza (recursos)								
	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário
Carbon dioxide, in air	in air	4,5477968E-1	kg	Indefinido				
Energy, gross calorific value, in biomass	biotic	5,1914134E0	MJ	Indefinido				
Occupation, construction site	land	3,5338249E-4	m2a	Indefinido				
Occupation, dump site	land	6,1949992E-5	m2a	Indefinido				
Occupation, forest, intensive	land	4,5276247E-3	m2a	Indefinido				
Occupation, industrial area	land	4,9357248E-5	m2a	Indefinido				
Occupation, mineral extraction site	land	2,8008297E-5	m2a	Indefinido				

Fonte: O Autor (2018).

Figura 22 - ICV Fase produção etanol hidratado.

The screenshot shows the SimaPro software interface for the 'Entrada/saída' (Input/Output) tab of the process 'Sugarcane (BR) market for | Alloc Def, S'. The table below shows the input and output data for this process.

Produtos								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos								
	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação	Tipo de resíduo	Categoria		
Sugarcane (BR) market for   Alloc Def, S	1	kg	Mass	100 %	Compost	Agricultural... Marke		
(Insira linha aqui)								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados								
	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário	
(Insira linha aqui)								
Entradas								
Entradas conhecidas da natureza (recursos)								
	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário
Carbon dioxide, in air	in air	4,5477968E-1	kg	Indefinido				
Energy, gross calorific value, in biomass	biotic	5,1914134E0	MJ	Indefinido				
Occupation, construction site	land	3,5338249E-4	m2a	Indefinido				
Occupation, dump site	land	6,1949992E-5	m2a	Indefinido				
Occupation, forest, intensive	land	4,5276247E-3	m2a	Indefinido				
Occupation, industrial area	land	4,9357248E-5	m2a	Indefinido				
Occupation, mineral extraction site	land	2,8008297E-5	m2a	Indefinido				

Fonte: O Autor (2018).

## METODOLOGIA

Figura 23 - ICV Fase de produção do açúcar.

The screenshot shows the SimaPro software interface. The main window is titled 'Explorador LCA' and displays the 'Entrada/saída' (Input/Output) tab for a material process. The process name is 'Sugar, from sugarcane (BR)| cane sugar production with ethanol by-product | Alloc Def, U'. The table below shows the input and output data for this process.

Produtos							
Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação	Tipo de resíduo	Categoria		
1	kg	Mass	100 %	Compost	Agr.../Transformatio		
(Insira linha aqui)							
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados							
Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário	
(Insira linha aqui)							
Entradas							
Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2	Min	Máx	Comentário
in air	0,1804905082	kg	Sessão norm	1,1959			(1,1,4,1,1,na) Calculation, t
(Insira linha aqui)							
Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis)							
			Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 ell	
			0,0001356297	kg	Sessão norm	1,3508	

Fonte: O Autor (2018).

A fase final é onde ocorre a interpretação, onde os resultados obtidos nas fases de Análise de Inventário e de Avaliação de Impacto são combinados e interpretados de acordo com os objetivos definidos previamente no estudo.

## *ANÁLISE DE INVENTÁRIO*

### *ANÁLISE DE INVENTÁRIO.*

Para este estudo, na produção agrícola, foram coletados os dados primários por meio de pesquisas com a área agrícola da USINA SANTA TEREZINHA. Estes incluem a preparação do solo, o plantio de cana-de-açúcar e a colheita de cana-de-açúcar (mecanizada e manual). Após isto, foram coletados em suas fases e compilados nos formatos ICV, para o período de 2007 a 2016, os quais incluem a matéria-prima utilizada e o consumo de energia. As informações secundárias, usadas neste estudo vêm da literatura e, os cálculos retirados do ECOINVENT 3.4, observando as DATASETS existentes para o Brasil.

### 1.9 COLETA DE DADOS E LIMITAÇÕES.

A coleta de dados é uma etapa delicada da metodologia empregada, pois encontrar dados válidos de um processo real é uma tarefa demorada e dependente da confiabilidade tanto nos trabalhos publicados, quanto nos relatórios da indústria foco da pesquisa. A coleta de dados consiste na determinação de todos os dados necessários para os balanços comparativos e as análises ambientais e socioeconômica geradas pelo processo, permitindo a resolução e otimização do modelo elaborado. Desta forma são apresentados os dados referentes à indústria de produção de cana-de-açúcar para produção de etanol e açúcar com base em valores representativos do cenário brasileiro.

O levantamento de dados considerou as seguintes informações relevantes à Análise do Ciclo de Vida dos Produtos.

- Os tipos de colheita (manual e mecanizada).
- A Produção anual de cana-de-açúcar por hectare;
- Insumos aplicados anualmente às lavouras incluindo água, corretivos de solo, fertilizantes e pesticidas;
- Produção de açúcar VHP;
- Produção de etanol Hidratado;
- Meios de transporte utilizados para a cana-de-açúcar.

#### **4.1.1 Análise do Inventário - ICV**

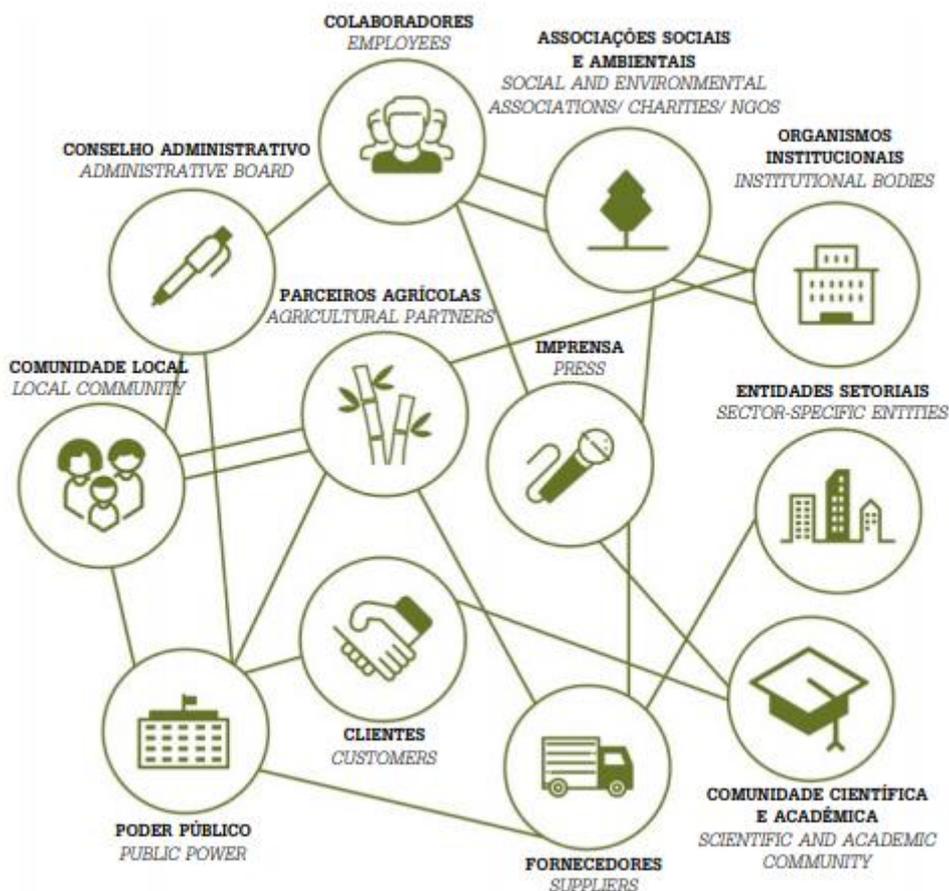
O processo de produção do açúcar VHP e do etanol hidratado, estabelecido no escopo e abordado na metodologia, se dá através de quatro etapas distintas, sendo uma delas agrícolas

## ANALISE DE INVENTÁRIO

(preparo solos, plantio, tratos, colheita), uma de transportes e duas industriais. Na etapa agrícola indo desde a preparação do solo, passando pelo plantio das mudas, tratos culturais e colheita, já na etapa de transporte indo da busca na lavoura da cana colhida até a entrega na indústria, já na fase industrial divididas em produção do açúcar e do etanol após o transporte da cana-de-açúcar até a unidade de produção.

Diante deste escopo de trabalho e da metodologia escolhida para desenvolvimento desta dissertação, passou-se a compreender a identidade organizacional, composição dos processos que completam o ciclo produtivo da usina de açúcar e etanol que vão do solo ao produto final açúcar VHP, representado aqui pela Figura 24.

Figura 24 - Identidade Organizacional Usina Santa Teresinha.



**Fonte:** Relatório De Sustentabilidade – Comunicação De Progresso 2016 – Usaçucar.

Para atendimento ao proposto buscou-se a coleta de dados junto à empresa foco do trabalho obtendo-se os seguintes dados para serem posteriormente tratados pela metodologia ACV.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

### 4.1.2 Inventário da produção do açúcar na Usina Santa Terezinha

Na safra correspondente a 2016, na unidade de produção da usina santa Terezinha processou 1.810.311 toneladas de cana-de-açúcar, sendo produzidos 194.561,85 toneladas de açúcar VHP e 31.108.000 mil m<sup>3</sup> etanol. Na etapa de fabricação do açúcar e do etanol em média a fábrica recebe para moer 430 toneladas de cana por hora, que posterior serão convertidas em açúcar VHP e Etanol Hidratado, conforme estimativas abaixo apresentadas nas tabelas 4 e 5. Na tabela 4 apresenta o levantamento dos dados de produtos necessários para se produzir 1 tonelada de açúcar VHP, com base nos limites estabelecidos pelo escopo.

Tabela 4 - Inventario de entradas necessárias e saídas para a produção de 1 tonelada açúcar VHP.

<b>INVENTARIO NECESSARIO PARA A (PRODUÇÃO DE 1 (T) DE AÇUCAR VHP)</b>			
<b>ENTRADA</b>	<b>SAIDA (subprodutos) ORIGINADO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>UNIDADE</b>
<b>Cana de açúcar</b>		8,13	<b>T</b>
<b>Agua consumida</b>		24,39	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Energia elétrica</b>		58,53	<b>KW</b>
<b>Enxofre</b>		140	<b>kg</b>
<b>Soda cáustica</b>		0,2	<b>kg</b>
<b>Cal virgem</b>		5,82	<b>Kg</b>
	<b>Torta de filtro</b>	455,54	<b>kg</b>
	<b>Bagaço</b>	1784	<b>kg</b>
	<b>Melaço</b>	336	<b>Kg</b>

Fonte: Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá-PR.

As coletas de dados seguiram os limites da fronteira do sistema estabelecido pela NBR ISO 14040:2009, portanto, as informações hora apresentadas na Tabela 4, foram estimados e oferecidos pela usina e são representativos das condições reais referentes a safra de 2016.

Tabela 5 – Inventario de entradas necessárias e saídas para a produção de 1 M<sup>3</sup> de etanol Hidratado.

<b>TABELA - INVENTARIO NECESSARIO PARA A (PRODUÇÃO DE 1 M3 DE ETANOL)</b>			
<b>ENTRADA</b>	<b>SAIDA(sub produtos) ORIGINADO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>UNIDADE</b>
<b>Cana de açúcar</b>		7,35	<b>T</b>
<b>Agua consumida</b>		22,03	<b>M<sup>3</sup></b>
<b>Energia elétrica</b>		53	<b>KW</b>
<b>Fermento</b>		138	<b>Kg</b>
<b>Ácido sulfúrico</b>		14	<b>G</b>
	<b>Vinhaça</b>	25000	<b>L</b>
	<b>Levedura seca</b>	55	<b>Kg</b>
	<b>Óleo fúsel</b>	2,5	<b>L</b>

Fonte: Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá-PR.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

A tabela 5 apresenta o levantamento dos dados de produtos necessários para se produzir 1 m<sup>3</sup> de etanol hidratado, com base nos limites estabelecidos pelo escopo. As coletas de dados seguiram os limites da fronteira do sistema estabelecido pela NBR ISO 14040:2009, portanto, as informações hora apresentadas na Tabela 5, foram estimados e oferecidos pela usina e são representativos das condições reais encontradas na safra de 2016.

Ainda neste espaço de tempo, com o intuito de estabelecer o máximo de dados para a pesquisa e baseado na NBR ISO 14040:2009, que considera que os dados para cada processo elementar dentro da fronteira do sistema estabelecido devem ser classificados em entradas de energia, entradas de matéria prima, entradas auxiliares, outras entradas físicas, produtos, coprodutos e resíduos, emissões atmosféricas, descargas para a água e solo, e outros aspectos ambientais. Ainda neste viés a coleta de dados pode ser um processo que demanda muitos recursos, para fins de alocação das informações, diante destas definições estabelecidas pela norma, foram coletadas outras informações julgadas relevantes e que irão compor os resultados, colaborando com as análises e servindo de base para avaliações dos principais impactos no contexto ambiental e social, pela metodologia ACV utilizada. Para tanto, segue tabelas de dados colhidos junto a usina foco do estudo.

### 1.10 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA.

Os dados de inventario (primário e secundário) de cada etapa foram introduzidos no software SimaPro v. 8.4, para avaliar os impactos ambientais usando o método ReCiPe H para ALOP - Terras agrícolas ocupadas, GWP - Alterações Climáticas, FDP - depleção de fósseis, FETP - Eco toxicidade de água doce, FEP - Eutrofização de água doce, HTP - Toxicidade humana, IRP - Radiação ionizante, METP - Eco toxicidade marinha, MEP – Eutrofização marinha, MDP - depleção de metal, NLTP - Transformação de terras naturais, ODP - depleção da camada de ozônio, PMFP - Formação de material particulado, POFP - Formação de oxidantes fotoquímicos, TAP - Acidificação terrestre, TETP - Eco toxicidade terrestre, ULOP - Ocupação de terra urbana e WDP – depleção de água. As seguintes considerações foram consideradas:

- As análises foram realizadas com base nas informações prestadas pela empresa e comparadas aos dados dos *dataset's* disponível no banco de dados *Ecoinvent*;
- As etapas agrícolas de produção de cana-de-açúcar e produção do etanol hidratado e açúcar VHP.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Para este estudo, foram analisados todos os valores de cada impacto distribuídos nos 10 anos de pesquisa.

### 1.11 USO DE RECURSOS COMPUTACIONAIS – BANCO DE DADOS E SOFTWARE

O uso de programas computacionais para pesquisas desse porte é importante e relevante, pois se apresenta como uma ferramenta de pesquisa acessível e prática além de confiável aos pesquisadores. Em diversos trabalhos neste seguimento, verificaram-se os usos constantes do software SIMAPRO, que hoje está na versão 8.4 *faculty* e do banco de dados Ecoinvent 3.4, que oferece transparência e consistência nos dados do processo auxiliando na tomada de decisão consciente.

Esta opção se justifica em face das suas funcionalidades, que outros softwares, na mesma linha de atividade, não possuem no todo ou com limitações. Há no mercado softwares de demonstração ou mesmo os softwares livres, mas, que não dispõem de qualidade técnica apresentada pelo SIMAPRO quanto o Banco de dados Ecoinvent, proporcionam parcerias com as universidades com licenças temporárias para pesquisa e desenvolvimento.

#### 4.3.1 Determinação de unidades funcionais e limitação da pesquisa

Na definição do objetivo e escopo deste estudo pretende-se demonstrar que a ACV é uma ferramenta técnica e viável, sendo esta capaz de oferecer aos tomadores de decisão nas indústrias sucroalcooleira, informações relevantes que irão nortear uma atuação ambiental responsável e adequada para o bem das populações circunvizinhas das unidades sucroalcooleiras espalhadas nas diversas regiões do país.

As unidades funcionais atribuídas aos produtos foram definidas com base no Ecoinvent 3.4 dataset documentation, conforme as dataset's referenciadas na Tabela 6, em sendo um quilograma para produção de açúcar e 1 litro para produção do etanol, no levantamento dos dados e para os dimensionamentos iniciais serão utilizadas expressões com base em hectares (ha), tonelada de cana (TC), tonelada por hectare (T/ha), gramas (g), litros (l), quilograma (kg), Quilowatt-hora (kWh) e Quilowatt (kW) produzido, para permitir a avaliação dos impactos considerando um todo com relação a cultura da cana-de-açúcar e sua industrialização para a produção do etanol hidratada e o açúcar VHP.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Tabela 6 - Dataset base de dados Ecoinvent 3.4 utilizados no software SimaPro.

CPC Classificação	Produto de referencia	Prod. Vol. Annual	Montante
39141: Bagaço	Produto de referência (produto de referência) tratamento do bagaço de cana-de-açúcar na unidade de cogeração de calor e energia, 6400kW de bagaço térmico, de cana-de-açúcar	7.91e+9 kg	-1 kg
39149: Polpas de beterraba e outros resíduos do fabrico do açúcar	mercado da vinhaça, da fermentação da cana-de-açúcar, da vinhaça da fermentação da cana-de-açúcar	2.64e+11 kg	-1 kg
17100: Energia elétrica	produção de cana-de-açúcar com subproduto etanol - eletricidade, alta voltagem	8.46e+9 kWh	1 kWh
23511: Cana de Açúcar	produção de cana-de-açúcar com subproduto do etanol - açúcar, da cana-de-açúcar	2.92e+10 kg	1 kg
01802: Cana de Açúcar	mercado de cana - cana	4.77e+11 kg	1 kg
01802: Açúcar da Cana	produção de cana-de-açúcar - cana-de-açúcar	4.77e+11 kg	1 kg
17100: Energia elétrica	produção de etanol de cana-de-açúcar - eletricidade, alta voltagem	1.36e+9 kWh	1 kWh

Fonte: O Autor (2018).

Considera-se neste estudo, essencialmente, os processos internos à usina Santa Terezinha unidade de Iguatemi – Maringá - PR, os processos elementares para as fases de produção das unidades funcionais definidas. Não foram contemplados neste trabalho etapas após a produção do açúcar e etanol, a utilização dos produtos, o pós-uso, descarte dos materiais e emissões diversas que podem ter origens destes produtos.

Como a matéria prima básica para produção destes produtos é a mesma, foi considerada como parte do sistema a fase de plantio da cana-de-açúcar, transporte até a usina, moagem, produção de açúcar e estocagem, a produção de etanol e a estocagem própria, cabendo salientar que na produção do açúcar e do etanol são utilizados alguns produtos químicos, sendo este considerados proporcionalmente aos tempo de anos em que foram utilizados sendo que alguns deixaram de fazer parte do processo, tais como o enxofre. Esta restrição foi feita, sobretudo, pelo fato de ser informado pela indústria as mudanças no processo durante o correr dos anos, sendo que estes produtos utilizados em sua maioria ácido sulfúrico, bactericidas, cal virgem, sulfito, antiespumante, enxofre, polímeros e coagulantes. Na Tabela 7, são listadas as substâncias analisadas, com suas respectivas unidades funcionais utilizadas neste estudo.

Tabela 7 - Variáveis analisadas e suas unidades de medida.

VARIÁVEIS	Unidade de medida
Cana de açúcar	kg

Continua

## ANALISE DE INVENTÁRIO

energia elétrica	kú
enxofre	kg
soda caustica	kg
cal virgem	kg
fermento	kg
ácido sulfúrico	g
vinhaça	l
levedura seca	kg
óleo fúsel	l
torta de filtro	kg
bagaço	kg
melaço	kg
fertilizante	T/ha
corretivos de solo	T/ha
óleo diesel	l

Fonte: O Autor (2018).

Para o Inventário do Ciclo de Vida dos Produtos açúcar e etanol, foram efetuados a coleta e consumo dos recursos naturais, demanda energética e as emissões associadas à cadeia produtiva, correspondente à etapa do inventário da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida dos Produtos. Dados estes que são importantes para a avaliação dos impactos ambientais, haja, vista que não se restringem a análises dos processos produtivos da cadeia, mas sim de todos os processos necessários a fim de suportar a produção e transporte das matérias-primas utilizadas na produção.

Assim, temos que o processo de coleta de dados requer antes a definição do escopo do estudo ACV, que tem a finalidade de estabelecer o conjunto inicial dos processos elementares e as categorias de dados que deverão ser associados, diante disto, a ISO 14041 (ABNT, 2004) recomenda que nesta fase sejam abordados os fluxogramas dos processos da unidade de produção objeto do estudo, conforme demonstrado nas Figuras 25, 26, 27, 28 e 29, com a descrição de cada processo elementar a ser estudado e a definição da unidade funcional de referência.

### 4.3.2 Avaliação do fluxo dos processos produtivos etapa a etapa

Para que seja possível a implantação de um canavial, é necessário fazer o planejamento da área em função da quantidade de cana-de-açúcar a ser produzida para a demanda de cana a ser processada, para seu crescimento, a cana necessita de alta disponibilidade de água, temperaturas elevadas e alto índice de radiação solar. A cultura pode ser plantada em três épocas diferentes: sistema de ano-e-meio, sistema de ano e plantio de inverno. Após todo o processo

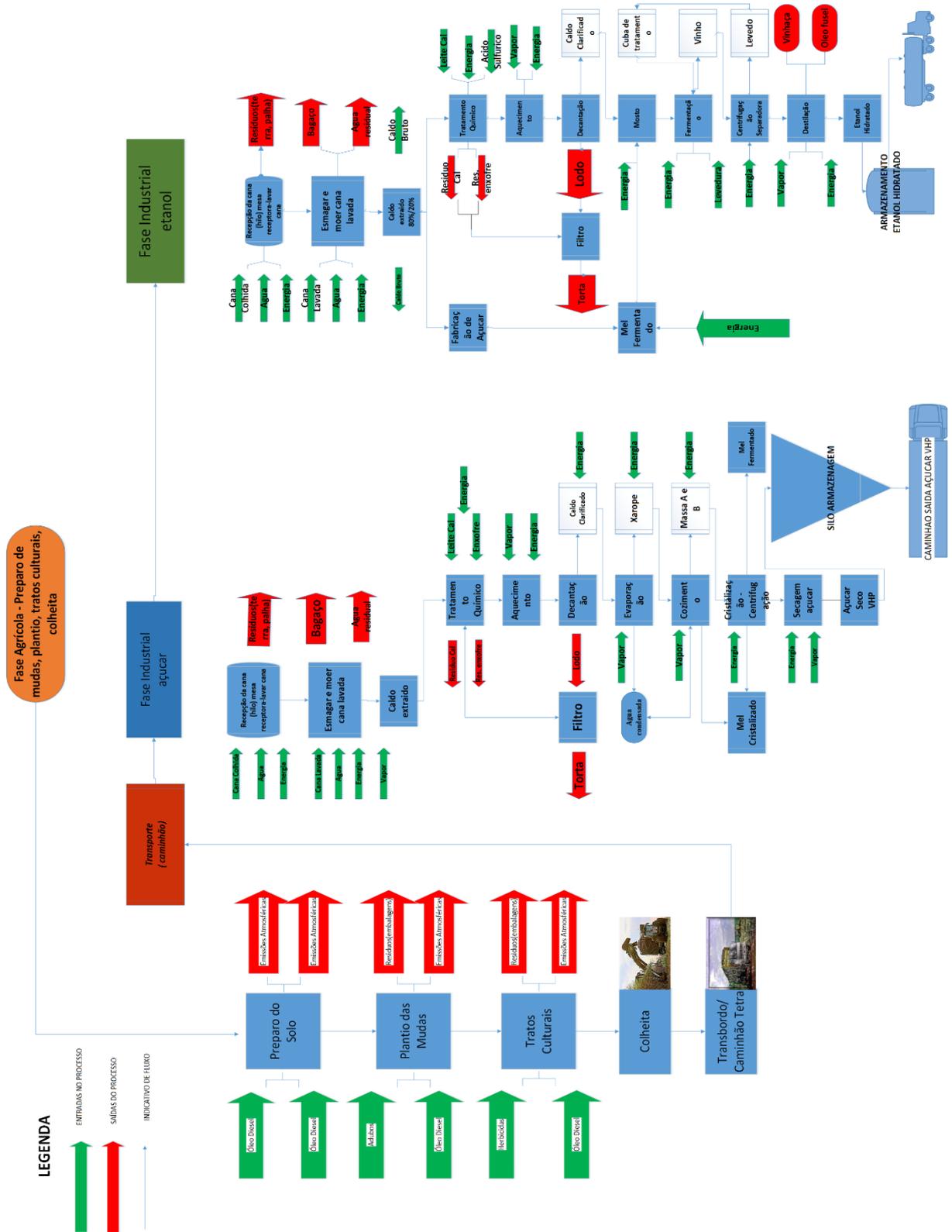
### *ANALISE DE INVENTÁRIO*

de plantio e cultivo da cana e atendendo todo o processo, a cana fica pronta para a colheita, sendo colhida de forma manual e mecânica através de colhedoras.

A tecnologia utilizada para a produção de etanol e açúcar é muito semelhante, do ponto de vista de processos, em toda a usina, há apenas variações nos tipos e qualidades dos equipamentos e a destinação para a produção do açúcar e etanol. Alguns dados importantes e relevantes para o processo: matéria prima: cana de açúcar; setores de processamento: moenda; fábrica, destilaria e caldeira na geração do vapor, e; produto intermediário: caldo extraído da cana de açúcar e o mel, produto final: etanol e açúcar, subprodutos: bagaço de cana de açúcar, torta de filtro rotativo, vinhaça e flegmaça, óleo fúsel.

ANALISE DE INVENTÁRIO

Figura 25 - Fluxograma total do processo e limitação da pesquisa – usina produção açúcar vhp e etanol hidratado.



Fonte: O autor (2018).

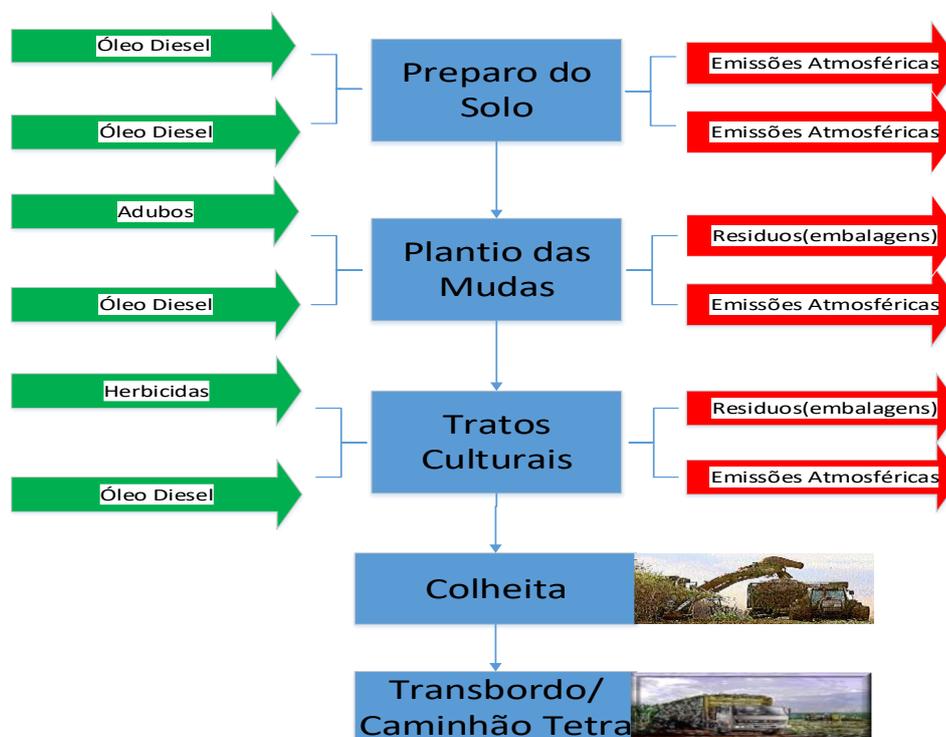
## ANALISE DE INVENTÁRIO

### 4.3.2.1 Processo de produção agrícola

O percurso realizado por essa matéria prima (cana-de-açúcar) até o complexo industrial é longo, vejamos o demonstrado na Figura 25. Antes de ser colhida para industrialização, são coletadas amostras de cada talhão para ser analisado, como o objetivo de verificar se a cana está no ponto de maturação ideal para ser colhida.

A cana vai para o laboratório industrial no lugar em que será triturada e feita a análise. Se o teor de sacarose for acima de 14,6%, a mesma estará pronta para o corte. Depois de realizado este processo de análise a cana de açúcar estará liberada para a queima.

Figura 26 - Fluxograma de produção de cana-de-açúcar ( entradas e saídas).



Fonte: O Autor (2018).

Assim temos que a partir da formação e maturação do canavial alguns processos são necessários para que a cana-de-açúcar possa chegar a indústria para transformação, vejamos:

#### a) Processo de queima da cana de açúcar

Sendo ainda permitido pela lei, a queima da palha da cana acontece para facilitar o corte quando na operação manual, em lote onde não é possível a entrada por máquinas colhedoras, sendo assim para realizar esta tarefa, há uma sequência de trabalho a ser realizadas em campo: ver a direção do vento para não atingir áreas próximas, por último, realizar a queimada durante o dia para que não haja matança de animais. Dois meses antes de ser realizado este

### *ANALISE DE INVENTÁRIO*

procedimento é aplicado um produto chamado maturador na cana. Esta aplicação é aérea, o que ajuda no adiantamento de sua maturação e torna a queima rápida e deixando a cana mais limpa e fácil para os trabalhadores fazerem o corte.

#### b) Corte da cana-de-açúcar

É feito de duas formas, a primeira mais rustica, executada manualmente no período diurno por trabalhadores braçais que utilizam-se de um instrumento cortante chamado “facão” extremamente afiado para fazer esta tarefa, a segunda forma é mais moderna e tecnológica através das colhedoras de cana, porém mais agressiva ao meio ambiente, em função da agressão ao solos, a própria estrutura da planta “Soca” e também na questão do consumo de combustíveis fosseis “ óleo diesel” para que a máquina possa produzir seu trabalho.

#### c) Carregamento de cana-de-açúcar

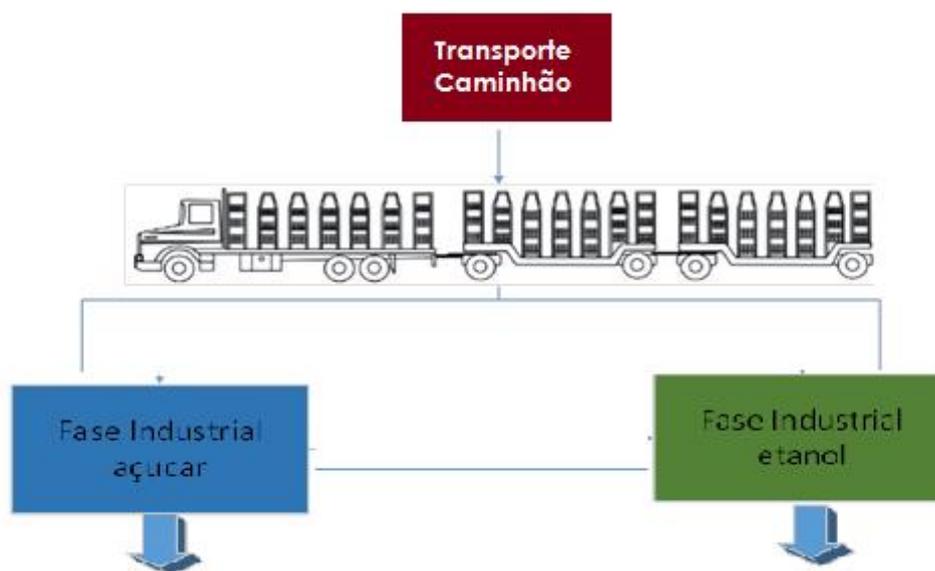
No transporte desta matéria prima para o complexo industrial são utilizados vários maquinários como: caminhões, carregadeiras e tratores, para transportar está matéria-prima até o complexo industrial.

#### **4.3.2.2 Processo de Transporte da cana-de-açúcar**

O Transporte da cana-de-açúcar inicia-se com a saída dos veículos da unidade industrial até a chegada às áreas de colheita, fixando base nos pátios de carregamento, conforme fluxo determinado para evitar o chamado “pisoteamento do solo” e até mesmo para proteção e evitar acidentes pela falta de visibilidade, nos pátios de carregamento a cana chega através de transbordos que fazer a transposição da carga para os caixotes dos caminhões, estes após seu carregamento saem em fluxo definido das áreas agrícolas com destino a unidade de produção para sem pesados e fazer descarga na mesa receptora, iniciando-se a faze de transporte da matéria prima colhida, conforme Figura 26, um detalhe importante é que muitas vezes é realizando este ciclo repetidamente pelos mesmos veículos devido ao total de frentes de trabalho que a usina tem ou até mesmo pelo fluxo produtivo, trabalhando dia e noite. Os veículos de transporte são compostos na usina foco do estudo por caminhões denominados Tetraminhões, conjunto caminhão plataforma com mais três reboques “ caixotes”, acoplados, sendo a sua capacidade de carga da seguinte forma: Truck, com capacidade de 15 toneladas, e cada reboque com capacidade de 10 toneladas, assim, totalizando uma capacidade total de transporte 45 toneladas de cana-de-açúcar, com um consumo médio de 0,9 litros de diesel por Km/rodado.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Figura 27 - Fluxograma de transporte da cana-de-açúcar a unidade industrial.



Fonte: O Autor (2018).

Na usina foco do estudo, a distância mínima das áreas de colheita da cana de açúcar gera entorno de 5 km, sendo que a distância máxima percorrida é de 65 km, portanto para o consumo de combustíveis para o transporte da cana-de-açúcar até a usina foram considerados a distância média dos canaviais em 30 km, valor este utilizado pela própria usina para seus cálculos de consumo da seguinte forma: “01 caminhão” motor diesel “tetra” com capacidade para transportar 45 ton., o consumo médio de diesel é 0,9 por km rodado 0,02 por TC transportada. Assim, podemos considerar pelos números fornecidos pela usina, que o transporte de 7,35 kg cana e 8,13 kg de cana até a usina que é necessária respectivamente para produção da unidade funcional (1litro de etanol e 1kg de açúcar), são necessários 0,0027 e 0,0024 litro de diesel respectivamente.

### 4.3.2.3 Processo de produção industrial (Açúcar e Etanol)

Após a fase de transporte com a chegada da cana-de-açúcar a usina, antes de se tornar matéria primas para os dois processos ou etapas a serem estudadas (produção de açúcar VHP e etanol hidratado) a cana segue o seguinte processo até a indústria:

- a) Balança de cana: Tem como objetivo quantificar a matéria-prima, que provem das áreas de plantio.
- b) Tomador de amostragem: Retira amostra de cana para serem analisadas no laboratório com o intuito de obter resultados para qualificar a matéria-prima.

*ANALISE DE INVENTÁRIO*

- c) Hilo: Guincho composto de uma estrutura tubular com a altura variando entre 13 a 15m, podendo ser fixo ou móvel. Efetua o descarregamento da carga de cana geralmente em uma rampa de descarregamento.
- d) Mesa Alimentadora (45°): Recebe cargas de cana do hilo ou barracão, tem como função alimentar as esteiras metálicas, devido a sua inclinação fornece uma camada de cana uniforme de pouca espessura, melhorando a eficiência da lavagem, facilitando a dosagem de cana na esteira e produzindo a economia de água para lavagem de cana.
- e) Picadores: Recebem a cana da mesa alimentadora para picar a cana, visam facilitar a alimentação do desfibrador, sendo que este possui o sentido de rotação correspondente ao da esteira metálica facilitando o trabalho.
- f) Desfibrador: Completa o preparo de cana rompendo a maior quantidade possível de células – desfibrando a cana, realizando o desfibramento da cana picada esfregando contra uma placa desfibradora, a placa desfibradora é fixada logo acima do rotor e tem formato curvo e acompanha o diâmetro do giro dos martelos.
- g) Tambor alimentador: Força a passagem de cana entre os martelos e a placa desfibradora, ficando posicionado antes do rotor em nível pouco acima.
- h) Espalhador: Descompactar a cana desfibrada, pois a mesma sai do desfibrador em forma de pacotes, assim se faz necessário está descompactação para obter uma camada fina e uniforme na cana desfibrada, para que seja otimiza a alimentação tornando-a homogenia.
- i) Moagem: A moenda é conjugada em quatro rolos de 30 a 54, sendo que o primeiro terno tem 2 a 62 a 45 chegando ao final com 1.1/2 a 32 a 42 para melhor realizar a moagem da cana picada. O caldo extraído dos ternos, embaixo da moenda por meio de bicas, que é levado até a caixa de caldo sendo bombeado novamente para o processo de moagem. Ao cair na caixa de caldo novamente é passado pela peneira rotativa e pelo filtro. O bagaço da cana-de-açúcar deve sair no ultimo terno com 49% a 53% de umidade. Caso saia com uma umidade elevada, pode-se ter problema na caldeira.
- j) Peneira rotativa: São cilindros rotativos inclinados revestidos com tela e sua principal função é de filtrar o caldo.
- k) Caldeira: E constituído de vasos fechados submetidos à pressão e contendo água que se transforma em vapor, sua finalidade é gerar vapor para acionamento de:
  - ✓ Turbinas das moendas;

## *ANALISE DE INVENTÁRIO*

- ✓ Turbo gerador de energia elétrica;
- ✓ Turbo bombas para recalque de água;
- ✓ Ventiladores / exaustores;
- ✓ Aquecimento da matéria prima para a fabricação de açúcar e etanol.

### **4.3.2.4 Processo de fabricação do açúcar VHP**

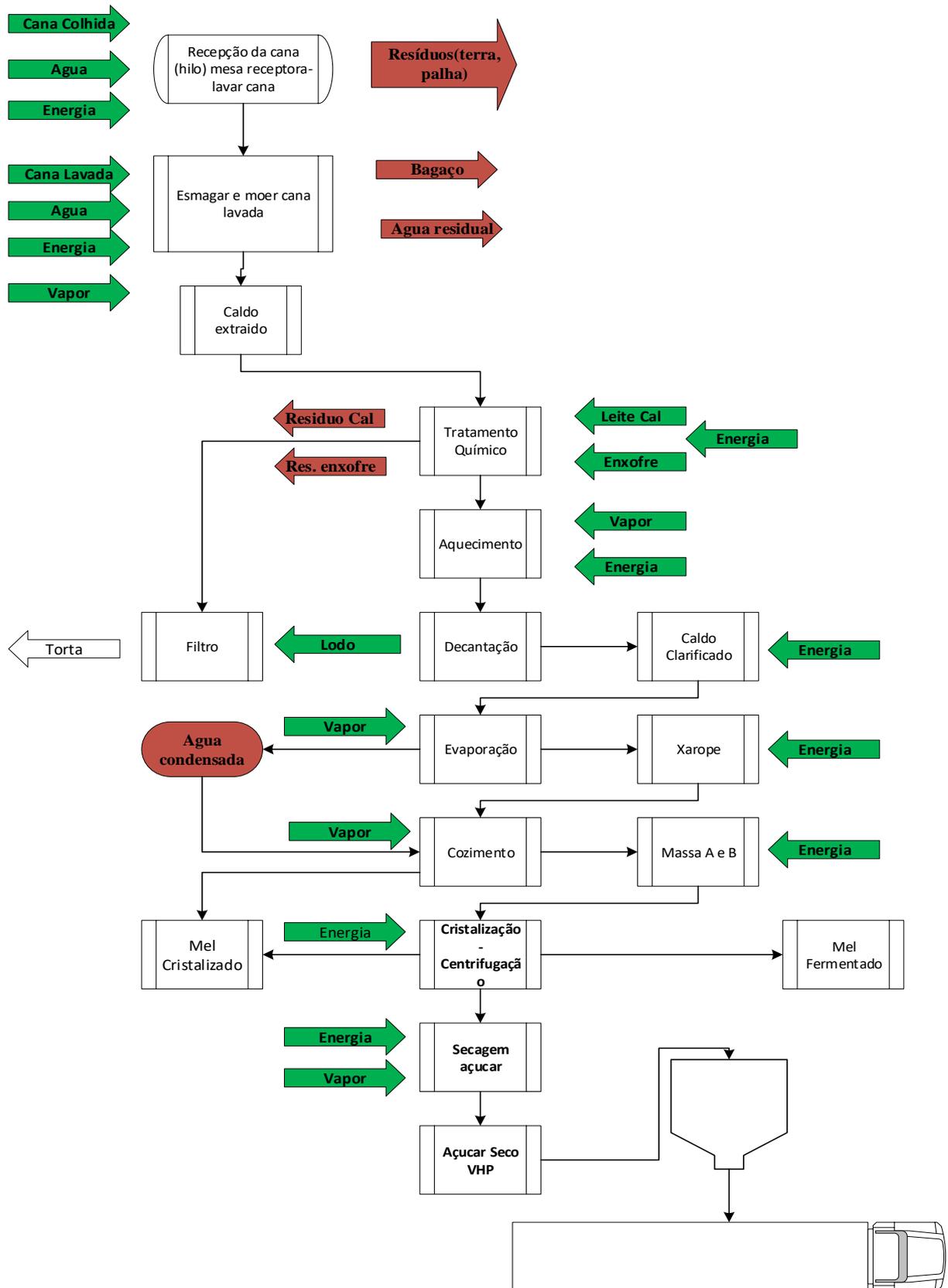
Após o processo de iniciais acima descritos a contar do recebimento da cana-de-açúcar da fase agrícola e de transporte, o fluxo segue a seguinte rotina, conforme descrito abaixo e demonstrado no final na Figura 27, vejamos:

O caldo extraído na moenda é bombeado até a fábrica de açúcar passando pelas seguintes etapas de produção:

- a) Tratamento do caldo: Processo que promove a retirada das impurezas solúveis e insolúveis que podem estar no caldo, tais como (areia, bagacilho, argila.). É feito por processos de aquecimento, tratamento químico, decantação e peneiramento.
- b) Evaporação: Após o tratamento, se obtém um caldo de cana levemente amarelada que contem basicamente água, sais minerais e açúcares, neste ponto a finalidade da evaporação é a retirada de pelo menos 75% da água presente nesse caldo clarificado para transformá-lo em um xarope concentrado, com aproximadamente 65° BRIX (% de sólidos solúveis).
- c) Cozimento: Esta etapa visa a cristalização e recuperação de 80% a 85% da sacarose presente no xarope, sendo que o sistema utilizado ira transformar o xarope em massa e está posteriormente será centrifugada.
- d) Centrifugação: Após o processo de cozimento, a massa passa por um processo de separação física que se chama centrifugação no qual o açúcar é centrifugado e lavado com água quente e vapor, deste processo se obtém como subproduto o mel que poderá ser utilizado no processo de fabricação de etanol.
- e) Secagem e armazenamento: Após a centrifugação, o açúcar é encaminhado aos secadores para a secagem e, posteriormente peneirado, sendo que, na sequência, é envasado em big-bags de 1000 a 1200Kg ou a granel conforme a planta de estocagem para posterior comercialização.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Figura 28 - Fluxograma de produção de açúcar VHP ( entradas e saídas).



Fonte: Autor (2018).

## ANALISE DE INVENTÁRIO

### 4.3.2.5 Processo de fabricação do etanol

Tal qual o processo da fabricação do açúcar a fabricação do etanol após o processamento inicial da cana, sendo uma parte do caldo transferida para a produção do etanol, conforme mix de produção e posterior se juntando ao subproduto da produção do açúcar o chamado “mel”, para posterior fermentação e extração do etanol hidratado conforme descrito no processo a seguir e demonstrado ao final na Figura 28, vejamos:

#### a) Fabricação de etanol

Na fabricação do etanol tem vários estágios como: tratamento do caldo; pré-*evaporação*; preparo do mosto; fermentação; centrifugação do vinho; tratamento do fermento; destilação; e desidratação, armazenamento; e carregamento. O etanol é obtido após a fermentação do caldo ou de uma mistura de melação e caldo, portanto por meio de um processo bioquímico. Antes de ser enviado ao processo fermentativo, este caldo deve receber um tratamento de purificação.

#### b) Tratamento do caldo

O melação que vai para a produção de etanol, Passa por um aquecimento o caldo deverá sofrer pasteurização: aquecimento e resfriamento imediato. Um tratamento mais completo implica adição de cal, aquecimento e decantação. Após a decantação, vai para a *evaporação*, sendo assim o lodo que é o resíduo vai para um novo tratamento. Esse tratamento, é determinado como torta. Produto que é enviado para a lavoura, utilizado como adubo.

#### c) Pré-*evaporação*

O processo de *evaporação* o caldo é aquecido, e a água é evaporada.com o aquecimento a um favorecimento para a fermentação por fazer uma esterilização das bactérias e leveduras.

#### d) Preparo do mosto

Mosto é toda mistura açucarada destinada à fermentação. Uma mistura açucarada cuja concentração foi ajustada de forma a facilitar a sua fermentação. Essa mistura de méis e caldo tem uma concentração de sólidos de aproximadamente 19° BRIX. Caso haja necessidade use-se água para o ajuste do BRIX. O caldo quente que vem do pré-*evaporador* é resfriado, e enviado as dornas de fermentação. Assim define as condições do trabalho para a condução de fermentação.

#### e) Fermentação

No processo de fermentação a principal característica é a recuperação de leveduras por meio da centrifugação do vinho, tem que ser contínua e agitada. Este processo fermentativo recebe o um tratamento severo, que consiste em diluição com água e adição de ácido sulfúrico.

## *ANALISE DE INVENTÁRIO*

(No caso de haver infecção bacteriana). Esta suspensão de fermento diluído e acidificado, fica num período de agitação de 1 a 3 horas antes de retornar a dorna de fermentação.

O tempo de fermentação varia de 4 a 12 horas. Ao final deste período praticamente todo o açúcar já foi consumido, com a seqüência redução da liberação de gases. Ao terminar a fermentação, o teor médio de etanol nestas dornas é de 7 a 10 % e a mistura recebe o nome de vinho fermentado. Ainda consiste em quatro estágios no primeiro estágio composto por três dornas, no segundo estágio duas dornas, no terceiro uma dorna e no quarto estágio uma dorna. Nesse estágio já ocorre a transformação dos açúcares em etanol. É necessário que as dornas sejam fechadas para que haja uma recuperação do etanol arrastado pelo gás carbônico. E essa mistura recebe o nome de vinho fermentado.

### f) Centrifugação do vinho

Depois do processo de fermentação a levedura é recuperada do processo de centrifugação, separando o fermento do vinho. O vinho de levedura ira para as colunas de destilação no qual o etanol é separado, concentrado e purificado. Assim o fermento é levado para cubas de tratamento.

### g) Tratamento do fermento

Após passar pelo processo de fermentação, é feito um processo de tratamento contínuo com alguns componentes. O fermento tratado volta ao primeiro estágio para começar um novo ciclo fermentativo, que eventualmente é usado bactericida para controle da contaminação.

### h) Destilação

O vinho que vem da fermentação possui uma composição de 7 a 10°GL (% em volume) de etanol, além de outros componentes de natureza líquida, sólida e gasosa. Dentro dos líquidos, além do etanol encontra-se a água com teores de 89 a 93%, glicerina, álcoois homólogos acéticos, ácidos succínico e acético etc. É enviado para a destilação o vinho já com teor de etanol. O etanol está presente no vinho e outros componentes que são separados por destilação. Assim produzindo etanol neutro. É na destilação que se resulta no vinho que é um subproduto importante chamado vinhaça. A vinhaça é rica em água, matéria orgânica, nitrogênio, potássio e fósforo, é utilizada na lavoura para irrigação da cana, na chamada fertirrigação.

### i) Desidratação

O etanol hidratado, produto final dos processos de destilação e retificação, é uma mistura binária etanol água que atinge um teor da ordem de 96 ° GL. Para que haja a desidratação o etanol passa por um processo de aquecimento. Ao final do processo o etanol já pode ser comercializado.

### j) Armazenamento

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Os álcoois produzidos, hidratado e anidro, são quantificados por medidores de vazão ou tanques calibrados e são enviados para armazenagem em tanques de grande volume, aguardando a sua comercialização e posterior remoção por caminhões.

### k) Carregamento

O carregamento de etanol é realizado conforme pré-venda, feito conforme programação preestabelecido, retirada em caminhões terceiros, porem apropriados para o carregamento de líquidos combustíveis e atendendo as normativas da NR 20, bem como os padrões pré-estabelecidos pela empresa por meio da IN0051 – CARREGAMENTO DE ETANOL, após rígida vistoria realizada por profissionais habilitados da própria empresa, o caminhão é liberado, descendo ao pátio de carregamento, onde posiciona-se e recebe o líquido combustível, após é lacrado e liberado para transito até o porto e ou área de estoque fora da planta fabril.

A tabela 8 apresenta o levantamento dos dados socioeconômicos com relação direta aos trabalhadores e os programas de cunho ambiental que a usina utiliza para as suas ações mitigadoras no sentido de redução dos impactos ambientais causados a comunidade e também na retenção da mão de obra para a sustentabilidade do seu negócio, dados estes que irão compor a base da ASCV. Sendo números reais ao longo de 10 anos sendo representativos das condições reais encontradas na usina.

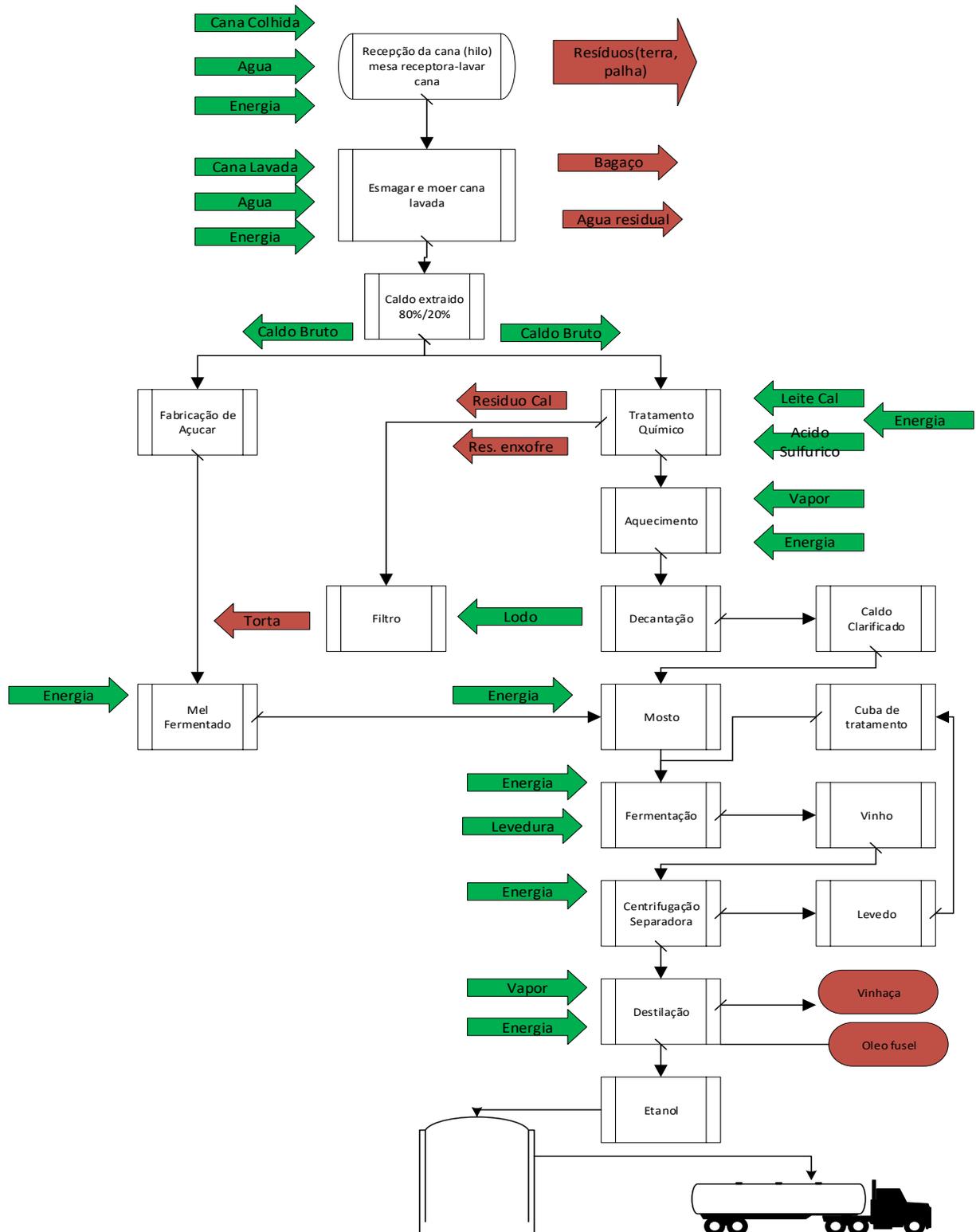
Tabela 8 – Inventario quadro evolutivo de informações sociais da USAÇUCAR (2007 a 2016).

<b>Geral</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Total</b>
Moradias - oferecidas a funcionários	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249
Moradias - ocupadas por funcionários	17	11	17	25	24	21	25	42	50	82	31,4
Transporte de funcionários (volume transportado - quantidade de usuários - médio)	2.221	1.853	1.614	1.540	1.609	1.622	1.671	1.460	1.210	1.250	1.604,97
Programas de cunho ambiental (volume de pessoas participantes)					401	414	661	656	634	675	573,5
Programas incentivo ao esporte (volume atendido - pessoas)					236	250	268	256	264	258	255,33

**Fonte:** Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá - PR.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Figura 29 - Fluxograma de produção de etanol Hidratado ( entradas e saídas).



Fonte: O Autor (2018).

Os dados apresentados na Tabela 8, demonstram que a empresa proporciona moradias a seus funcionários, porém é possível notar que poucas estão ocupadas, sendo um sentido a se investigar diante a proporção e possível qualidade de vida de morar nas proximidades do

## ANALISE DE INVENTÁRIO

trabalho, porem nota-se também que a empresa proporciona transporte dos funcionários até a empresa e este é utilizado por cerca de 85% dos funcionários, também percebe-se que a empresa adota a contar do ano de 2011 programas de incentivo ao esporte a funcionários e dependentes estendendo a comunidade, e também programas de cunho ambiental pelo plantio de mudas de arvores nativas e palestras as crianças das escolas da região onde está instalada a usina.

As coletas de dados ainda seguindo os limites da fronteira do sistema estabelecido pela NBR ISO 14040:2009, no sentido de contemplar entradas auxiliares ou outras entradas físicas ainda levantou dados sociais para compor a ASCV, quanto ao número de trabalhadores, conforme veremos expressos na Tabela 9, sendo números reais ao longo de 10 anos sendo representativos das condições reais encontradas na usina.

Tabela 9 - Inventario quadro evolutivos de trabalhadores da Usina 2007 a 2016.

<b>GERAL</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Média</b>
Administrativo	94	69	64	98	102	103	97	109	82	79	90
Rural	1611	1063	882	515	538	543	472	367	280	233	650
Agrícola	628	759	687	950	993	1000	1129	995	821	922	888
Industria	280	289	266	249	260	262	268	247	240	236	260
Total	2613	2180	1899	1812	1893	1908	1966	1718	1423	1470	1888,2

**Fonte:** Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá - PR.

Os dados apresentados na Tabela 9, demonstram que a empresa passou por reestruturação quanto ao número de trabalhadores tendo uma redução no seu quadro de 56,26%, números estes proporcionados pela mecanização agrícola e implantação da colheita mecanizada que representou em proporção o maior resultado de redução 85.5%, sendo que em 2016 a empresa passou a 95% da colheita mecanizada e 100% do plantio mecanizado.

A tabela 10 apresenta o levantamento dos dados de produção da fase agrícola, sendo estes muito relevantes e estando em consonância com o a forma de coleta de dados estabelecida pela NBR ISO 14040:2009, para análise crítica do processo, para que seja possível satisfazer os requisitos da metodologia e posterior interpretação dos dados, estes que irão compor a base da ACV principal para verificação das categorias de impactos. Sendo números reais ao longo de 10 anos sendo representativos das condições reais encontradas na usina.

Tabela 10 - Inventario da fase de produção agrícola da Usina 2007 a 2016.

<b>AGRICOLA</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Áreas De Cultivo Próprio (ha)	5.745,86	4.840,84	4.773,03	4.507,16	4.072,07
Áreas De Cultivo Arrendado (ha)	28.116	28.528	24.550	22.228	22.331
Colheita Manual (VOLUME - %)	100,00%	70,92%	68,89%	60,23%	39,09%
Colheita Mecanizada (VOL - %)	0,00%	29,08%	31,11%	39,77%	60,91%

Continua

### ANALISE DE INVENTÁRIO

Consumo Médio - Fertilizantes (T/ha)	502,09	427,08	287,7	314,7	309,4
Consumo Médio - Corretivos De Solo (T/ha)	1,71	1,31	1,34	1,74	1,7

<b>AGRICOLA</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>TOTAL</b>
Áreas De Cultivo Próprio (ha)	4.775,04	5.122,55	5.285,21	4.919,31	5.802,65	4.984,30
Áreas De Cultivo Arrendado (ha)	21.237	21.252	22.735	21.763	22.891	23.563
Colheita Manual (VOLUME - %)	34,81%	19,39%	12,69%	6,96%	5,35%	-
Colheita Mecanizada (VOL - %)	65,19%	80,61%	87,31%	93,04%	94,65%	-
Consumo Médio - Fertilizantes (T/ha)	284,95	261,65	265	358,92	357,46	337
Consumo Médio - Corretivos De Solo (T/ha)	1,77	1,5	1,42	1,18	1,32	1,5

**Fonte:** Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá-PR.

É possível verificar na Tabela 10, que as áreas de cultivo sofreram pequeno impacto quanto ao volume, mantendo-se instável no decorrer do período estudado, isto se dá em função do volume de produção necessário para a usina quanto a cana-de-açúcar. O que se percebe é que houve redução de terras arrendadas na casa de 18,5%. Quanto os volumes de colheita manual e colheita mecanizadas é possível verificar a queda drástica no decorrer dos 10 anos sendo que restam menos de 6% de áreas para colheita manual o que colabora para análise da Tabela 9, quanto a redução da mão de obra de corte de cana manual, processo que também se dá em função da legislação e dos pactos para reduzir a zero a queima da palha. Um dado relevante foi quanto ao consumo médio de fertilizante que teve uma redução de 28,9%, reduzindo os impactos ambientais no solo e águas, quanto aos corretivos os valores mantiveram-se estabilizados.

A tabela 11 apresenta o levantamento dos dados da fase de transporte, sendo estes relevantes principalmente nas questões relacionadas ao uso de combustíveis fósseis e os impactos relativos a estes consumos, estes dados irão compor a base da ACV principal para verificação das categorias de impactos. Sendo números reais ao longo de 10 anos e representativos das condições reais encontradas na usina.

É possível verificar na Tabela 11, que houve um incremento de 23,7 % nos implementos para planto e colheita, um incremento de 28,7 nos implementos de transporte caminhões e carretas de transporte, colaborando com o as análise e dados da Tabela 10, estes implementos irão servir de base para as possíveis análises dos impactos com referência ao uso de óleo diesel, como veremos na tabela a seguir.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Tabela 11- Inventario do quadro de implementos de transporte de cana-de-açúcar.

<b>Implementos agrícolas de transporte</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Média</b>
Implementos agrícolas (tratores, plantadoras, colhedoras)	177	196	196	211	272	227	220	238	232	232	220
Implementos transporte (caminhões, carretas.)	198	207	209	212	239	283	274	278	270	278	245
Implementos transporte leves (veículos pequenos)	30	30	30	34	34	39	42	39	41	41	36

**Fonte:** Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá-PR.

A tabela 12 apresenta o levantamento dos dados da fase de transporte, quando ao volume de combustíveis fosseis utilizados em comparação ao volume de biocombustíveis em carros de utilitários e os impactos relativos a estes consumos, estes dados irão compor a base da ACV principal para verificação das categorias de impactos. Sendo números reais ao longo de 10 anos e representativos das condições reais encontradas na usina.

Tabela 12 - Inventario do quadro de consumo de combustíveis pelos implementos agrícolas (fosseis e biocombustíveis).

	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Média</b>
Consumo Médio de Etanol	541.904	526.271	477.266	448.152	384.859	331.857	334.249	436.279
Consumo Médio de Diesel	6.026.038	6.537.207	6.977.357	8.164.300	8.216.544	6.508.122	7.122.446	6.704.843

**Fonte:** Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá-Pr.

É possível verificar na Tabela 12, que houve um incremento no uso de combustíveis fosseis na casa de 21,7 % em face do aumento da quantidade de maquinas para o plantio mecanizado e a colheita mecanizada além dos veículos para transporte da cana-de-açúcar, colaborando também para as analise e dados da Tabela 10 e 11.

Por fim a Tabela 13 apresenta o levantamento dos com relação as fases de produção do açúcar VHP e etanol Hidratado, sendo estes grandes representantes da cadeia produtiva industrial e que irão compor os dados necessários para finalização das analise dos principais impactos ambientais e socioeconômicos pela metodologia ACV, com dados reais dos últimos 10 anos de produção na usina foco do estudo.

## ANALISE DE INVENTÁRIO

Tabela 13 – Inventario de informações de cana processada, açúcar VHP produzido e etanol Hidratado unidade industrial.

<b>INDUSTRIA</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	
Cana Proc. (T) A.A	1.947.890,90	2.001.450,40	1.912.766,40	1.815.155,70	1.512.937,30	
Açúcar VHP A.A (T) A.A	201.516,95	188.855,75	179.419,04	190.622,25	155.130,15	
Etanol Hidratado (MIL/m3)	49.606,20	52.137,07	44.566,59	36.896,29	29.920,71	
<b>INDUSTRIA</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>TOTAL</b>
Cana Proc. (T) A.A	1.452.017,00	1.650.166,50	1.552.315,70	1.570.418,50	1.810.311,50	17.225.430,30
Açúcar VHP A.A (T) A.A	159.112,65	176.346,10	154.088,75	169.604,10	194.561,85	1.769,26
Etanol Hidratado (MIL/m3)	27.429,72	32.228,72	35.749,83	29.647,76	31.108,05	369.290,93

**Fonte:** Usina Santa Terezinha Iguatemi 2017- Maringá-PR

É possível verificar na Tabela 13 que houve uma redução pequena no volume de cana processada na casa de 7%, uma redução de 3,5% na produção de açúcar VHP e o número mais significativo 37,5% na produção de etanol hidratado, o que vem a se identificar com os números apresentados nos relatório da ANP, MME, e ainda dados estatísticos da CONAB e MAPA, que mostram que o houve uma queda a contar de 2011 na produção sucroalcooleira com relação ao etanol, e manteve-se a produção com pouca mudança quanto ao açúcar, o que pode refletir nos resultados e nas comparações com ao artigos produzidos com o mesmo intuito, análise da ACV, para produção do açúcar e etanol com base na cana-de-açúcar.

## *RESULTADOS E DISCUSSÃO*

### *RESULTADOS E DISCUSSÃO*

Seguindo a mesma linha de raciocínio de Ometto (2005), Almeida (2009), Santos (2009), Vilela (2013), Silva (2015), foram coletados os dados relevantes a pesquisa dos anos compreendidos entre 2007 a 2016, que posteriormente foram lançados no sistema SimaPro 8.4, após a comparação com os dados do banco de dados ECOINVENT 3.4 para que fosse possível o cálculo de cada impacto para cada processo definido no limite estabelecido no escopo inicial. Como não existem ainda muitas bases sólidas para a América do Sul, quanto a avaliação pela metodologia ACV, alguns dados não foram possíveis de mensurar via sistema SimaPro, sendo necessários extrair estes dados e aplicar em planilhas do Microsoft Excel para se conseguir ter um cenário para a real situação da usina foco do estudo.

Desta forma a NBR ISO 14040, em seu escopo nos traz que a crescente conscientização quanto à importância da proteção ambiental e os possíveis impactos associados aos produtos, tanto na sua fabricação quanto no consumo, têm aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com esses impactos. Uma das técnicas em desenvolvimento com esse objetivo é a avaliação do ciclo de vida (ACV).

A ACV pode subsidiar: a identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em diversos pontos de seus ciclos de vida; o nível de informação dos tomadores de decisão na indústria e nas organizações governamentais ou não governamentais visando, por exemplo, o planejamento estratégico, à definição de prioridades, o projeto ou reprojeto de produtos ou processos; a seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes, incluindo técnicas de medição e o marketing (por exemplo, na implementação de um esquema de rotulagem ambiental, na apresentação de uma reivindicação ambiental ou na elaboração de uma declaração ambiental de produto).

#### 1.12 AVALIAÇÃO DO PERFIL AMBIENTAL POR CATEGORIAS DE IMPACTO NO ANO DE 2016 PARA CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AVALIADO.

Uma vez editados os parâmetros, os impactos ambientais dos processos são avaliados por meio do SimaPro 8.4, onde se obtém a contribuição final do inventário de dados coletados

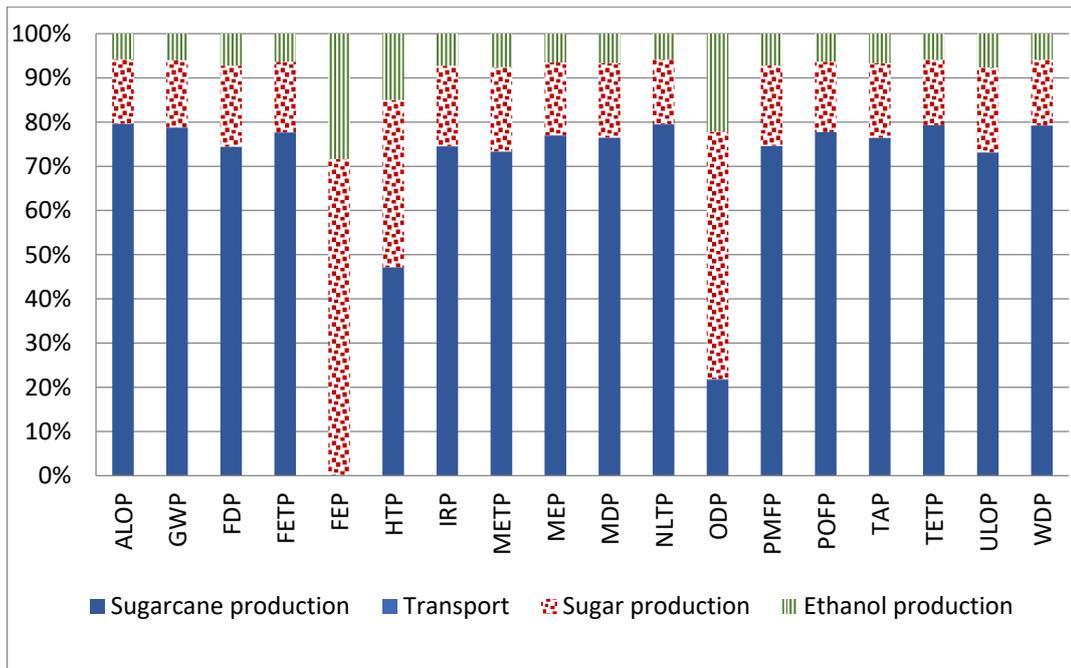
### *ANALISE DE INVENTÁRIO*

referentes aos processos e a base de dados do Ecoinvent 3.4, possibilitando a determinação dos perfis ambientais por categorias de impacto e dano, apresentados em forma gráfica após a

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

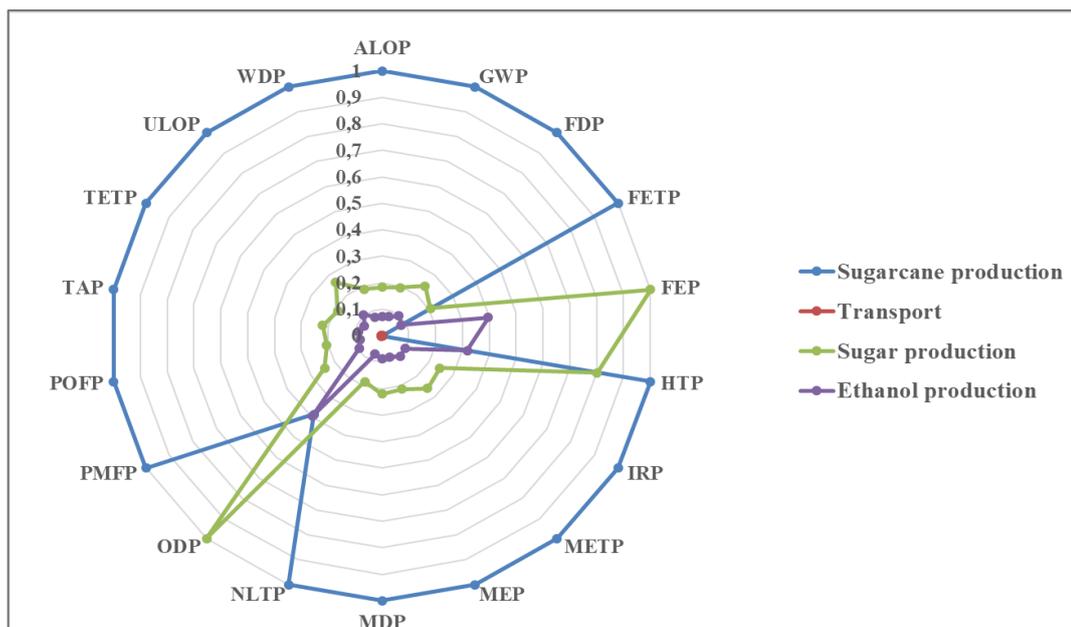
Tabulação, Figura 30 e 31, o que permitiu determinar quais são as variáveis e incidências em cada categoria de impacto sobre os processos existentes na USINA (Agricultura, Transporte, produção de açúcar, produção de etanol).

Figura 30 - Avaliação de impactos ambientais entre os anos de 2007 e 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Figura 31 - - Avaliação de impactos ambientais entre os anos de 2007 e 2016. Normalizada



Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos parâmetros editados, verificou-se que dentre as categorias de impacto em relação aos processos estudados para este trabalho, a produção de cana-de-açúcar é a que exerce maior influência nos impactos totais, atinge 83% das categorias em mais de 70% dos valores considerados com influenciadores de impactos negativos ao meio ambiente, sendo que apenas em 12% das categorias (HTP e ODP) os impactos estão abaixo de 50% e na categoria (FEP), 5% não produzem efeitos consideráveis pelo banco de dados doecoinvent quando atribuídos os dados coletados na empresa.

Ainda quanto a Figura 30 e 31, observa-se que a produção de açúcar VHP, a eutrofização de água doce (FEP) tem o maior impacto com mais de 72%, toxicidade humana (HTP) colabora com 37% e depleção da camada de ozônio (ODP) com 57%. Para a produção de etanol Hidratado, ficou comprovado mesmo que com pouco impacto relação direta com as seguintes categorias, a eutrofização de água doce (FEP) tem o maior impacto com mais de 28% e depleção da camada de ozônio (ODP) com 22%. A etapa de transporte da cana-de-açúcar apresenta impacto na casa de 1% para as seguintes categorias, Eco toxicidade marinha (METP), depleção de metal (MDP), TAP- Acidificação terrestre.

Analisando os indicadores conforme é mostrado na Figura 30 e 31, para o período de 10 anos (2007 a 2016), com os dados levantados junto a USINA, foi possível verificar que a etapa agrícola é a que mais impacta nas questões ambientais após avaliação pelo método ReCiPe Midpoint (H), destoando em alguns detalhes dos trabalhos desenvolvidos por SANTOS, 2009<sup>1</sup> e VILELA, 2013<sup>2</sup>, que apontaram as seguintes categorias de impactos, vejamos:

Aponta em seu trabalho a dificuldade na coleta de dados, sendo assim procurou estudar bibliográficas e criou duas simulações nomeando como Usina I e Usina II, assim apontando diversos aspectos que formam o contexto de trabalho normalmente usual, chegando a seguinte definição: “Assim, após o inventário das principais emissões das usinas I e II e análise em quais categorias de impactos se enquadram. Foram selecionadas as seguintes categorias de impactos ambientais: uso de combustíveis fósseis (óleo diesel) – Esgotamento das reservas de combustíveis fósseis; consumo de água; aquecimento global (CO<sub>2</sub> e CO) acidificação e prejuízo à saúde humana (NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>), a produção das UF podem contribuir para outras.” Observa-se que nos apontamentos realizados em um dos principais impactos que vem em encontro ao trabalho ora apresentado é de que: “Avaliou-se que a etapa agrícola é responsável por aproximadamente 82% Usina I e 87% Usina II (simulações) das emissões de CO<sub>2</sub> do sistema”. Porém que no decorrer do trabalho o mesmo focou em análise de processos apenas para compreender os impactos gerados para o período de estudo de uma safra. (SANTOS, 2009).

Utilizando de levantamento de dados e do software GaBi 6 Education, chegou à seguinte conclusão: “Notou-se as categorias de Potencial de

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aquecimento Global (GWP) e Potencial de Depleção de Recursos Abióticos para fósseis (ADP fóssil) foram as que apresentaram os valores mais significativos. Nota-se que primeira refere-se à Mudanças Climáticas, um indicador de midpoint e segunda se encaixa ao indicador de endpoint referente à recursos. Logo, a AICV será realizada avaliando especificamente a duas categorias, sendo a caracterização das emissões de GWP de maior relevância por parte da Usina Jalles Machado, já que está diretamente relacionada à créditos de carbono e certificações ambientais para manutenção de comércio de internacional de seus produtos (VILELA, 2013)

Observa-se porem que no decorrer do trabalho o mesmo focou em análise de processos apenas para compreender os impactos gerados para o período de estudo de uma safra, principalmente com relação a cogeração de energia onde aponta que há maior consumo de água, eletricidade e vapor assim, gerando maior emissão de gases com potencial de aquecimento global.

### 1.13 ANÁLISE DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL, COMO PRINCIPAIS CONTRIBUINTES DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM CADA CATEGORIA ENTRE OS ANOS DE 2007 E 2016

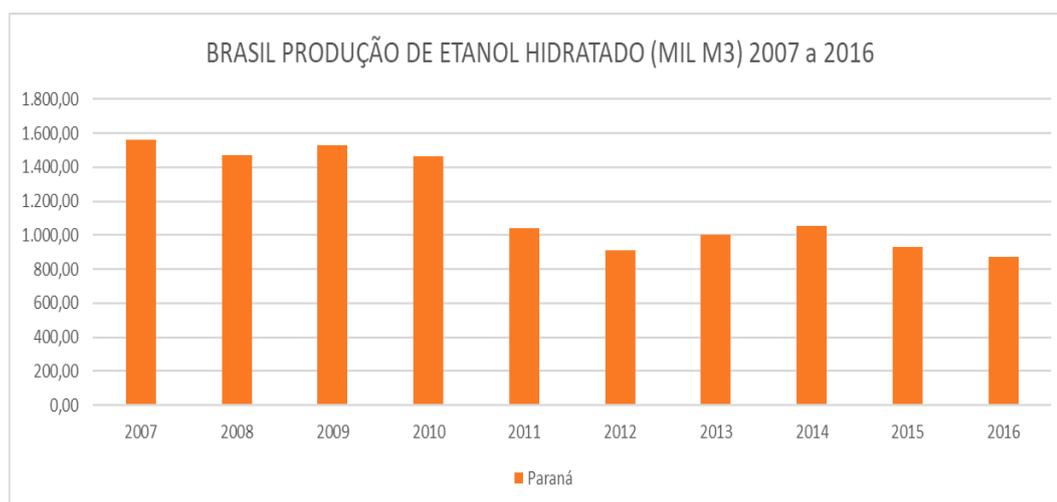
Observa-se durante os estudos e inventários, além de análise do banco de dados que no Brasil ainda são raros os dados disponíveis sobre os impactos. Segundo CLAUDINO e col. (2012), é importante a realização de trabalhos locais, pois como a metodologia de ACV surgiu na Europa, muitas das informações e aplicações nos estudos de casos e testes empíricos devem ser analisadas com uma abordagem regionalizada devido às características particulares do Brasil, como: condições climáticas, fatores de produção, sistemas produtivos, sistemas de gerenciamento, reciclagem de resíduos.

Diante do explicitado acima, os dados do inventario da empresa através da coleta de dados, e valores no software SimaPro 8.4 e com a base de dados do ecoinvent 3.4, a avaliação pelo método ReCiPe Midpoint(H), passo a apresentar uma avaliação geral em todas as categorias de impacto com relação aos quatro processos definidos no escopo inicial ( fase agrícola, Transporte, Produção de Açúcar VHP e Etanol Hidratado), dados do período compreendido entre 2007 a 2016, com ênfase nos resultados em relevância principal na fase agrícola da produção da cana-de-açúcar e que gera os maiores impactos como apresentado na Figura 31, com valores normalizados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

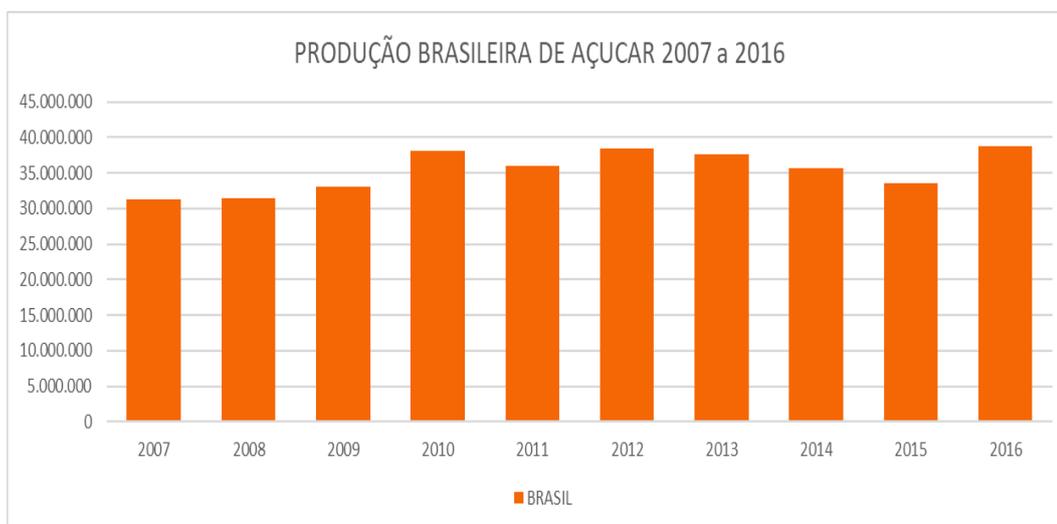
Para uma discussão mais completa sobre os resultados alguns dados são importantes e relevantes, tal qual os números com relação a fabricação de etanol hidratado produzido no estado do PARANÁ, no mesmo período da realização da pesquisa (2007 a 2016), vejamos os números apresentados nas Figuras 32 e 33.

Figura 32 - Produção De Etanol Hidratado (milhões de m<sup>3</sup>).



Fonte: ANP Produção De Etanol Hidratado, Segundo Grandes Regiões E Unidades Da Federação – 2007-2016.

Figura 33 - Produção Brasileira de açúcar 2007 a 2016 (T)



Fonte: DCAA/SPA/E/Mapa (\*) Valores Atualizados Em 19/06/2018.

Percebe-se na Figura 32, que o etanol no período de 2007 a 2016, apresentou as seguintes características, veio estabilizado os seus números de produção de 2006 a 2010, mantendo-se na casa de produção no estado do Paraná entre 1.464,59 a 1563,79 uma média de 1507,16 milhões de m<sup>3</sup>, sendo que a contar de 2011 até 2016 manteve-se na casa de produção

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

de 869,41 a 1039,75 uma média de 966,90 milhões de m<sup>3</sup>, o que representou uma queda de 64,15% na produção geral de etanol hidratado.

Quanto a produção de açúcar apresentada na Figura 33, comparando os números gerais de produção brasileira, pela falta de dados exclusivos do estado do Paraná, assim temos o seguinte cenário para o período de 2007 a 2016, observa-se uma evolução da produção do açúcar com incremento na casa de 19% em relação ao ano de 2016 (38.724.993) a se comparar com o ano de 2007 (31.297.619), na Figura é possível verificar um crescimento ao longo de 2007 a 2010, obtendo uma leve queda no ano de 2011 reagindo em 2012 e 2013, novamente tendo uma queda gradativa em 2014 e 2015 voltando quase ao patamar de produção de 2007, porem em 2016 elevando-se e tendo a maior média histórica do período estudado.

Desta forma passamos a analisar os dados processados no software SimaPro 8.4 e com base de dados no ecoinvent 3.4, utilizando-se a avaliação pelo método ReCiPe Midpoint (H), selecionamos os processos que mais proporcionam impactos ambientais e socioeconômicos, elencando as principais categorias de impactos para compreender o resultados no período compreendido entre 2007 a 2016 em face aos dados apresentados para os processos das fases agrícola, Transporte, Produção de Açúcar VHP e Etanol Hidratado, sendo que as categorias que não tiveram grande impactos foram anexadas ao final desta dissertação como apêndice para consulta e entendimento.

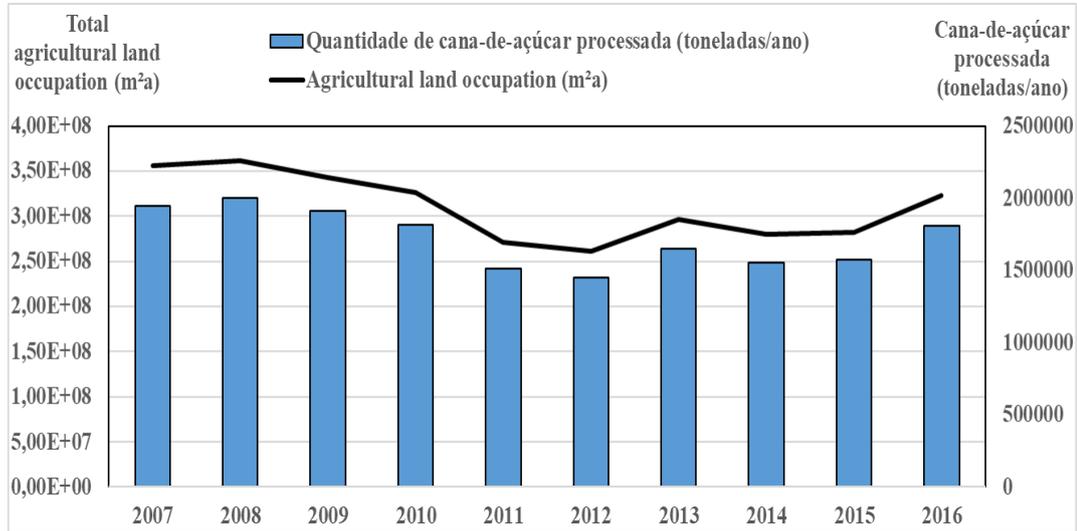
### 1.14 FASE AGRÍCOLA (PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR) E CATEGORIAS DE IMPACTOS AFETADAS

Na Figura 34 abaixo, após avaliação realizada comparando-se os resultados apresentados pela usina, com o banco de dados do ecoinvent e alimentando as planilhas geradas pelo software SimaPro, foi possível chegar à conclusão que para algumas fases a etapa agrícola exerce grande impacto ambiental, sendo necessários compreendê-la melhor para posterior pensar em ações mitigadoras para a sustentabilidade do negócio. Vejamos a seguir nas análises individuais para cada categoria afetada pela fase agrícola.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.3.1 Análise de Contribuição por ALOP – Terras agrícolas ocupadas

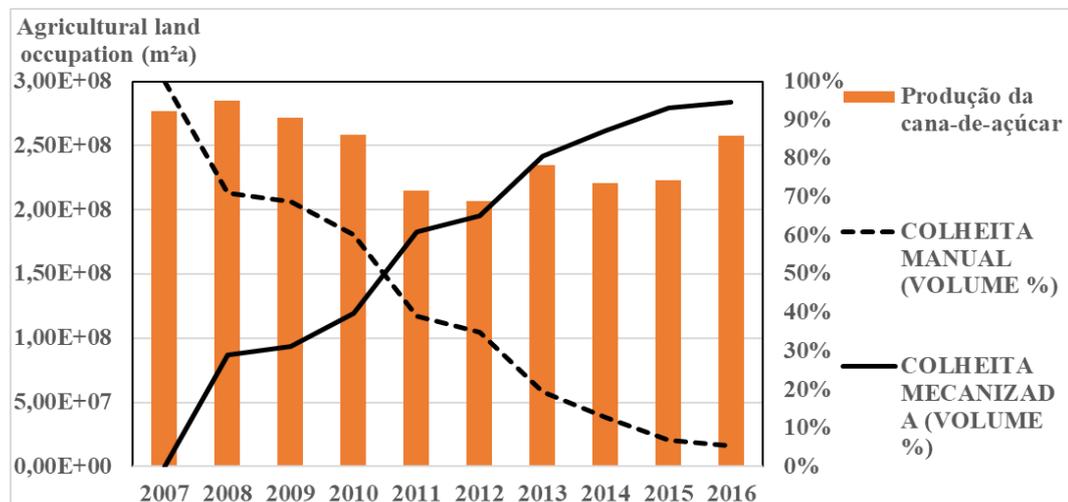
Figura 34 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Terras ocupadas entre 2007 e 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Ao analisarmos a Figura 34, observamos que os impactos seguiram a mesma linha com relação ao volume de cana processada que seguiu os parâmetros demonstrados na Figura 30 e 31 reduções nos impactos, mantendo-se abaixo da média do período de 2007 a 2010, que podemos considera momento de auge para o período do estudo, sendo que para o ano de 2016 todas elas tiveram ótima elevação quase chegando aos patamares do período de 2007 a 2010, muito próxima a linha de impactos desta categoria.

Figura 35 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.

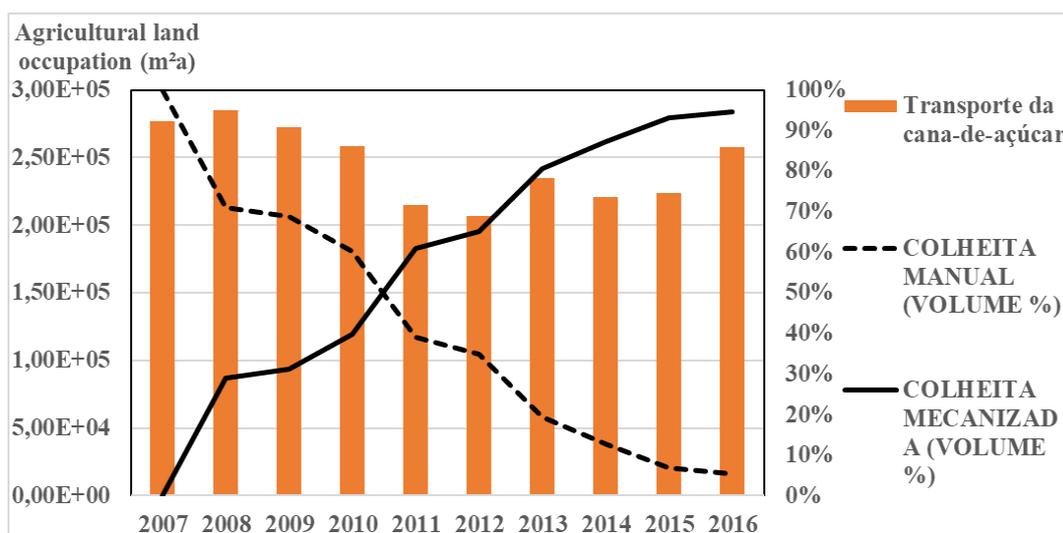


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 35 passaremos a observar que a contar de 2011 a produção da cana-de-açúcar em relação a categoria de impacto das terras ocupadas, sofreu impacto saindo da casa de 95% para 70% na relação direta com a produção de impactos ambientais, sendo que a contar de 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 5% se estabilizando em 2014 e 2015, porem com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva n casa de 82%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais, apenas no processo de produção de etanol Hidratado verificou-se não haver uma recuperação mantendo-se na casa de 50% de produção em 2016 comparado com os 70 a 80% no período de 2007 a 2010, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

Figura 36 - Variação do transporte de cana-de-açúcar de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.

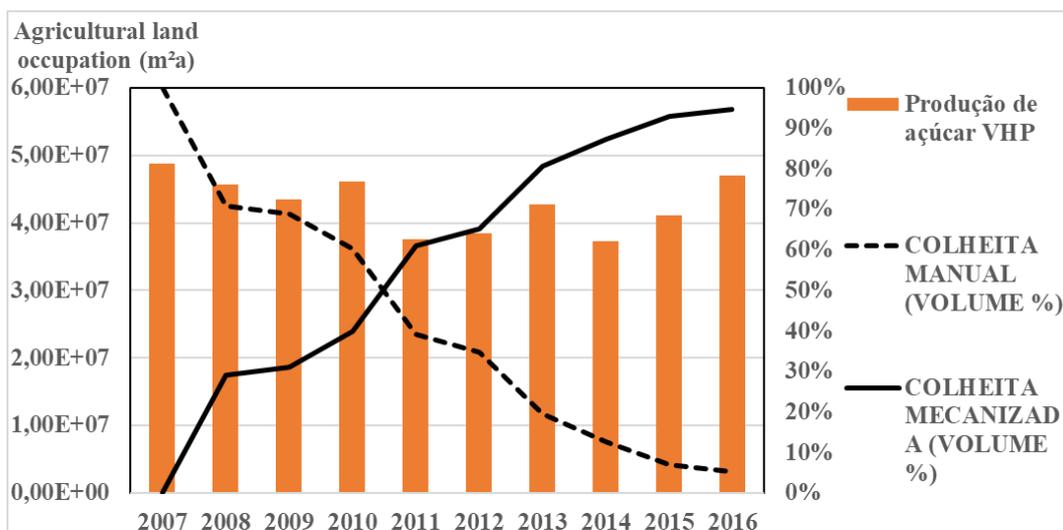


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 36 passaremos a observar que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de impacto de terras ocupadas, sofreu impacto saindo da casa de 98% para 72% na relação direta com a produção de impactos ambientais, porem em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 78% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 75%, porem com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva de 82%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

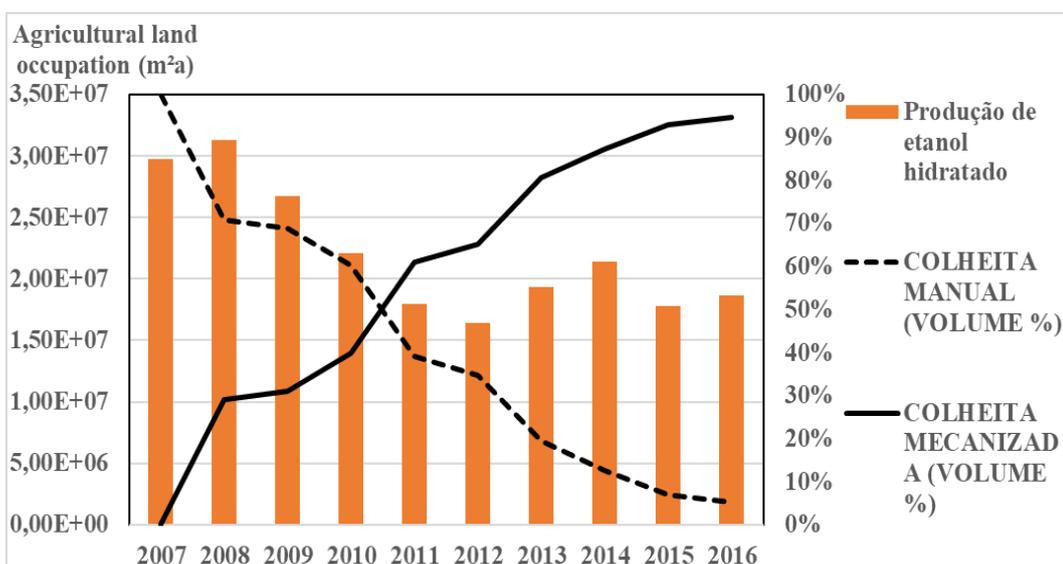
Figura 36 - Variação da produção de açúcar VHP no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 37 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a terras ocupadas, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 78% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 78% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 ficando abaixo de 70%, porém em 2013 retomou crescimento agindo 73%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 78%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 37 - Variação da produção de etanol hidratado no período de 2007 a 2016.



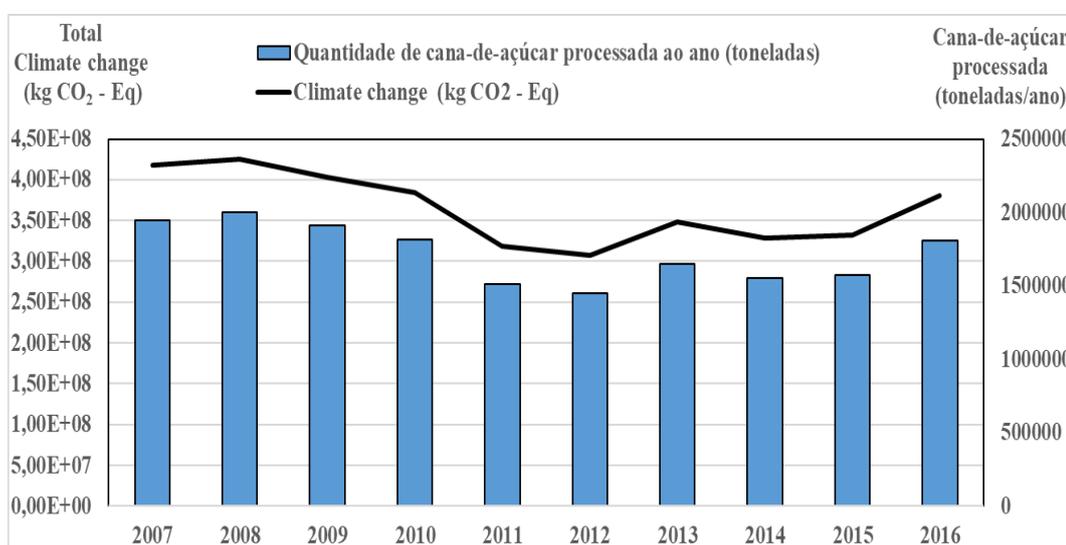
Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 38 é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico de 92% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 42%, tendo uma leve elevação em 2013 cerca de 62% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para abaixo de 60%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

### 5.3.2 Análise da Contribuição GWP-Alterações Climáticas

Figura 38 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Alterações climáticas entre 2007 e 2016.

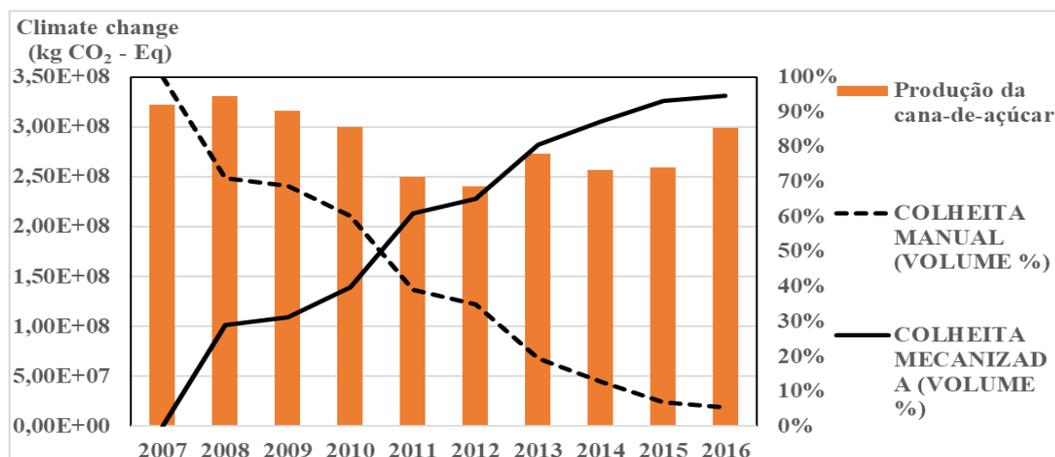


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Ao analisarmos a Figura 39, com relação às alterações climáticas, observamos que os impactos seguiram a mesma linha com relação ao volume de cana processada, conforme parâmetros demonstrados na Figura 30 e 31. No período de 2007 a 2010 percebe-se que houve redução nos impactos, mantendo-se abaixo da média. Entre os períodos de 2011 a 2015, verifica-se que a partir de 2016, houve uma elevação no volume em função do aumento da cana processada assim aumentando a contribuição nesta categoria de impacto quase atingindo a linha dos impactos nesta categoria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

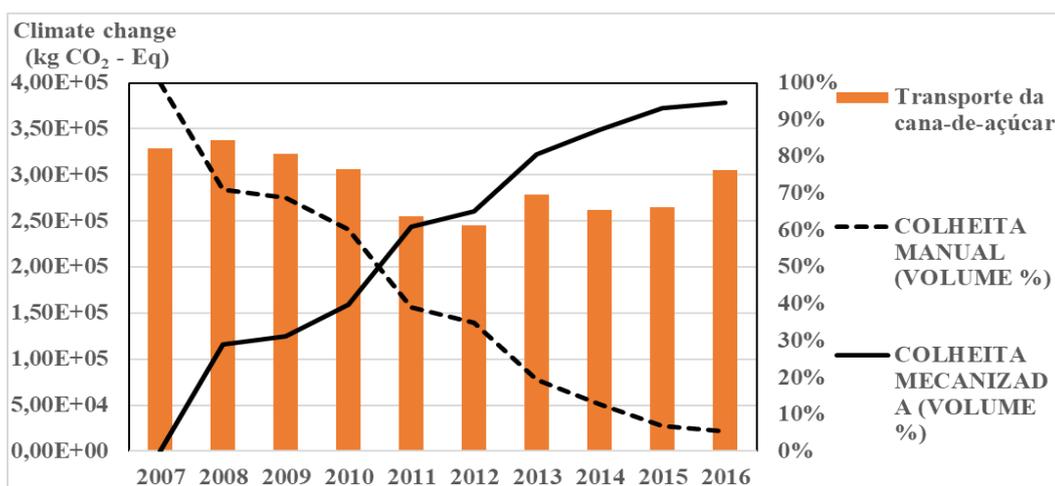
Figura 39 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 40 a observar que a contar de 2011 a produção da cana-de-açúcar, sofreu impacto saindo da casa de 95% para 70% e em 2012 reduziu abaixo de 70% na relação direta com a produção de impactos ambientais, sendo que em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 5% alcançando 75%, sendo que em 2014 e 2015, estabilizou-se em 70%, porem com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva n casa de 82%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 40 Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



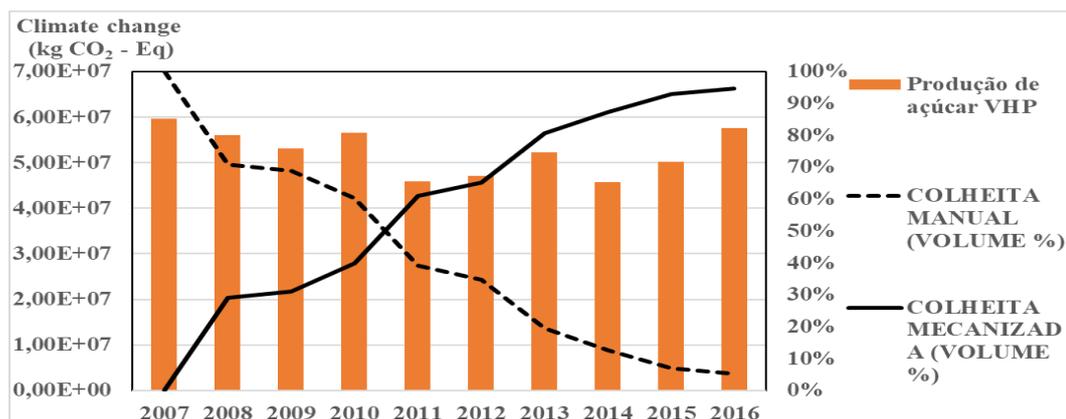
Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 41 observar-se que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de alterações climáticas, sofreu impacto saindo de 88% em 2008 para 68% em 2012 na relação direta com a produção de impactos ambientais, porem em 2013 teve uma elevação pequena na

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

faixa de 75% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 72%, porem com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva de 81%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

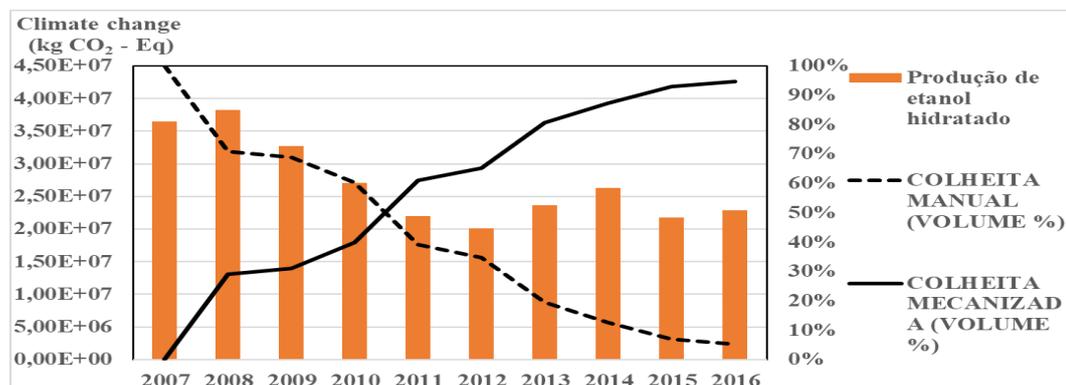
Figura 41 - Variação da produção de açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 42 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a mudanças climáticas, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 85% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 80% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 ficando abaixo de 70%, porem em 2013 retomou crescimento agindo 75%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porem com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2015 e 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 80%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 423 - Variação da produção de etanol hidratado no período de 2007 a 2016.



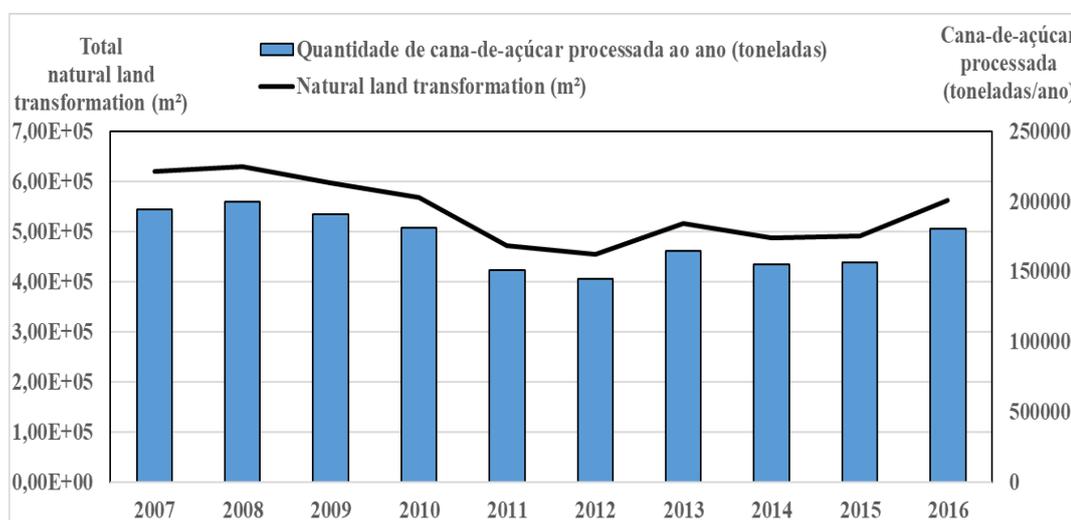
Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 43 na produção de etanol com relação a categoria de impactos nas alterações climáticas é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico de 88% na relação de impactos sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 45%, tendo uma leve elevação em 2014 cerca de 51% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para abaixo de 50%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

### 5.3.3 Análise Da Contribuição Por NLTP - Transformação de terras naturais

Figura 43 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Transformação de terras naturais entre 2007 e 2016.

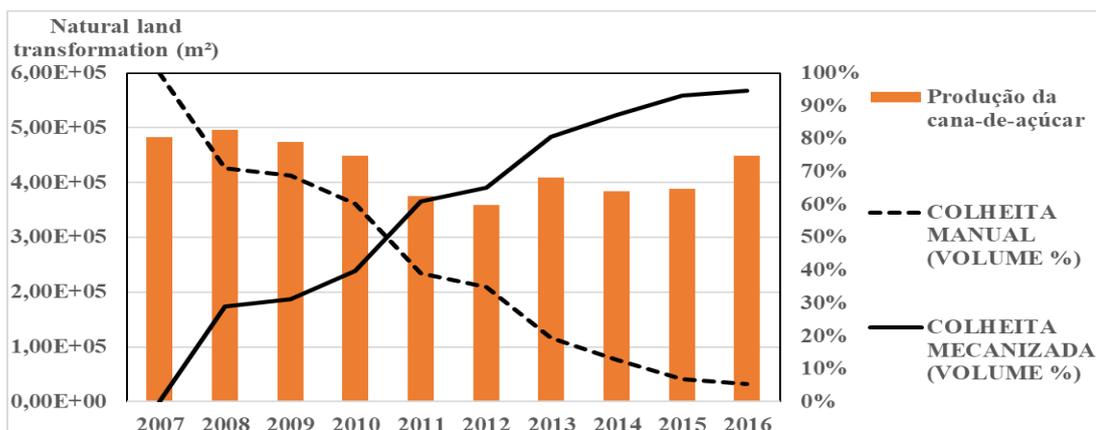


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Ao analisarmos a Figura 44, com relação as alterações em terras naturais, observamos que os impactos seguiram a mesma linha com relação ao volume de cana processada que seguiu os parâmetros demonstrados na Figura 30 e 31 no período de 2007 a 2010, contribuindo significativamente, porém percebe-se que houve redução nos impactos, mantendo-se abaixo da média do período de 2007 a 2010, entre os períodos de 2011 a 2015, observa-se que houve uma elevação no volume em função do aumento da cana processada assim aumentando a contribuição nesta categoria de impacto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

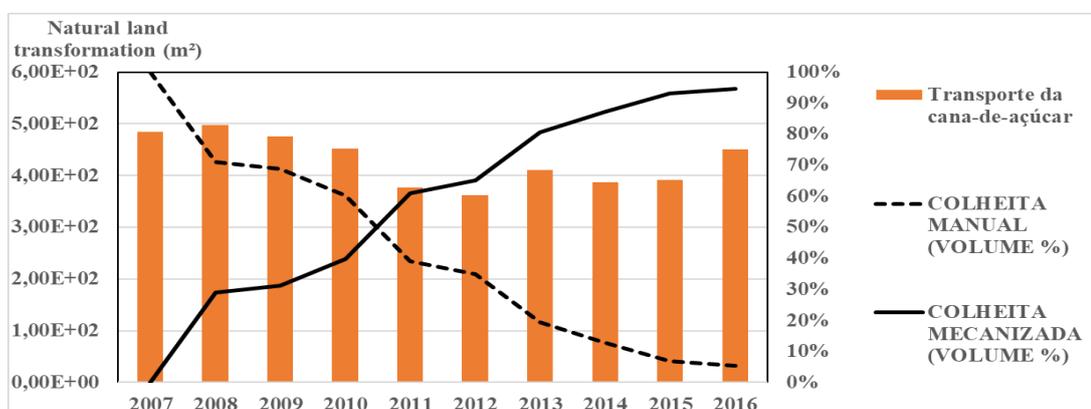
Figura 44 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 45 é possível observar que a contar de safra de 2008 para relação de impactos nas terras naturais iniciou-se um declínio saindo de 89% chegando em 2012 a 65%, tendo uma leve retomada em 2013 alcançando 70% reduzindo novamente em 2014 e 2015 abaixo dos 70% e em 2016 voltou a ter alta chegando a 75%, mantendo-se desta forma padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 45 - Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.

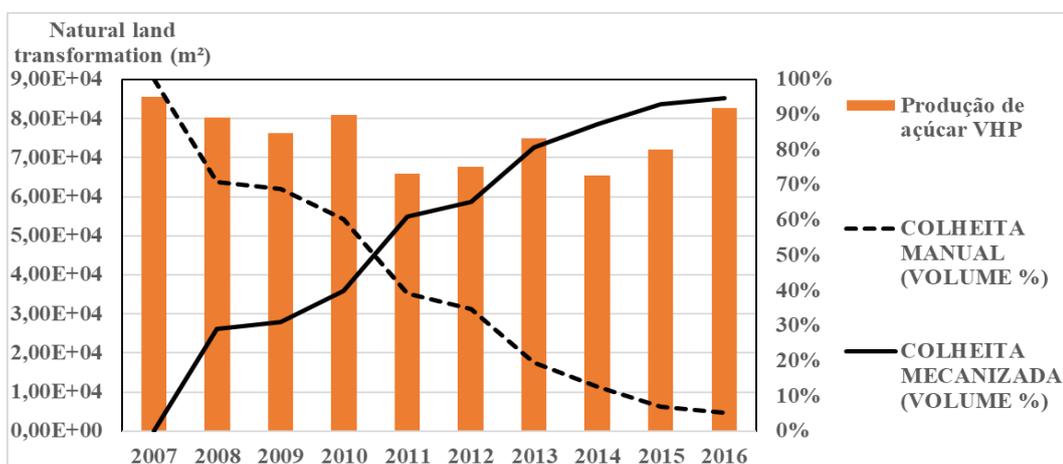


Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 46 observar-se que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de transformação das terras naturais, sofreu impacto saindo de 80% em 2008 para 61% em 2012 na relação direta com a produção de impactos ambientais, porem em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 71% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 65%, porem com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva de 75%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

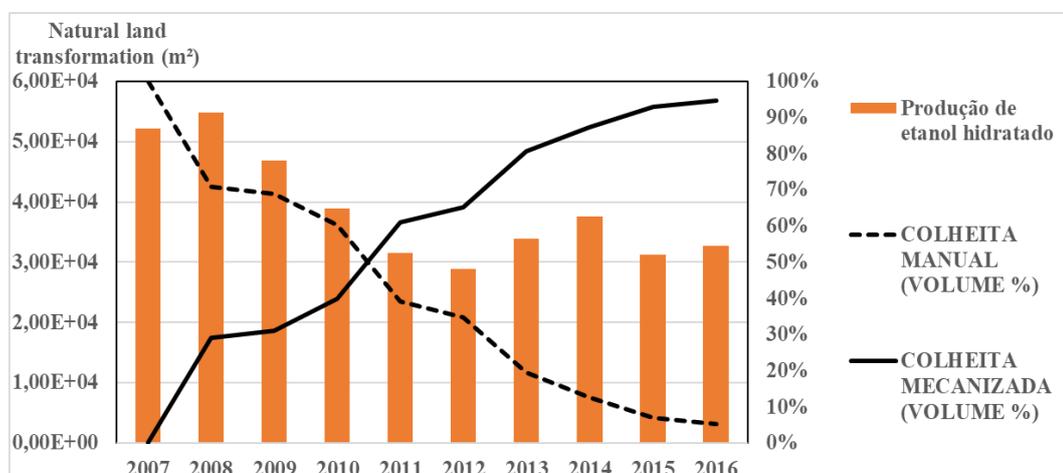
Figura 46 - Variação da produção de açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 47 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a transformação das terras naturais, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 95% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 90% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 ficando abaixo de 80%, porém em 2013 retomou crescimento agindo 82%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2015 e 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 92%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 47 - Variação da produção de etanol no período de 2007 a 2016.



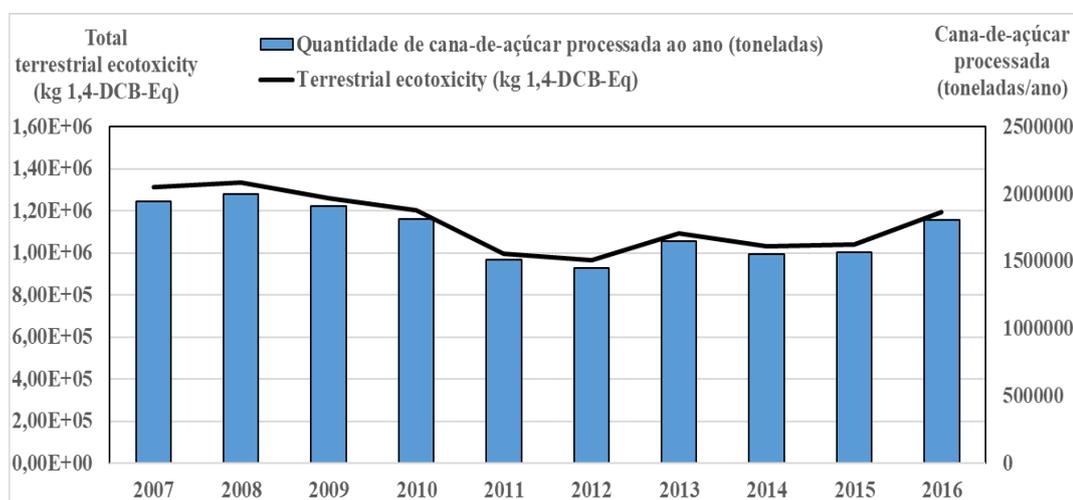
Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 48 na produção de etanol com relação a categoria de transformação de terras naturais é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico de 91% na relação de impactos sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 48%, tendo uma leve elevação em 2013 e 2014 cerca de 63% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para abaixo de 60%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

### 5.3.4 Análise Da Contribuição Por TETP - Eco toxicidade terrestre

Figura 48 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x ecotoxicidade terrestre entre 2007 e 2016.

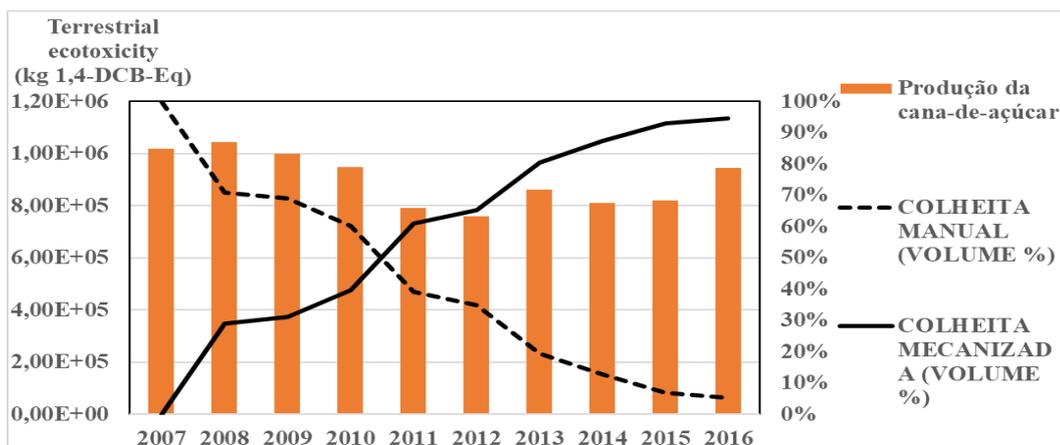


Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Ao analisarmos a Figura 49, com relação as ecotoxicidade terrestre, observamos que os impactos seguiram a mesma linha com relação ao volume de cana processada que seguiu os parâmetros demonstrados na Figura 30 e 31 no período de 2007 a 2010, contribuindo significativamente, porém percebe-se que houve redução nos impactos, mantendo-se abaixo da média do período de 2007 a 2010, entre os períodos de 2011 a 2015, sendo é possível perceber que a partir de 2016 todas houve uma leve elevação no volume em função do aumento da cana processada assim aumentando a contribuição nesta categoria de impacto, porém nota-se que a linha que representa os impactos acompanhou a evolução do volume de cana processada, demonstrando a grande relação nos impactos com a ecotoxicidade terrestre.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

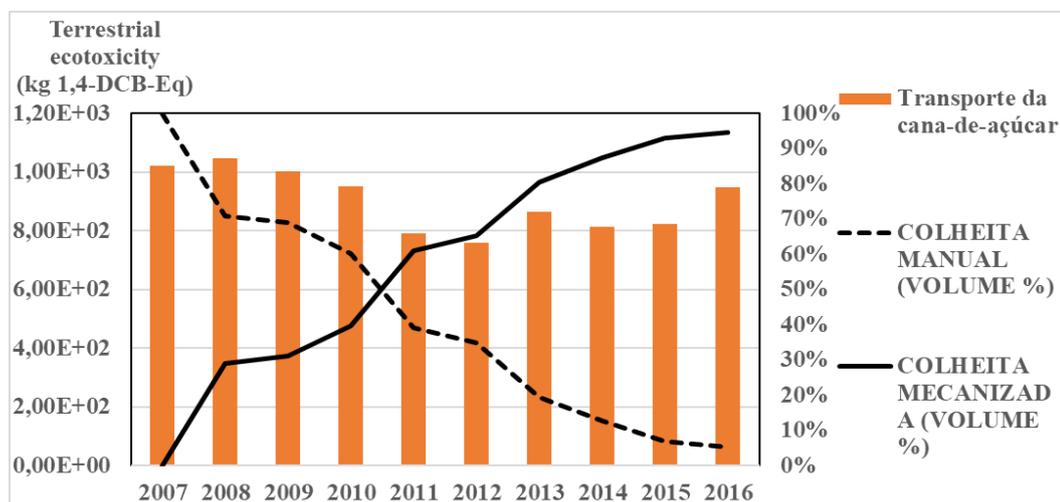
Figura 49 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 50 é possível observar que a partir da safra de 2008 para a relação de impactos na ecotoxicidade terrestre iniciou-se um declínio saindo de 81% chegando em 2012 a 69%, tendo uma leve retomada em 2013 alcançando 72% reduzindo novamente em 2014 e 2015 abaixo dos 70% e em 2016 voltou a ter alta chegando a 78%, mantendo-se desta forma padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 50 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



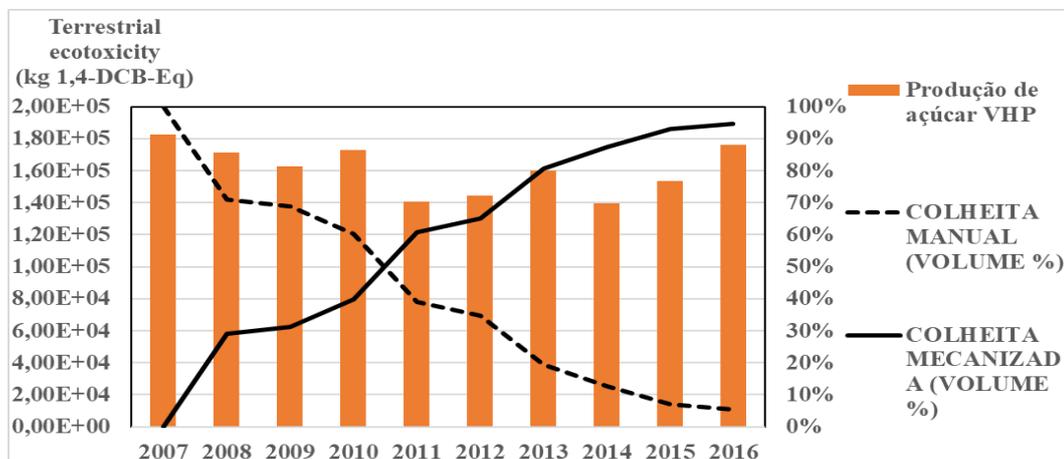
Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 51 observar-se que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de ecotoxicidade terrestre, sofreu impacto saindo de 84% em 2008 para 64% em 2012 na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 71% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 65%, porém com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

expressiva de 80%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

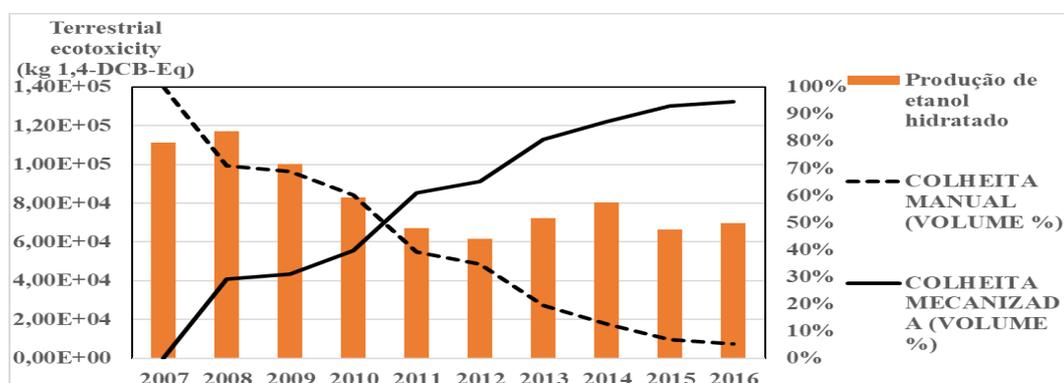
Figura 51 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 52 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a ecotoxicidade terrestre, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 90% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 88% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 ficando em 70%, porém em 2013 retomou crescimento agindo 80%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2015 e 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 89%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 52 - Variação da produção de etanol no período de 2007 a 2016.



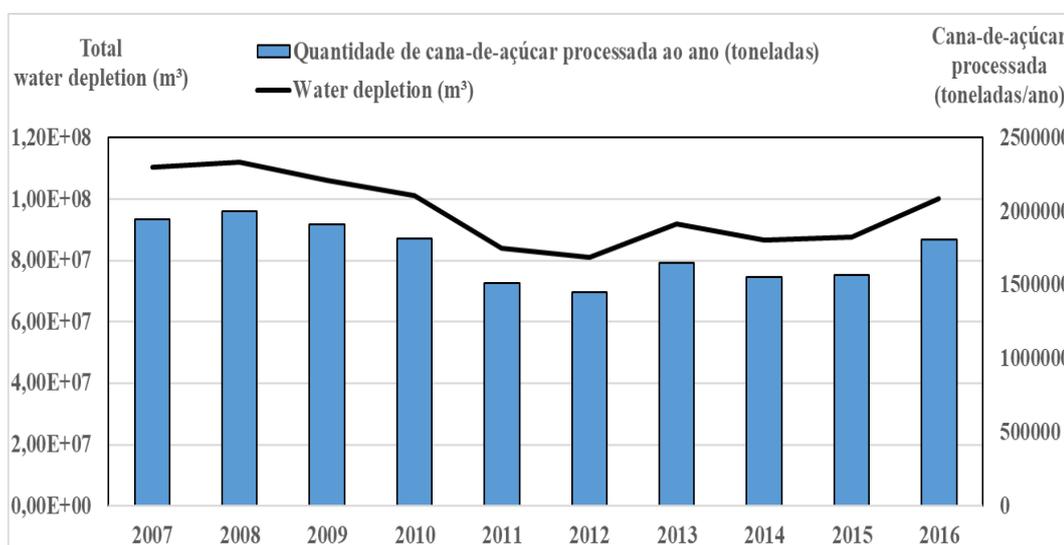
Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 53 na produção de etanol com relação a categoria de impactos nas ecotoxicidade terrestre é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico de 83% na relação de impactos sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 42%, tendo uma leve elevação em 2013 e 2014 chegando a 57% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para abaixo de 50%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

### 5.3.5 Análise Da Contribuição Por WDP – depleção de água

Figura 53 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x depleção de águas entre 2007 e 2016.

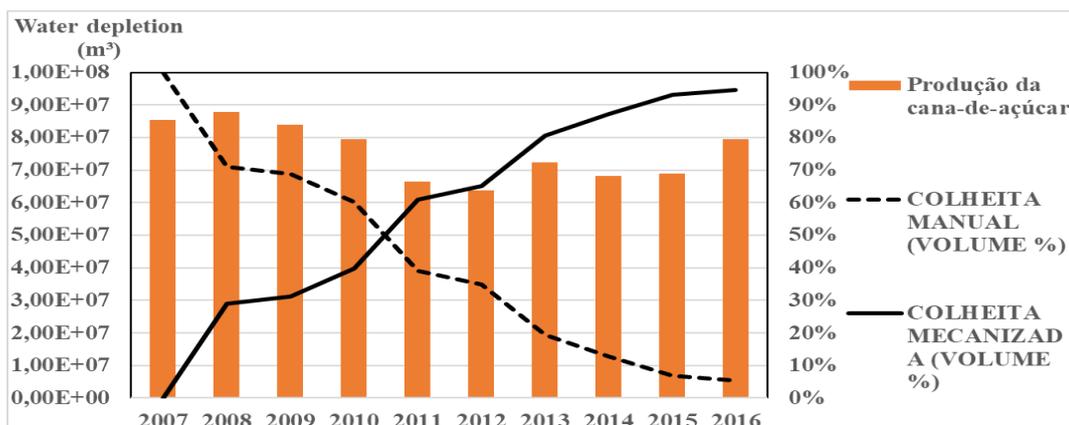


Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Ao analisarmos a Figura 54, com relação as alterações nas águas, também observamos que os impactos seguiram a mesma linha com relação ao volume de cana processada que seguiu os parâmetros demonstrados na Figura 30 e 31 no período de 2007 a 2010, contribuindo significativamente, porém percebe-se que houve redução nos impactos, mantendo-se abaixo da média do período de 2007 a 2010, entre os períodos de 2011, 2012, 2014 e 2015, sendo que em 2013 e 2016 houve uma elevação no volume em função do aumento da cana processada no período o que contribuiu nesta categoria de impacto, porém não chegando a linha principal dos impactos para esta categoria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

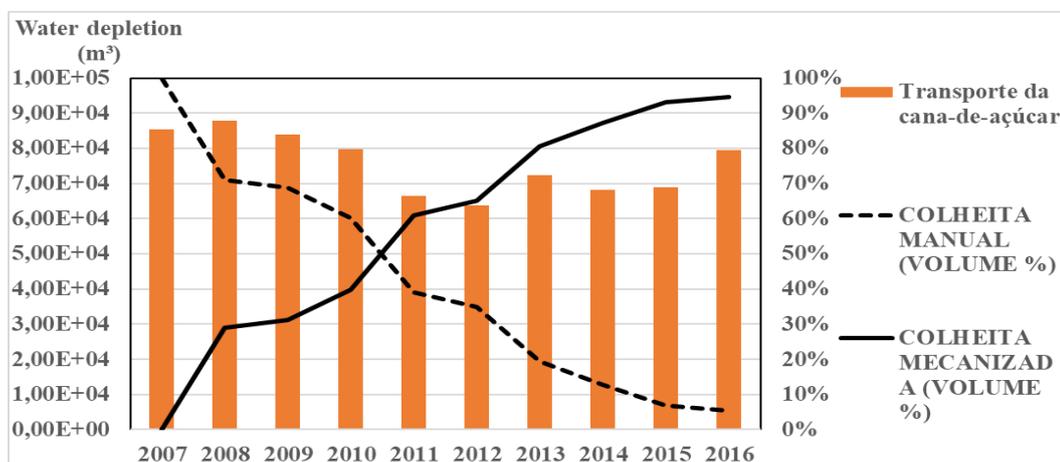
Figura 54 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 55 é possível observar que a contar de safra de 2008 para relação de impactos na depleção de águas iniciou-se um declínio saindo de 89% chegando em 2012 a 62%, tendo uma leve retomada em 2013 alcançando 72% reduzindo novamente em 2014 e 2015 abaixo dos 70% e em 2016 voltou a ter alta chegando a 80%, mantendo-se desta forma padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 55 - Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.

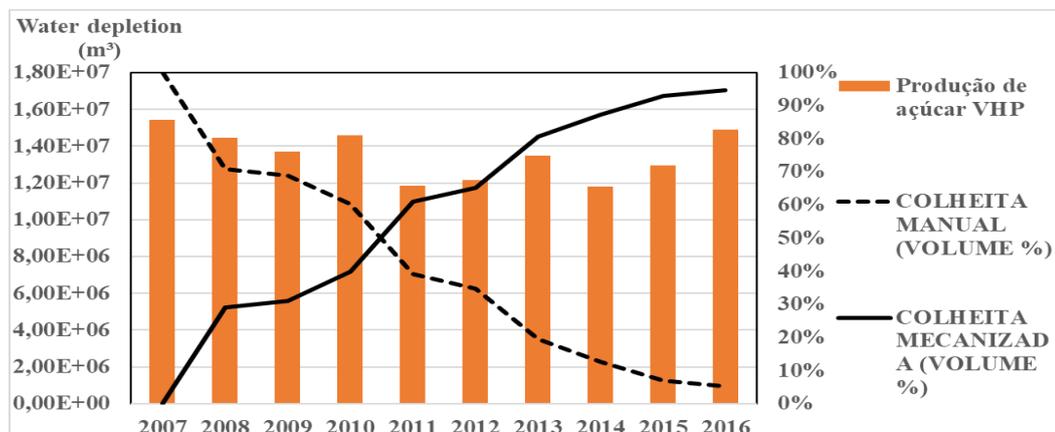


Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 56 observar-se que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de depleção das águas, sofreu impacto saindo de 89% em 2008 para 62% em 2012 na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 71% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 68%, porém com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva de 80%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

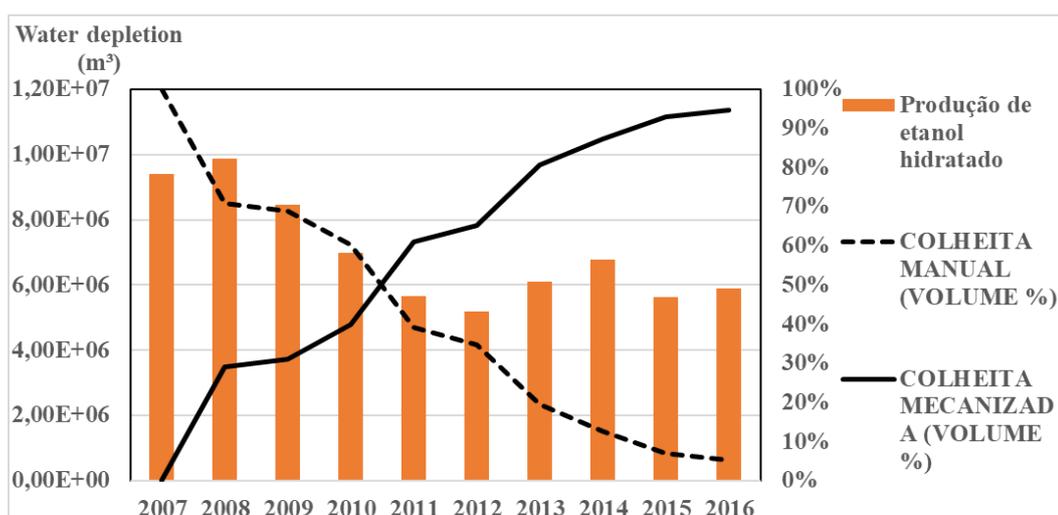
Figura 56 - Variação da produção de açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 57 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a depleção das águas, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 88% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 82% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 ficando em 70%, porém em 2013 retomou crescimento agindo 78%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2015 e 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 84%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 57 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018).

Na Figura 58 na produção de etanol com relação a categoria de impactos nas ecotoxicidade terrestre é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

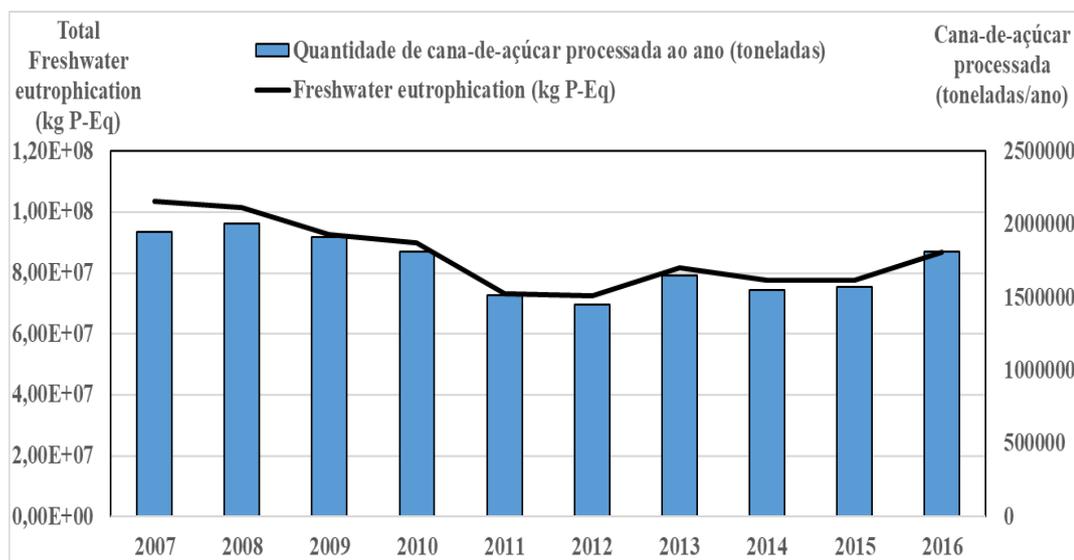
de 82% na relação de impactos sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 45%, tendo uma leve elevação em 2013 e 2014 chegando a 55% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para abaixo de 50%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

### 1.15 FASE INDUSTRIAL (PRODUÇÃO DE AÇÚCAR VHP).

Na Figura abaixo, após avaliação realizada comparando-se os resultados apresentados pela usina, com o banco de dados doecoinvent e alimentando as planilhas geradas pelo software SimaPro, foi possível chegar à conclusão que para algumas fases a etapa de produção do açúcar exerce grande impacto ambiental, sendo necessários compreendê-la melhor para posterior pensar em ações mitigadoras para a sustentabilidade do negócio. Vejamos a seguir nas análises individuais para cada categoria afetada pela fase agrícola.

#### 5.4.1 Análise Da Contribuição Por FEP - Eutrofização de água doce

Figura 58 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Eutrofização de água doce entre 2007 e 2016



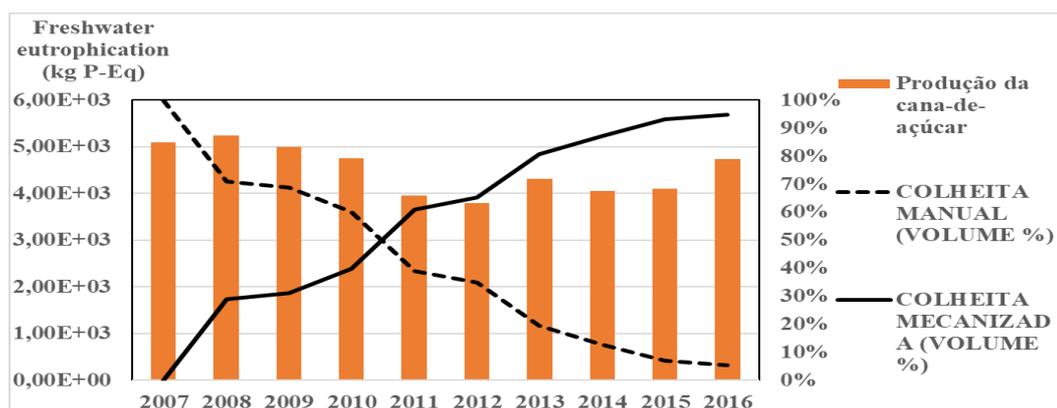
Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Ao analisarmos a Figura 59, com relação aos impactos produzidos pela Eutrofização de água doce, observamos que a produção e processamento de cana seguiu a mesma linha estabelecida para os impactos nesta relação seguindo os parâmetros demonstrados na Figura 30

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

e 31 no período de 2007 a 2010, contribuindo significativamente, porem percebe-se que houve redução nos impactos a contar de 2008 a 2012, tendo uma leve elevação em 2013 novamente caindo em 2014 e 2015 e novamente subindo em 2016 aumentando a contribuição nesta categoria de impacto, porem nota-se que estas evoluíram juntas demonstrando a grande relação nos impactos da ecotoxicidade terrestre.

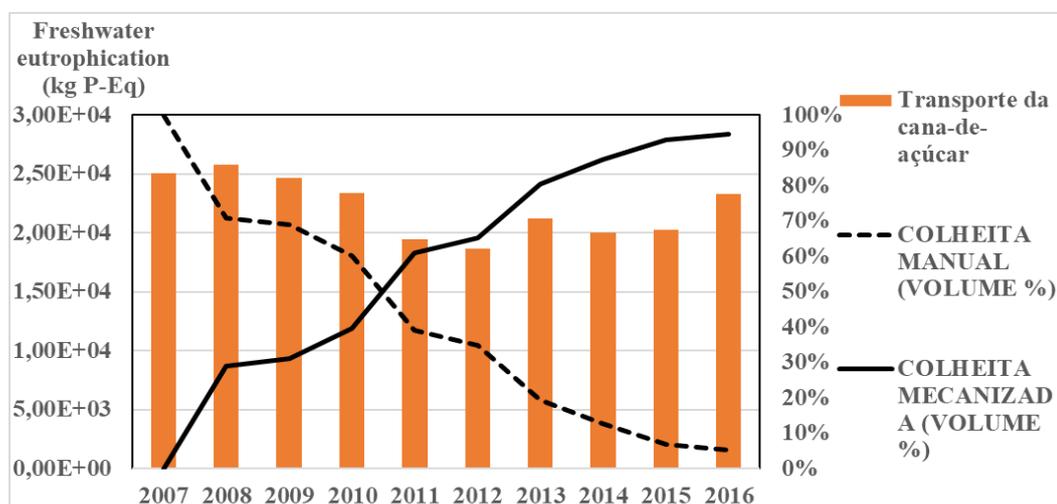
Figura 59 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 60 quanto a produção de cana-de-açúcar, com relação a categoria de impacto para Eutrofização de água doce é possível observar que a contar de safra de 2009 iniciou-se um declínio saindo de 85% chegando em 2012 a 65%, tendo uma leve retomada em 2013 alcançando 72% reduzindo novamente em 2014 e 2015 abaixo dos 70% e em 2016 voltou a ter alta chegando a 80%, mantendo-se desta forma padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 60 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.

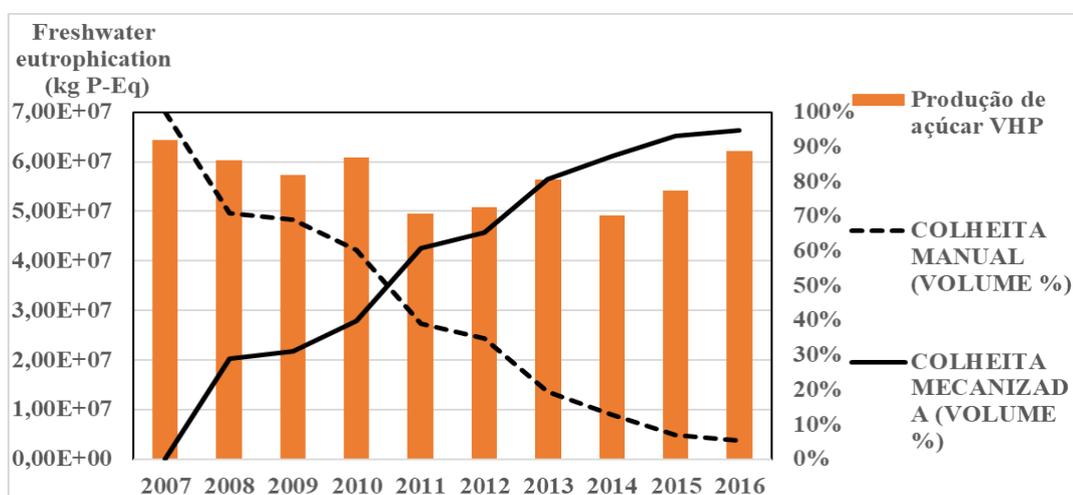


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 61 observar-se que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de eutrofização de água doce, sofreu impacto saindo de 85% em 2008 para 63% em 2012 na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 75% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 65%, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva de 80%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 61 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016.

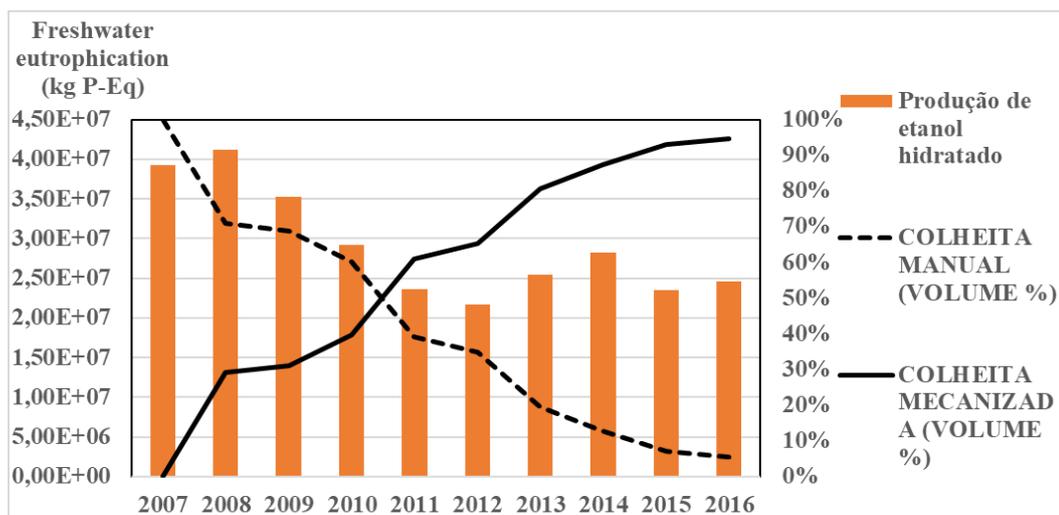


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 62 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a eutrofização de água doce, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 90% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 85% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 ficando em 70%, porém em 2013 retomou crescimento agindo 81%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2015 e 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 90%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 62 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.

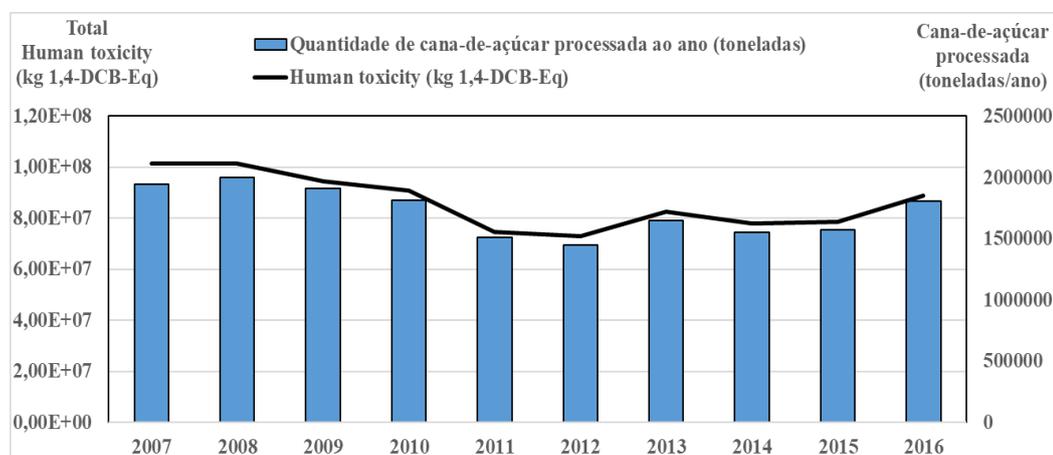


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 63 na produção de etanol com relação a categoria de impactos na eutrofização de água doce é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico de 92% na relação de impactos sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 48%, tendo uma leve elevação em 2013 e 2014 chegando a 62% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para abaixo de 60%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

### 5.4.2 Análise Da Contribuição Por HTP - Toxicidade humana

Figura 63 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x Toxicidade humana entre 2007 e 2016.

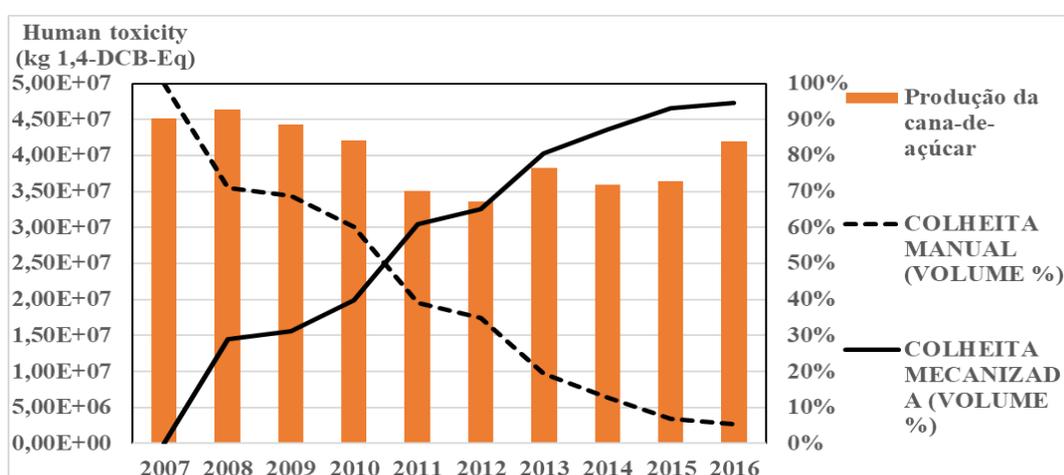


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisarmos a Figura 64, com relação aos impactos produzidos pelas alterações relativas a toxicidade humana, observamos que a produção e processamento de cana seguiu a mesma linha estabelecida para os impactos nesta relação seguindo os parâmetros demonstrados na Figura 30 e 31 no período de 2007 a 2010, contribuindo significativamente, porém percebe-se que houve redução gradativa a contar de 2008 a 2012, tendo uma leve retomada em 2013 porém novamente caindo no período de 2014 a 2015. Demonstrado que partir de 2016 houve uma leve elevação no volume em função do aumento da cana processada assim aumentando a contribuição nesta categoria de impacto, porém nota-se que estas evoluíram juntas demonstrando a grande relação nos impactos da ecotoxicidade terrestre.

Figura 64 - Variação da produção da cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



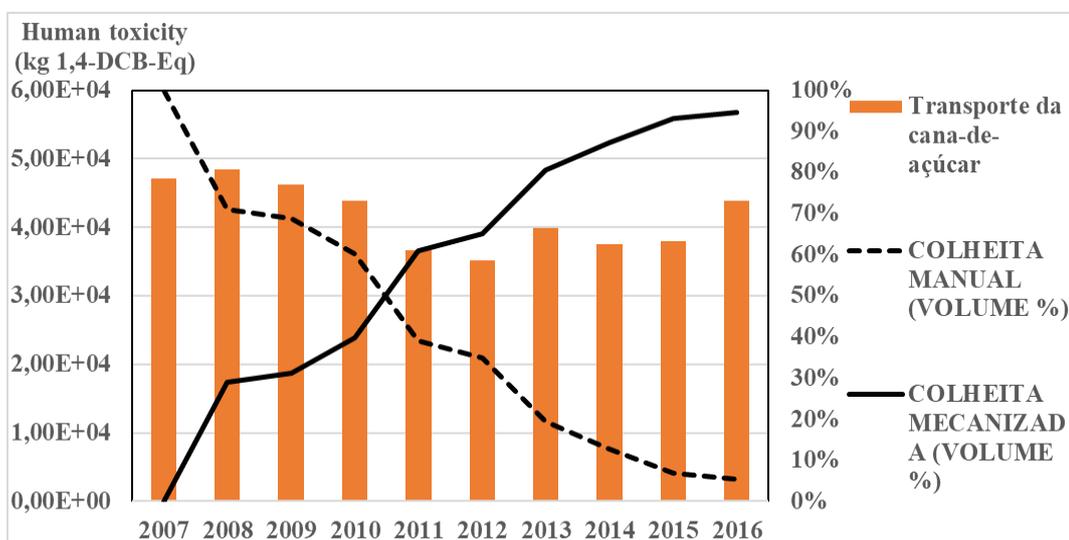
Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 65 quanto a produção de cana-de-açúcar, com relação a categoria de impacto para ecotoxicidade humana é possível observar que a contar de safra de 2009 iniciou-se um declínio saindo de 93% chegando em 2012 a 65%, tendo uma leve retomada em 2013 alcançando 72%

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

reduzindo novamente em 2014 e 2015 abaixo dos 68% e em 2016 voltou a ter alta chegando a 83%, mantendo-se desta forma padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

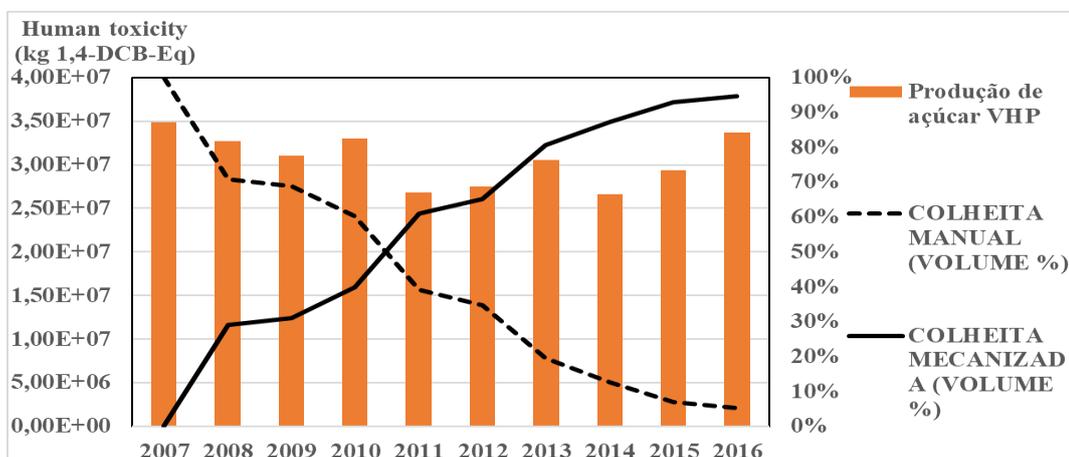
Figura 65 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 66 observar-se que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de toxicidade humana, sofreu impacto saindo de 80% em 2008 para 60% em 2012 na relação direta com a produção de impactos ambientais, porem em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 65% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 63%, porem com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva de 73%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 66 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016.

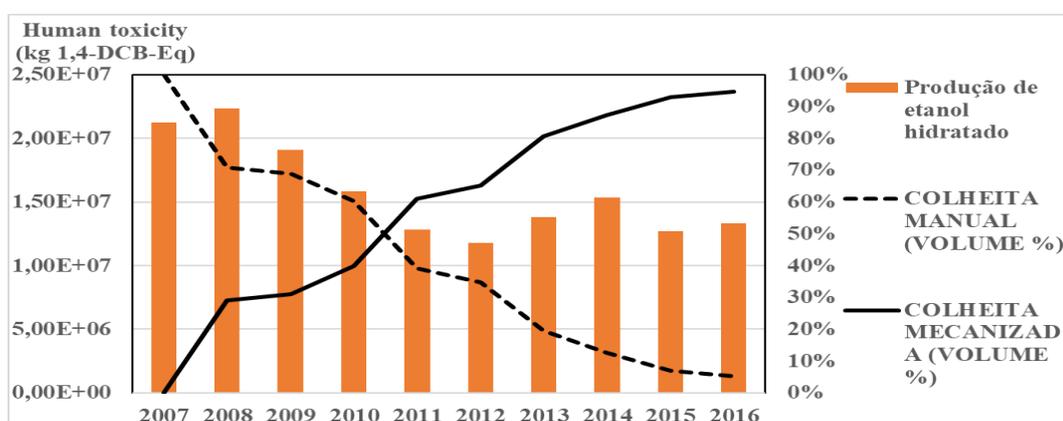


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 67 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a ecotoxicidade humana, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 89% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 85% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 ficando abaixo de 70%, porém em 2013 retomou crescimento agindo 78%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2015 e 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 83%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais

Figura 67 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.



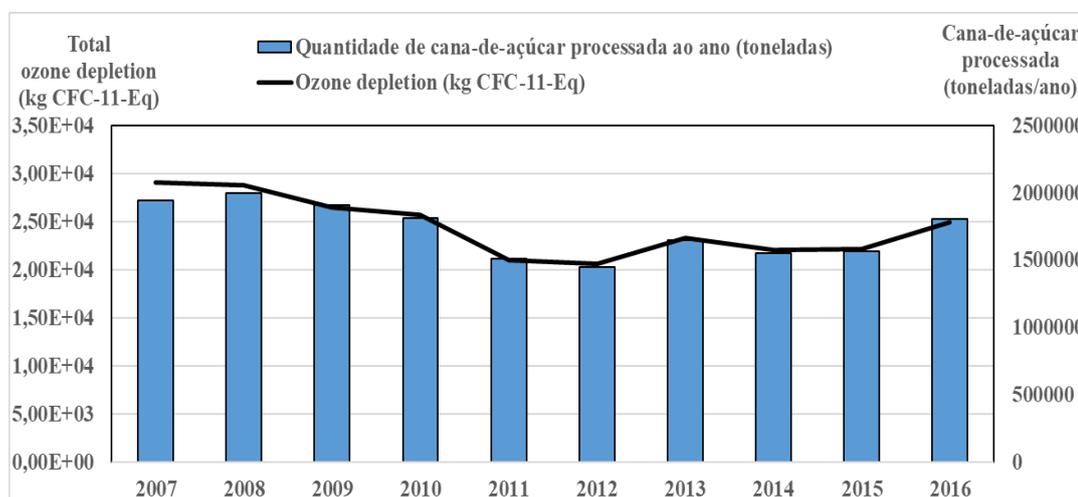
Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 68 na produção de etanol com relação a categoria de impactos na ecotoxicidade humana é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico de 90% na relação de impactos sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 48%, tendo uma leve elevação em 2013 e 2014 chegando a 61% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para estabilizando em 50%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.4.3 Análise Da Contribuição Por ODP depelação da camada de ozônio

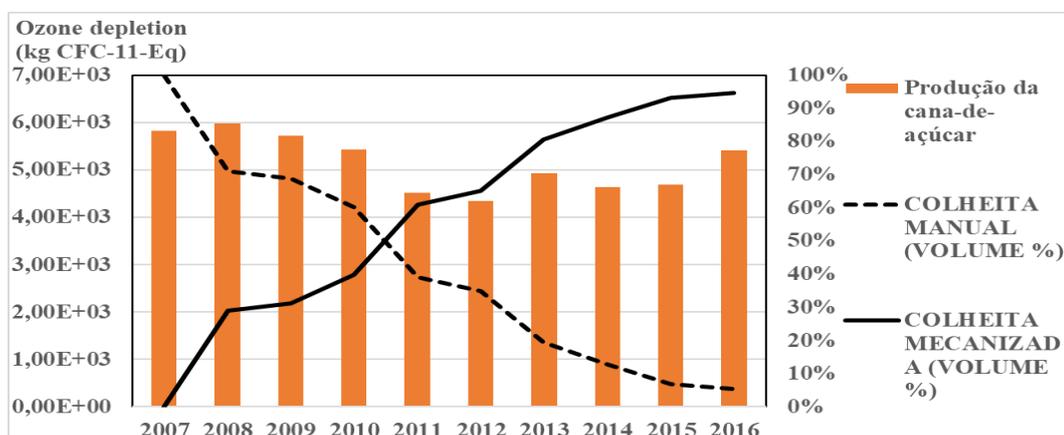
Figura 68 - Variação da categoria de impacto de Cana processada x depelação da camada de ozônio entre 2007 e 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Ao analisarmos a Figura 69, com relação aos impactos produzidos pelas alterações climáticas, observamos que a produção e processamento de cana seguiu a mesma linha estabelecida para os impactos nesta relação seguindo os parâmetros demonstrados na Figura 30 e 31 no período de 2007 a 2010, contribuindo significativamente, porem percebe-se que houve redução nos impactos a contar de 2008 a 2012, tendo uma leve elevação em 2013 novamente caindo em 2014 e 2015 e novamente subindo em 2016 aumentando a contribuição nesta categoria de impacto, porem nota-se que estas evoluíram juntas demonstrando a grande relação nos impactos da ecotoxicidade terrestre..

Figura 69 - Variação da produção de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.

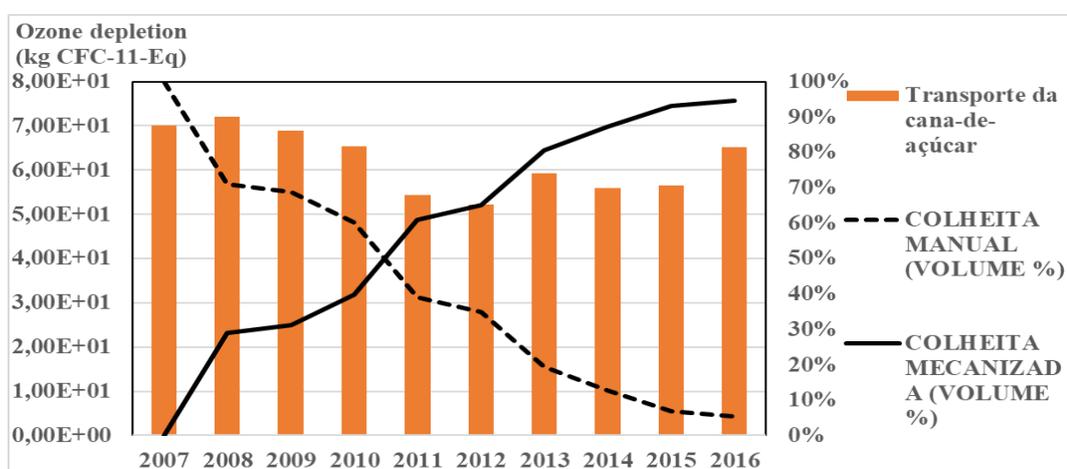


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 70 quanto a produção de cana-de-açúcar, com relação a categoria de impacto para depelação da camada de ozônio é possível observar que a contar de safra de 2009 iniciou-se um declínio saindo de 87% chegando em 2012 a 65%, tendo uma leve retomada em 2013 alcançando 70% reduzindo novamente em 2014 e 2015 abaixo dos 70% e em 2016 voltou a ter alta chegando a 78%, mantendo-se desta forma padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

Figura 70 - Variação do transporte de cana-de-açúcar no período de 2007 a 2016.

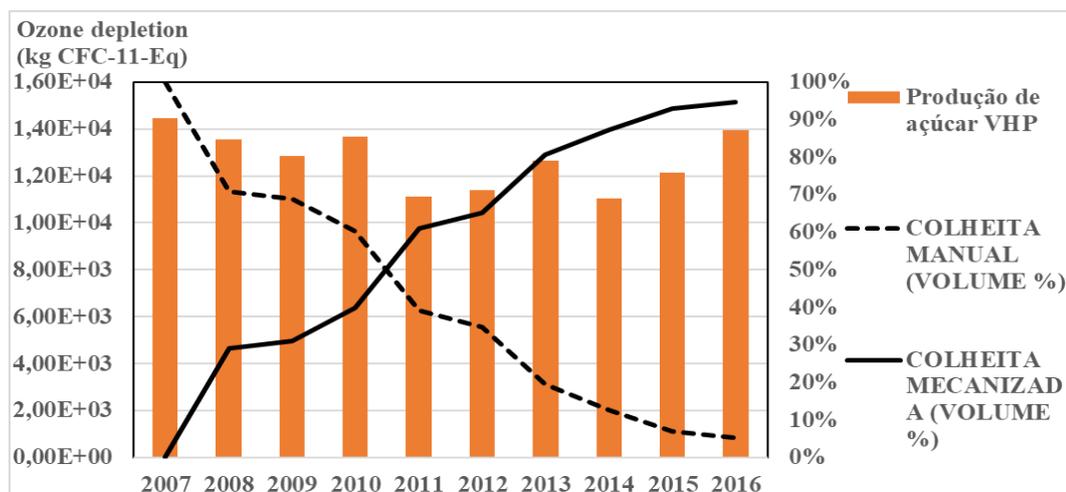


Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 71 observar-se que em 2011 e 2012 o transporte de cana, na categoria de depelação da camada de ozônio, sofreu impacto saindo de 92% em 2008 para 65% em 2012 na relação direta com a produção de impactos ambientais, porem em 2013 teve uma elevação pequena na faixa de 75% com uma breve redução e se estabilizando em 2014 e 2015 na faixa de 70%, porem com a melhor no mercado como referenciado anteriormente em 2016 voltou a ter alta expressiva de 82%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

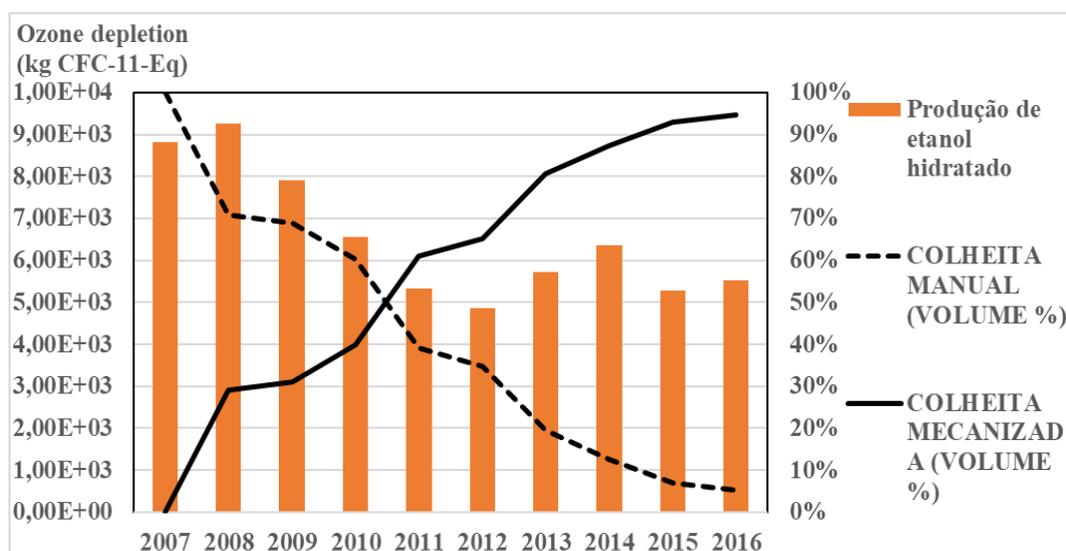
Figura 71 - Variação da produção do açúcar no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

Na Figura 72 para produção de açúcar, quanto a categoria de impactos ambientais relacionados a depleção da cama de ozônio, é possível observar que o grande momento se deu em 2007 com pico de 90% na relação de impactos nesta categoria sofrendo redução em 2008 e 2009, tendo uma melhora em 2010 para 88% e novamente reduzindo em 2011, 2012 e 2014 estabilizado em 70%, porém em 2013 retomou crescimento agindo 80%, na relação direta com a produção de impactos ambientais, porém com a melhora no mercado como referenciado anteriormente em 2015 e 2016 voltou a ter alta expressiva alcançando 88%, mantendo-se desta forma alguns padrões elevados para contribuição nos impactos ambientais

Figura 72 - Variação da produção do etanol no período de 2007 a 2016.



Fonte: O Autor – SimaPro (2018)

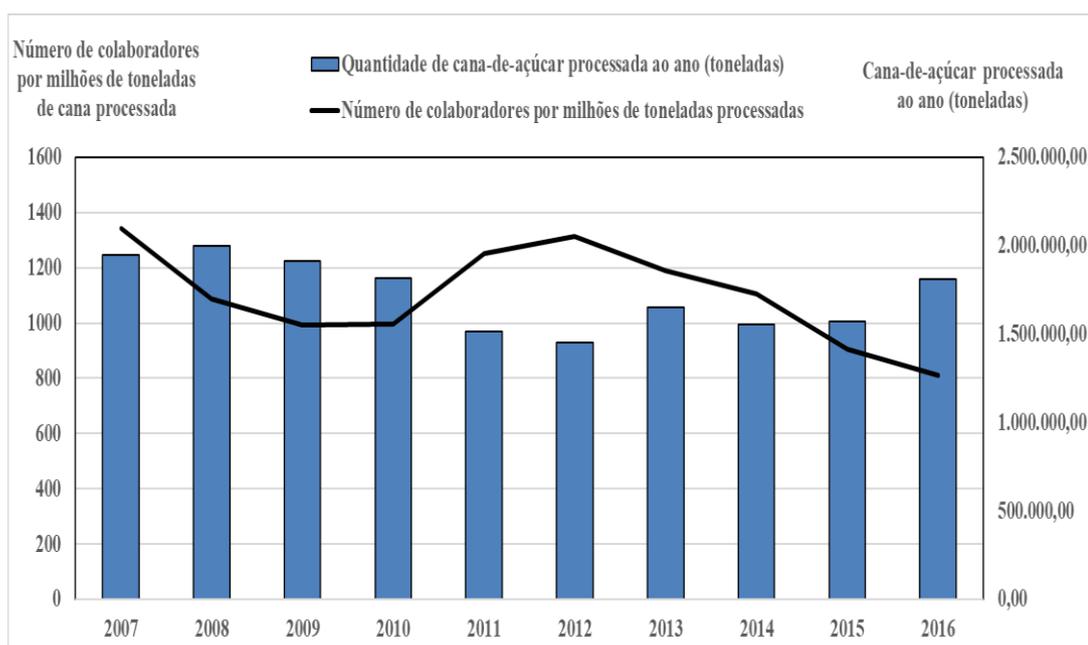
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 73 na produção de etanol com relação a categoria de impactos na depleção da camada de ozônio é possível observar que o grande momento se deu em 2008 com pico de 94% na relação de impactos sofrendo redução consecutiva em 2009 a 2012 chegando a 48%, tendo uma leve elevação em 2013 e 2014 chegando a 63% novamente em 2015 e 2016 reduzindo os impactos para estabilizando em 55%, devido à baixa produção do etanol, assim reduzindo a contribuição do etanol nos impactos ambientais.

### 1.16 ANÁLISE ASCV - AVALIAÇÃO SOCIAL DO CICLO DE VIDA GERAL EMPRESA PERÍODO DE 2007 A 2016.

Não menos importante porem com poucos dados na literatura as ASCV, ainda são pouco difundidas principalmente no Brasil. Os poucos estudos apontam para os aspectos de análise social para produtos e não para o trabalhador, mesmo sabendo que muitos indicadores das ACV's estão associados a mais de uma dimensão, como exemplo, as de emprego e renda, que podem fazer parte da dimensão social e também econômica, assim procurou-se analisar alguns aspectos relevantes no sentido de trabalho em função das produções no decorrer deste período analisado de 2007 a 2016.

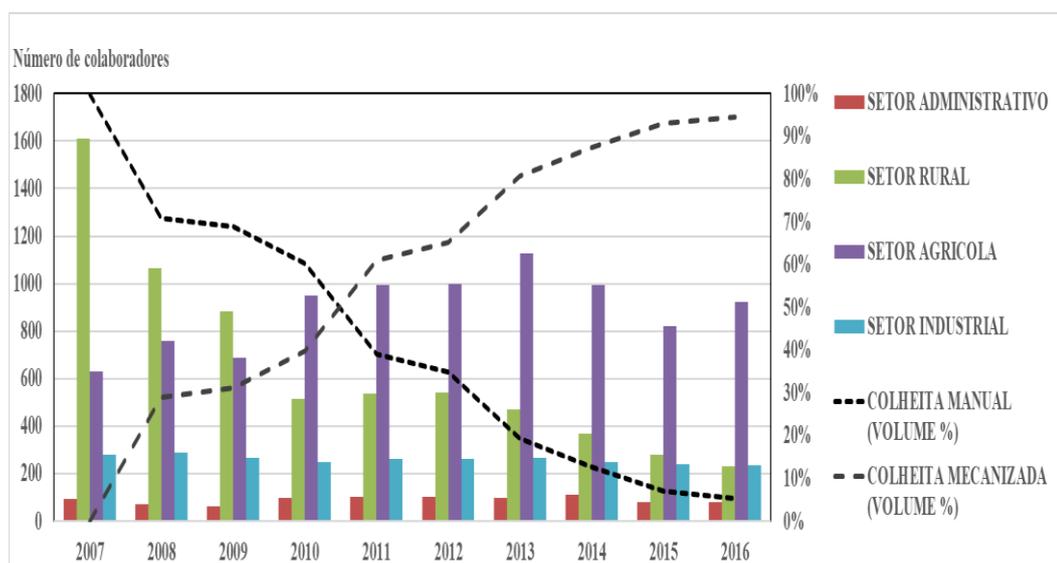
Figura 73 - Inventario quantidade de cana processada relação colaboradores por milhões de toneladas processadas.



Fonte: O Autor (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 74 - Avaliação social quadro de funcionários e relação a colheita mecanizada e colheita manual em volume 2007 a 2016.



Fonte: O Autor (2018).

Ao analisarmos as Figura 74 e 75, observamos alguns momentos de altas e baixas iniciando em 2007 com um volume maior de funcionários em relação ao considerado necessário para o processamento da cana, sofrendo queda de 2008 a 2010, correspondendo a um número relativamente inferior ao necessário para o processamento da cana, sendo que houve um aumento no período de 2011 a 2012 com queda considerável em 2013, 2014, 2015 e 2016, enquanto que os volumes de cana processadas mantiveram-se constantes elevando-se apenas em 2016, alcançando novamente o patamar de 1.810.311 toneladas de cana processada porém com um número de funcionários muito menor, como será apresentado a seguir na análise da Figura 73. Analisando os números apresentados passamos a perceber que justifica-se a redução no número de trabalhadores em função de que o processo de corte de cana manual sofreu redução considerável passando de 100% manual para 95% mecanizado restaram apenas 5% de espaços para colheita manual, o que impactou de forma significativa no número total de trabalhadores 1611 em 2007 para 233 em 2016, uma redução de 85,5% em 10 anos, em consequência desta mecanização houve também uma necessidade de aumentar o quadro de funcionários do setor agrícola para operação das máquinas e novos equipamentos, assim, evoluindo de 628 em 2007 para 922 em 2016 um incremento na casa de 32%, enquanto a indústria sofreu redução de 16% e o administrativo uma redução de 16%, em números gerais percebemos que a produção de cana processada sofreu uma redução de apenas 5,5%, porém o volume de trabalhadores sofreu uma redução de 44%, implicando diretamente nos aspectos sociais gerando o que chamamos de impactos sociais.

## *RESULTADOS E DISCUSSÃO*

Diante do observado nesta análise, verifica-se que nos aspectos econômicos e sociais a importância da Usina Santa Teresinha na geração de emprego, no fornecimento de moradias e meio de transporte aos seus funcionários e dependentes, também na formação profissional de jovens pelo programa do JÁ – jovem aprendiz, o que permite absorver uma parcela destes jovens como mão-de-obra efetiva para a própria usina após o prazo de estágio, incentivo ao esporte através de escolinhas de futebol para os filhos de funcionários e comunidades, incentivo ao meio ambiente com palestras instrutivas e o plantio anual de mudas de árvores nativas em suas propriedades em conjunto com os alunos das escolas municipais e por meio de ações efetivas de proteção ao meio ambiente com departamento especializado para as tratativas, destinando residuais, recipientes, embalagens dos agroquímicos de forma adequada e correta, além de todo o resíduo gerado que após classificação é retirado por empresa credenciada que emite certificação. A usina também se favorece na cogeração de energia na qual aproximadamente 95% da energia gerada é consumida na própria planta utilizando-se do mínimo de energia importada da rede da Copel.

## *CONCLUSÕES*

### *CONCLUSÕES*

Em primeiro momento, verifica-se que os principais impactos estão distribuídos parte na fase agrícola para produção da cana-de-açúcar e parte no transporte da cana a indústria e, na fase industrial para produção do etanol e do açúcar.

Analisadas todas as coletas de dados de produtos da usina nas entradas e saídas dos processos, aplicando a base de dados doecoinvet para mensuração dos resultados através do software SimaPro, foi possível mensurar quais os processos que mais impactam nas categorias de danos ao meio ambiente assim causando problemas também a sociedade.

Analisando os resultados da usina, nota-se que a etapa agrícola é a que mais afeta as categorias de impactos ambientais, ficando fora apenas para categoria de Eutrofização de água doce (FEP), o que representa apenas 5% do total de categorias, sendo muito agressiva em mais de 80% nas categorias de (ALOP, GWP, NLTP, TETP e WDP), além de afetar também as questões sociais, pois o avanço da tecnologia trouxe demissões e redução considerável no número de funcionários da empresa pois mecanização para o plantio e colheita se fizeram necessárias em face até mesmo da legislação que determinou o fim da queima das palha dos canaviais, para reduzir principalmente os impactos nas questões climáticas (GWP) e na depilação da camada de ozônio (ODP).

A segunda etapa que mais contribui para os impactos ambientais é a fase de produção do açúcar, que afeta as categorias (FEP, HTP e ODP), respectivamente por utilizar grande quantidade de água no processo de transformação da cana-de-açúcar em açúcar VHP, também na toxicidade humana, pelo uso de produtos químicos para transformação e por último na agressão a camada de ozônio, pela produção de gases que o afetam.

A produção do etanol tem pouco impacto nesta condição estudada na usina em função do seu mix de produção devido ao mercado nos últimos 10 anos ser mais favorável a produção do açúcar do que ao etanol (80%,20%).

Quanto a fase de transporte, verifica-se que os impactos são mínimos e centralizados nas seguintes categorias (HTP, ODP, PMFP e ULOP), em função do consumo de combustíveis fósseis, do uso de estrada para o transporte.

Em consequência as exigências ambientais estabelecidas pela Lei 11.241 de 2002, que prevê a redução gradativa da queima da palha como preparativo para a colheita manual, a Usina Santa Teresinha em 2016 atingiu o percentual de 95% na colheita mecanizada, porém a exigência legal é que até 2030, mesmo a área não mecanizável deve estar isenta de queimada.

## *CONCLUSÕES*

Analisando o contexto apresentado, verifica-se que a produção do etanol hidratado e do açúcar VHP, com base na cana-de-açúcar é uma atividade que permite um crescimento exponencial dependendo do mercado, tal qual a produção do açúcar para mercado externo ou interno.

O etanol por sua vez é um biocombustível que permite um amplo mercado interno e externo. Sua estrutura mercadológica favorece a geração de emprego e o crescimento regional.

Porém observando sua fase de produção por meio de uma Análise do Ciclo de Vida verifica-se que em todas suas fases utilizam-se de recursos não renováveis, além de que seus resíduos como o dióxido de carbono no processo de fermentação e a vinhaça agridem o meio ambiente, portanto embora haja um incentivo governamental para o seu uso, o etanol bem como a produção do açúcar e em fim a produção da cana-de-açúcar, necessita de uma otimização em todos os seus processos que envolvam sua produção direta ou indiretamente, para que seja garantida a sustentabilidade do negócio e os impactos tantos sociais como econômico e ambientais sejam mitigados.

## APENDICE

### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2012) **Manual de conservação e reúso da água na agroindústria sucroenergética**. Brasília: Agência Nacional das Águas – FIESPÚNICACTC. Disponível em: <[www.fiesp.com.br/ambiente/downloads/publicaguab.pdf](http://www.fiesp.com.br/ambiente/downloads/publicaguab.pdf)>. Acesso em julho, 2016.

AGUDELO, J. B., et al. **Life Cycle Assessment for bioethanol produced from cassava in Colombia**. : Evaluación del ciclo de vida del bioetanol producido a partir de la yuca en Colombia. Producción Más Limpia. 6, 2, 69-77, July 2011. ISSN: 19090455.

AGUILAR, Rivera et al. **Análisis de la capacidad de diversificación de zonas productoras de caña de azúcar por metodologías emergy, análisis de ciclo de vida y evaluación multicriterio**. Centro Azúcar. 41, 65-81, Jan. 2014. ISSN: 02535777.

ANTUNES e Col. **Impactos ambientais das queimadas de cana-de-açúcar**. Artigo, 2011. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/busca/queimadas>. Acesso em julho, 2016

ANP. **Dados estatísticos produção de etanol anidro e hidratado por unidade da Federação - 2012-2018 (M3)**. Acesso em julho, 2016. Disponível em: [www.anp.gov.br/images/dados\\_estatisticos/producao\\_etanol/Producao-de-Etanol-m3.xls](http://www.anp.gov.br/images/dados_estatisticos/producao_etanol/Producao-de-Etanol-m3.xls)

ASIS, S et al. **Mejoramiento de las condiciones medio ambientales de la vivienda social de Mar del Plata a partir de la implementación de metodologías de ACV**. 16, 91-116, Jan. 2014. ISSN: 18501117.

BIODIESEL DATA. In: **Proálcool – Programa Brasileiro do Etanol**, Janeiro, 2006. Disponível em: [http://www.biodieselbr.com/Proálcool hidratado/pro-etanol hidratado/programa-etanol.htm](http://www.biodieselbr.com/Proálcool%20hidratado/pro-etanol%20hidratado/programa-etanol.htm). Acesso em julho, 2016.

CAFEICULTURA. A revista do agronegócio café. In: **O café no Paraná**, dezembro, 2005. Disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?mat=3405>. Acesso em julho, 2016.

CANA-DE-AÇÚCAR, Ministério da Agricultura. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar/saiba-mais>. Acesso em julho, 2016.

CANAONLINE. **Brasil – Líder mundial na produção de cana e tecnologia sucroenergética**, janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.canaonline.com.br/conteudo/brasil-lider-mundial-na-producao-de-cana-e-tecnologia-sucroenergetica.html>. Acesso em julho, 2016.

CLAUDINO, Edilson; TALAMINI, Edson. **Análise do Ciclo De Vida (ACV) Aplicada Ao Agronegócio – Uma revisão de literatura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, 2012.

CONAB. **Perfil do setor do açúcar e do etanol no Brasil /Companhia Nacional de Abastecimento**. – V. 1(2017- ) – Brasília: Conab, 2017-

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL CANA-DE-AÇÚCAR: **orientações para o setor canavieiro**. Ambiental, fundiário e contratos / Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil; Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: CNA/ SENAR, 2007. 44 p.: il. -- (Coletânea Estudos Gleba).

CUNHA, Marcelo Pereira da; LEAL, Manoel Regis Lima Verde. **Sustentabilidade da bioenergia da cana-de-açúcar**. Parcerias Estratégicas, v. 17, n. 35, p. 15-28, 2013.

## REFERENCIAS

- DURAN. **Prazos e percentuais para eliminação da queima da cana-de-açúcar no Paraná.** Revista Eletrônica Ambiente Duran. Disponível em: <http://www.ambienteduranduran.eng.br/prazos-e-percentuais-para-eliminacao-da-queima-da-cana-de-acucar-no-parana>. Acesso em julho, 2016.
- FIPA. Federação Das Indústrias Portuguesas Agroalimentares. **Boletim informativo da Federação das Indústrias Portuguesas Agroalimentares.** Disponível em: <http://www.fipa.pt/pdf/fipaflash95.pdf>. Acesso em julho, 2016.
- GALVÃO, A.Q., et al. **Plano da bacia do Rio Mogi Guaçu.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: [http://200.144.189.97/phd/LeArq.aspx?id\\_arq=5059](http://200.144.189.97/phd/LeArq.aspx?id_arq=5059) Acesso em julho, 2016.
- GIL, MP; et al. **Modelación del inventario Del Ciclo De Vida En La Empresa Azucarera Heriberto Duquesne.** Centro Azúcar. 38, 2, 62-73, Apr. 2011. ISSN: 02535777.
- JORGENSEN, A., et al. **M. Methodologies for Social Life Cycle Assessment.** International Journal of Life Cycle Assessment. v.13, n.2, p. 96-103, 2008.
- LINARES MENES, Y., et al., **Análise de ciclo de vida e análise de perigos e pontos críticos de controle para o produto de massas alimentícias.** 2016, vol.43, n.4, pp. 16-26. ISSN 2223-4861. Disponível em: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612016000400002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000400002). Acesso em julho, 2016
- MARINGÁ. Prefeitura Municipal. **Histórico do Município.** O Diário, 2015. Acesso em julho, 2016. Disponível em <http://www2.maringa.pr.gov.br/turismo/?cod=nossa-cidade/2>
- MARTÍNEZ, DP; MOYA, AC; PÉREZ, F. **Análisis De Ciclo De Vida En La Empresa Panchito Gómez Toro.** Centro Azúcar. 37, 3, 18-26, July 2010. ISSN: 02535777.
- MONREAL, Daniela Aparecida Cassula et al. **Estratégias Ambientais No Setor Sucroenergético: As Ações Sustentáveis Como Medidas Para Melhoria Do Desempenho—Estudo De Caso.** VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015
- MME - Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2017: Ano base 2016 / Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2017.** 292 p.: 182 il.; 23 cm. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf). Acesso em julho, 2016
- OLIVEIRA, M.W.; FREIRE, F.M.; MACEDO, G.A.R.; FERREIRA, J.J. **Nutrição mineral e adubação da cana de açúcar. Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.28, n.239, pp.30- 43, jul./ago. 2007.
- OMETTO, A. R. **Avaliação do Ciclo de Vida do Etanol Etílico Combustível pelos Métodos EDIP, Exergia e Emergia.** Tese (Doutorado) - Engenharia (Hidráulica e Saneamento). São Carlos: Universidade de São Paulo, 2005.
- PELLEGRINI, Luiz Felipe. **Análise e otimização termo-econômica-ambiental aplicada à produção combinada de açúcar, etanol e eletricidade.** 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica de Energia de Fluidos) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/T.3.2008.tde-14052009-180026. Acesso em julho, 2016.
- REBELATO, Marcelo Giroto; MADELENO, Leonardo Lucas; RODRIGUES, Andréia Marize. **Análise do desempenho ambiental das usinas sucroenergéticas localizadas na bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.** Eng Sanit Ambient | v.21 n.3 | jul/set 2016 | 579-591. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n3/1809-4457-esa-21-03-00579.pdf>. Acesso em julho, 2016.
- ROJAS, Silvia Palma. **Contribuição do enfoque de ciclo de vida da ecologia industrial na economia do meio ambiente: estudo de caso: etanol derivado de bagaço da cana-de-açúcar.** 2012. 174 f., il. Tese (Doutorado em Economia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

## REFERENCIAS

- SÃO PAULO - Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em julho, 2016.
- SANTOS, Fernando e Aloízio Borém e Celson Caldas, **Cana-de-Açúcar - Bioenergia, Açúcar e Etanol - 2ª edição**, Editora (s): Produção Independente, 2011, 637pg
- SILVA. Sidinei Silvério. **Desenho da metodologia da avaliação do ciclo de vida (acv) do etanol combustível pelo método cml 2000 com SimaPro**. IX ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO. Outubro de 2011. Brasília - DF – Brasil
- SILVA. Sidinei Silvério. **Avaliação do ciclo de vida do etanol combustível: uma análise econômica, social e ambiental**. Outubro de 2012. Londrina, p. 131, Brasil.
- SILVA. Marcelo Weihmayr. **Avaliação do ciclo de vida do etanol na utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima: um enfoque ambiental e econômico**. P 83, Maringá, 2015.
- STORANI, D. L. & PEREZ FILHO, A. **Unidades geosistêmicas na Bacia Hidrográfica do rio Mogi Guaçu/SP**. In: 13º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais. Viçosa: UFV. UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. (2012) Produção brasileira de açúcar e de etanol. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em julho, 2016.
- STARK, F; et al. **Metodologías para la evaluación de sistemas agropecuarios**. Parte I. Generalidades. Análisis del ciclo de vida (ACV) y de las redes ecológicas (ENA). : Methodologies for evaluating farming systems. Part I. Generalities. Life cycle analysis (LCA) and ecological network analysis (ENA). Pastos y Forrajes. 39, 1, 3-13, Jan. 2016. ISSN: 08640394
- UDOP. União dos produtores de Bioenergia. In: **A história da cana-de-açúcar - da antiguidade aos dias atuais**, fevereiro, 2016. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>. Acesso em julho, 2016.
- UDOP. União dos produtores de Bioenergia. In: IBGE: **Mecanização e proibição de queimadas levarão à queda na produção de cana em 2016**, fevereiro, 2016. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1133271>. Acesso em julho, 2016
- UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo: **A Energia da Cana-de-Açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade / Isaias de Carvalho Macedo organizador; apresentação Eduardo Pereira de Carvalho**. -- São Paulo: Berlendis & Vertecchia: 2005.
- VALENCIA BOTERO, M.J., Et al. **Evaluación ambiental para procesos que usan residuos de la industria de los biocombustibles como materias primas**. : Environmental Assessment Of Processes Using Biofuels Byproducts Like Feedstock. Revista EIA. 19, 103-110, June 2013. ISSN: 17941237.
- VILELA, F. S. et al. **Avaliação de custos de ciclo de vida ao longo da cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar no Brasil**. Anais (pp. 84 - 89). Maringá: III Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida de Produtos e Serviços.
- WILLERS, Camila Daniele et al. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais**, p. 12, 2011.
- ZAMAGNI, Alessandra et al. **Social life cycle assessment: methodologies and practice. Sustainability assessment of renewables-based products: Methods and case studies**, p. 229-240, 2015.

## REFERENCIAS

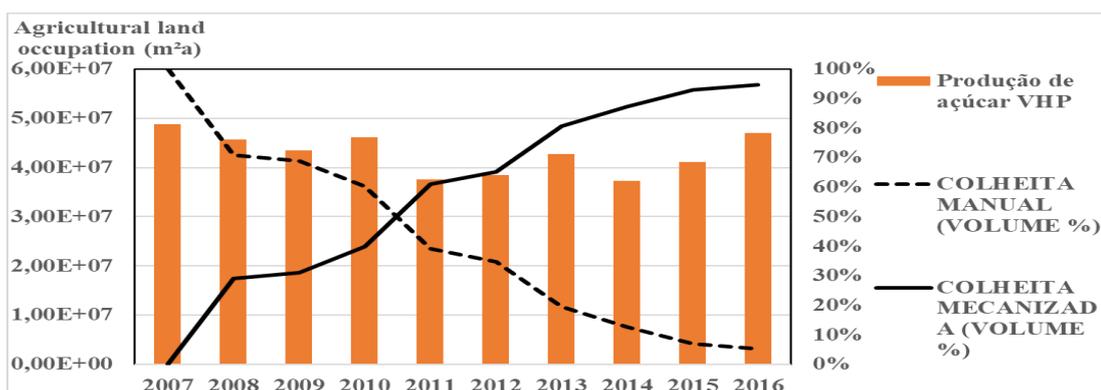
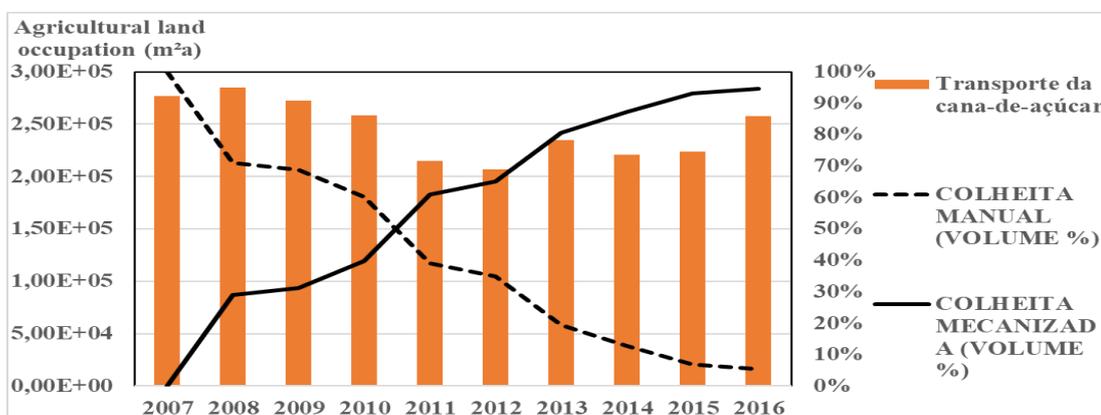
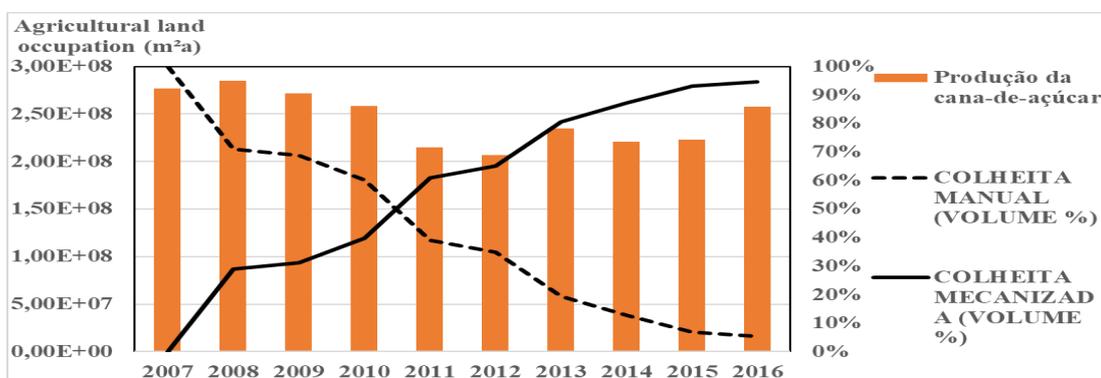
ZAPPAROLI, Irene Domenes; DA SILVA, Sidinei Silvério. **Análise Ambiental Do Ciclo De Vida Do Etanol Combustível**. Economia & Região, v. 5, n. 2, p. 129-155.

## APENDICE

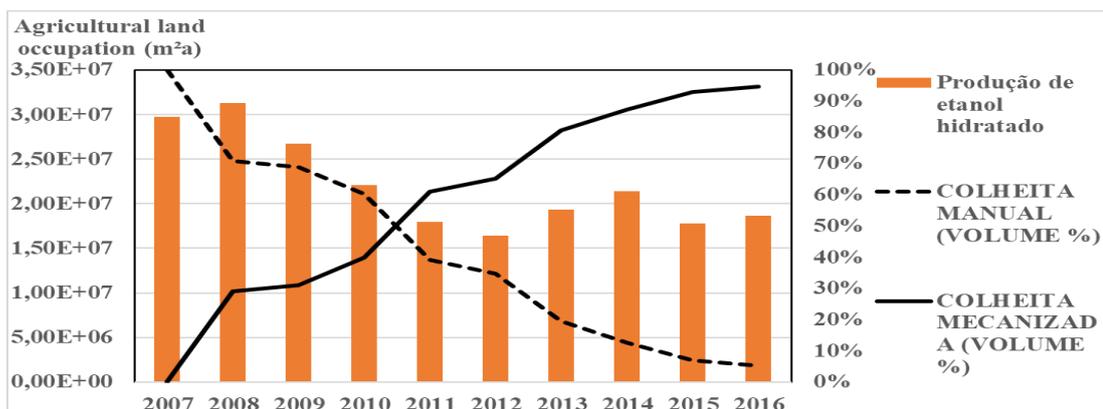
### APÊNDICE

Avaliação de impactos ambientais em cada categoria entre os anos de 2007 e 2016. Este apêndice contém os gráficos que mostram a evolução das demais categorias de impacto que não foram discutidas como parâmetro para avaliação dos indicadores nas fases estudadas (agrícola e de produção do açúcar), porém, anexadas ao trabalho a fim de servir de suporte na avaliação de ciclo de vida em outras pesquisas que venham a abordar a indústria de açúcar e etanol como objeto de estudo.

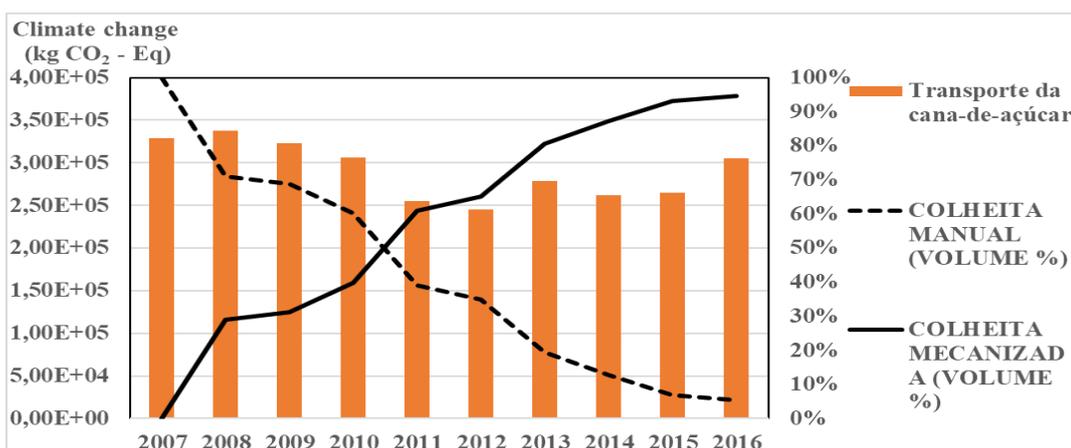
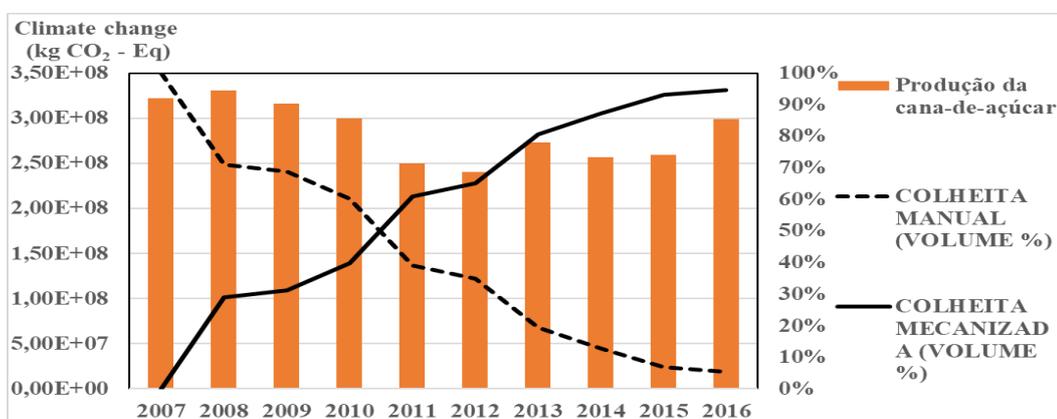
#### Apêndice A - Análise de Contribuição por ALOP – Terras agrícolas ocupadas



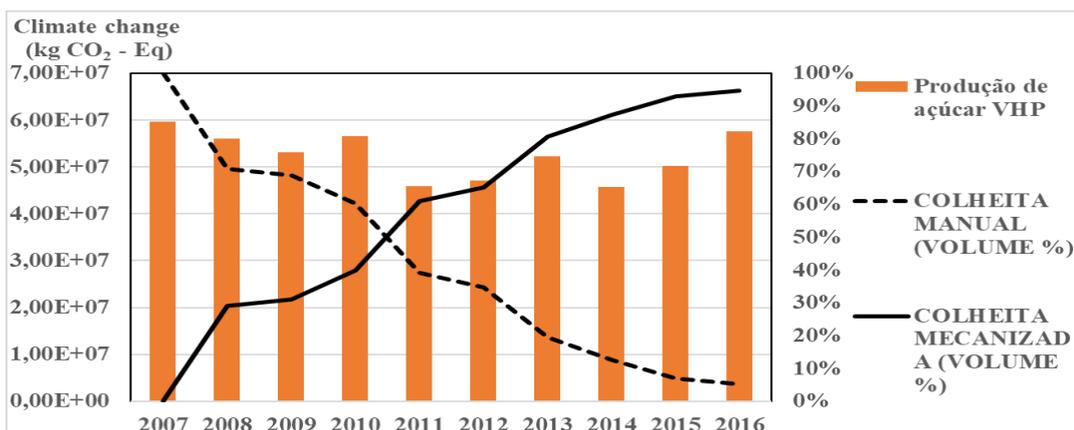
## APENDICE



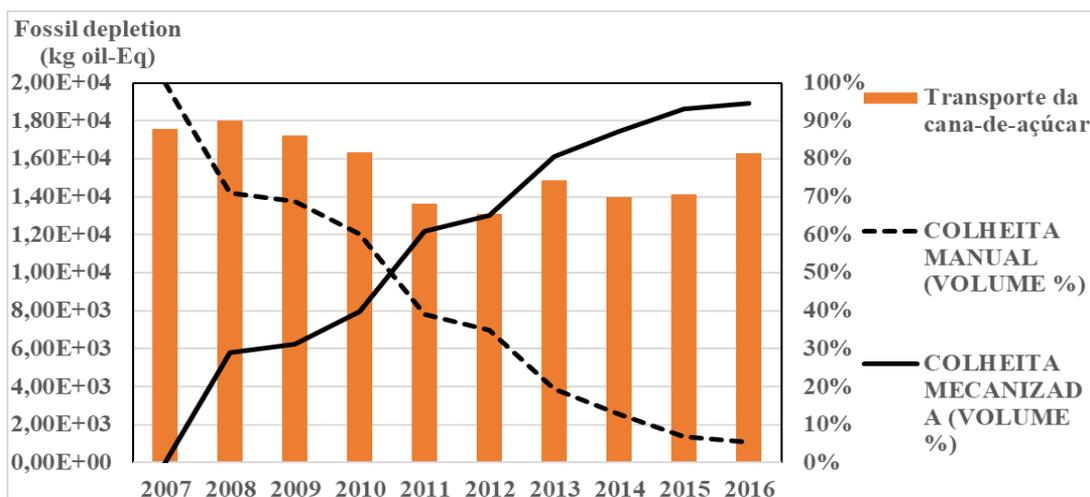
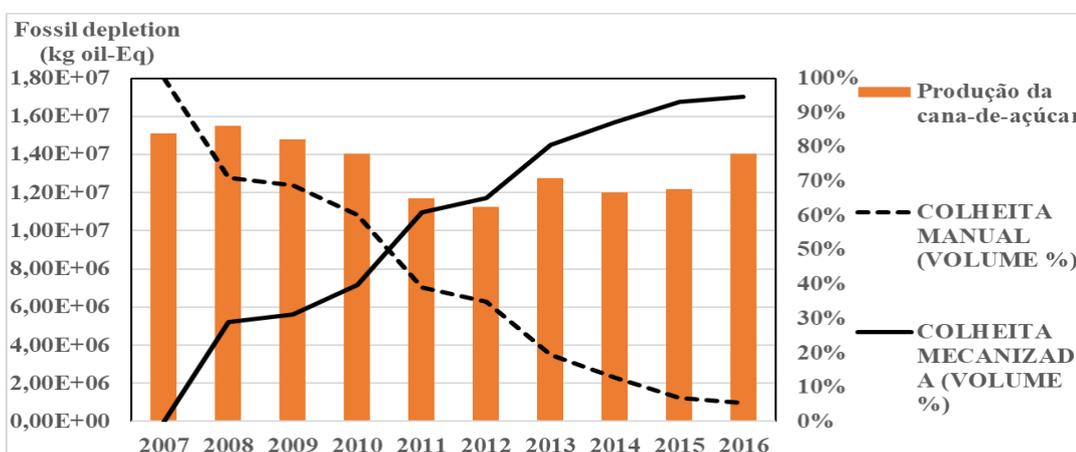
### Apêndice B - Análise da Contribuição GWP-Alterações Climáticas



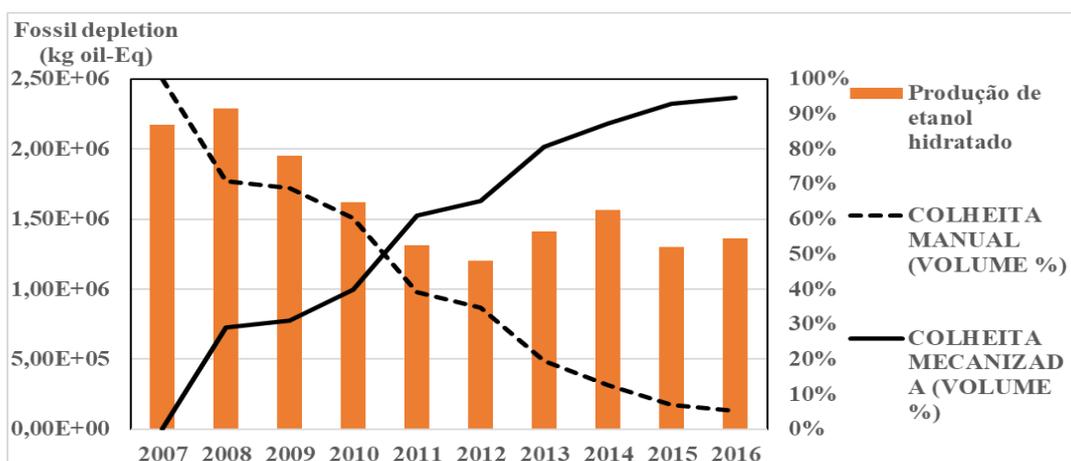
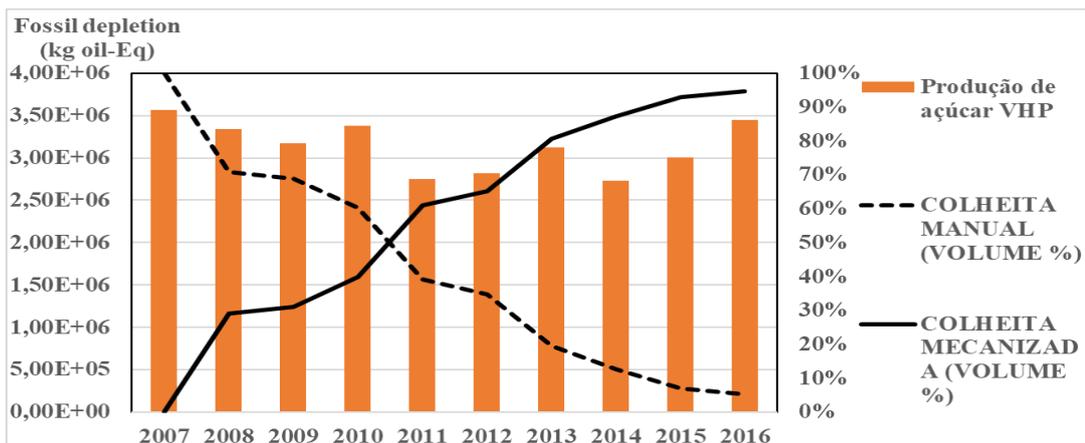
## APENDICE



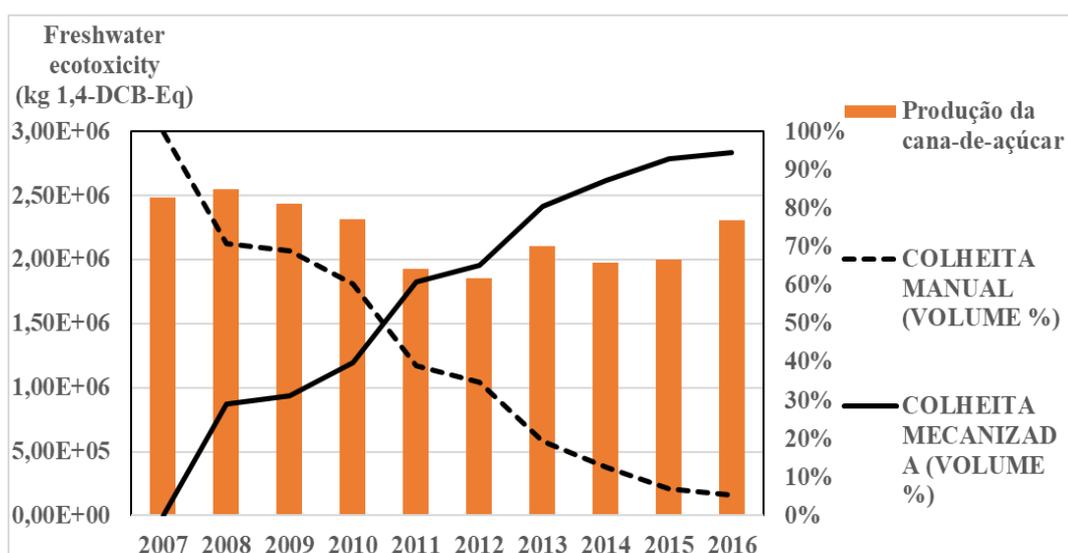
### Apêndice C - Análise da Contribuição FDP – Consumo de combustíveis fósseis



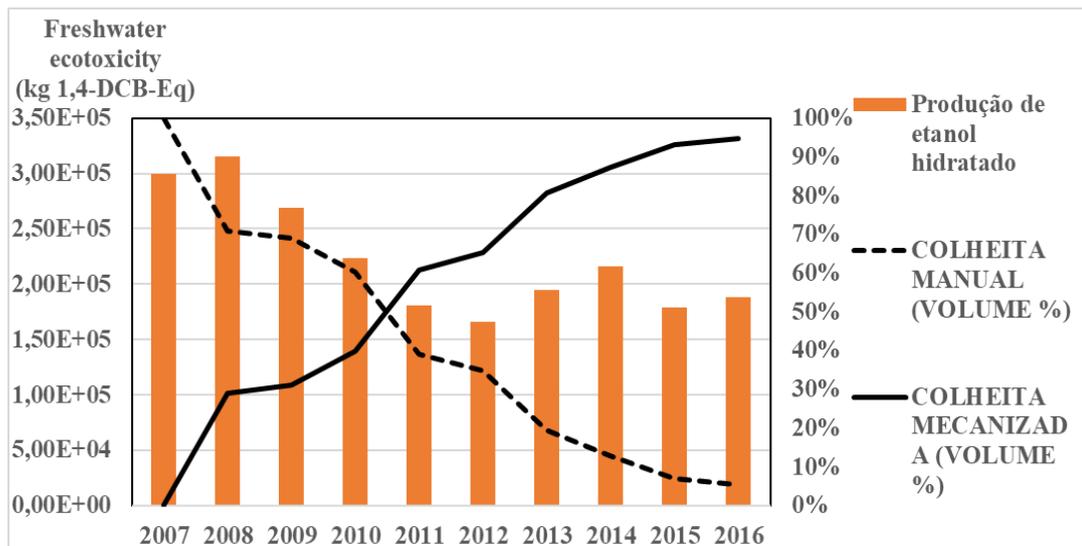
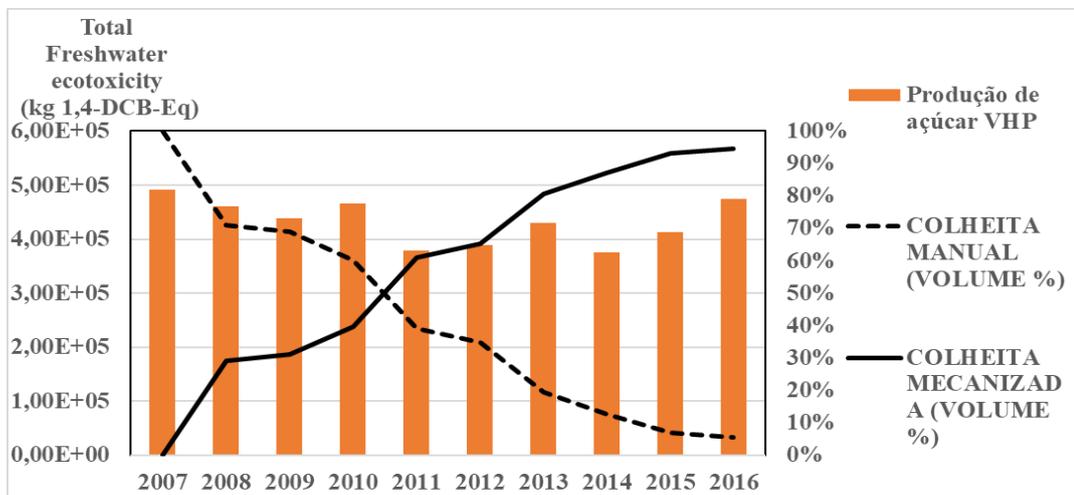
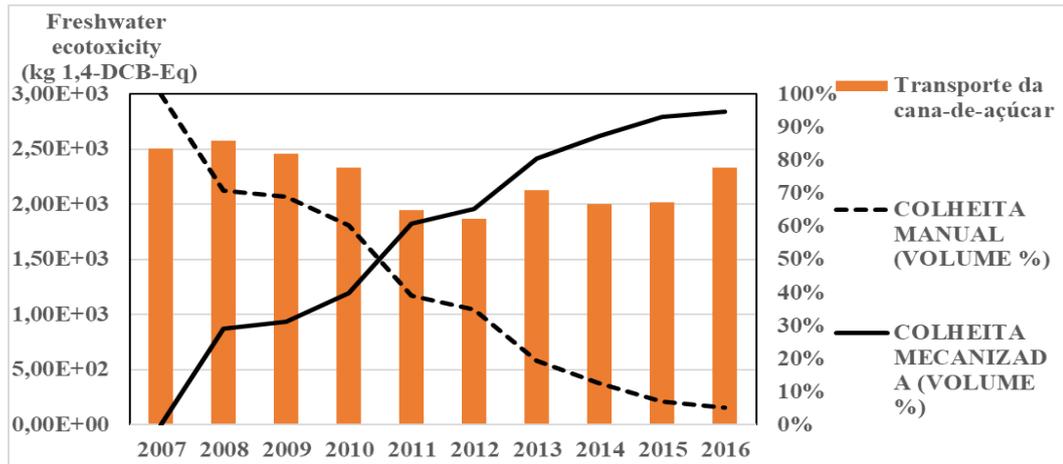
## APENDICE



### Apêndice D - Análise da Contribuição por FETP - Eco toxicidade de água doce

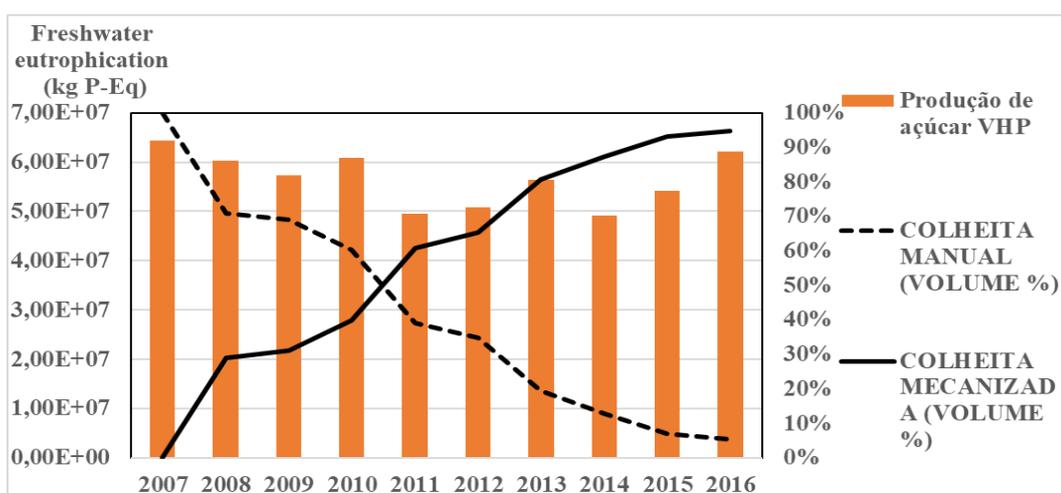
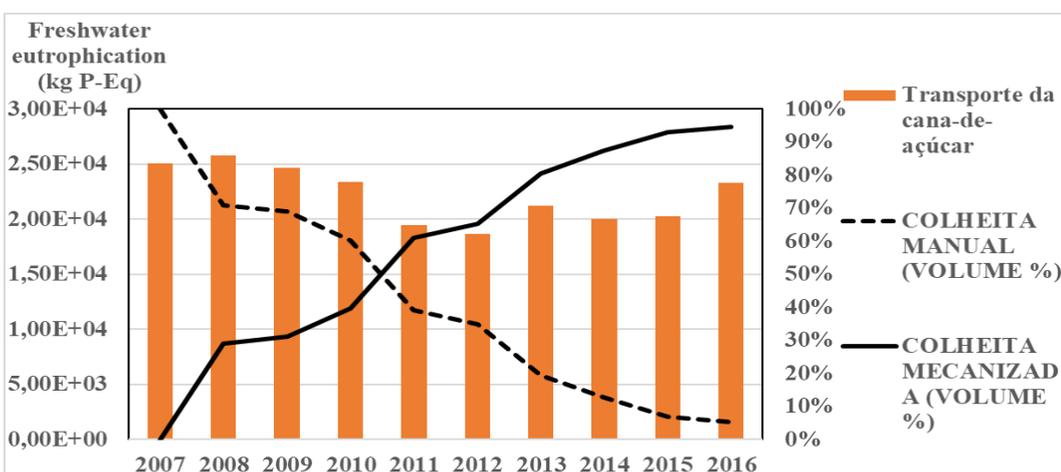
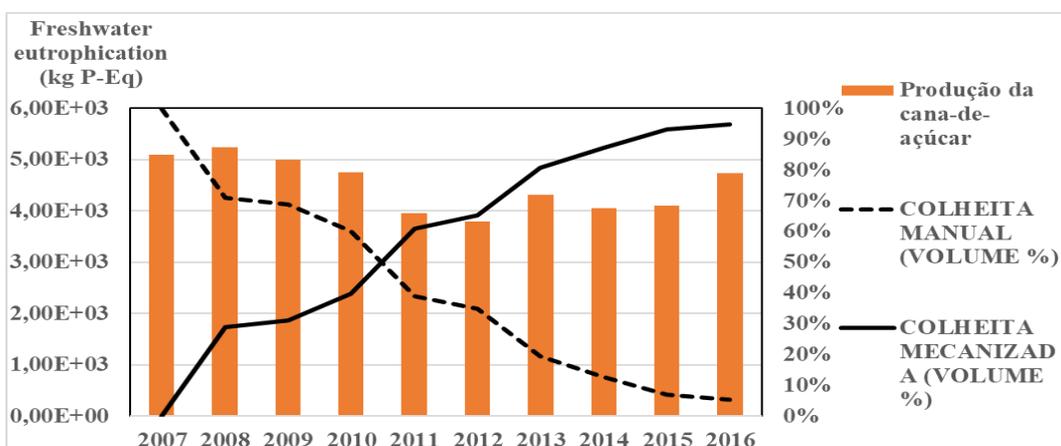


APENDICE

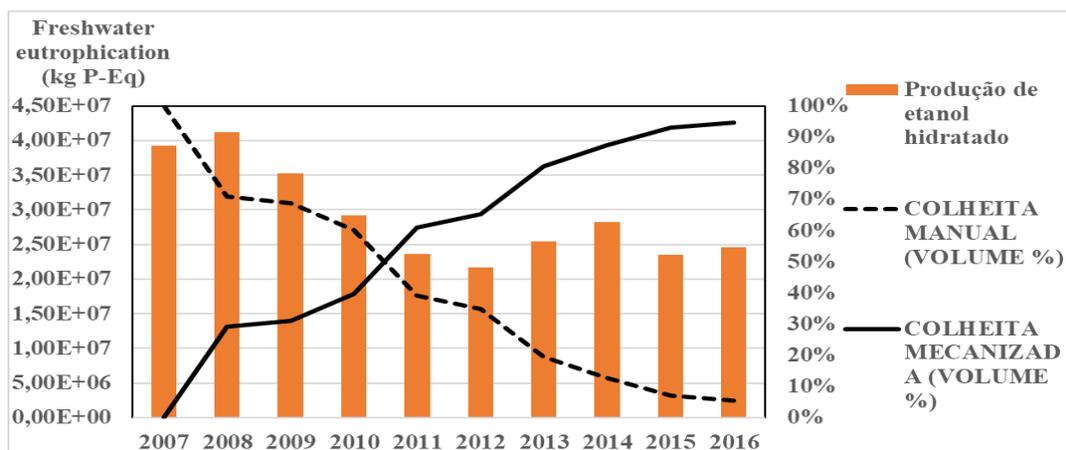


## APENDICE

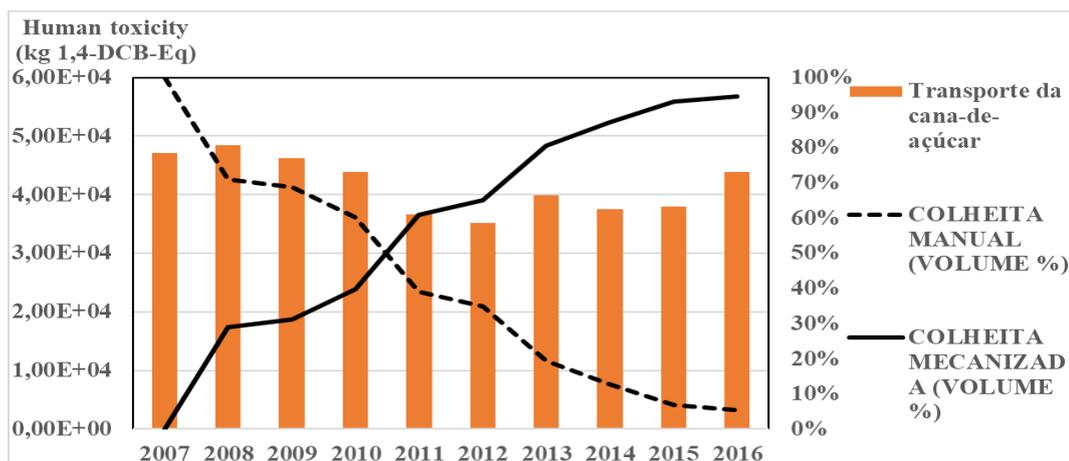
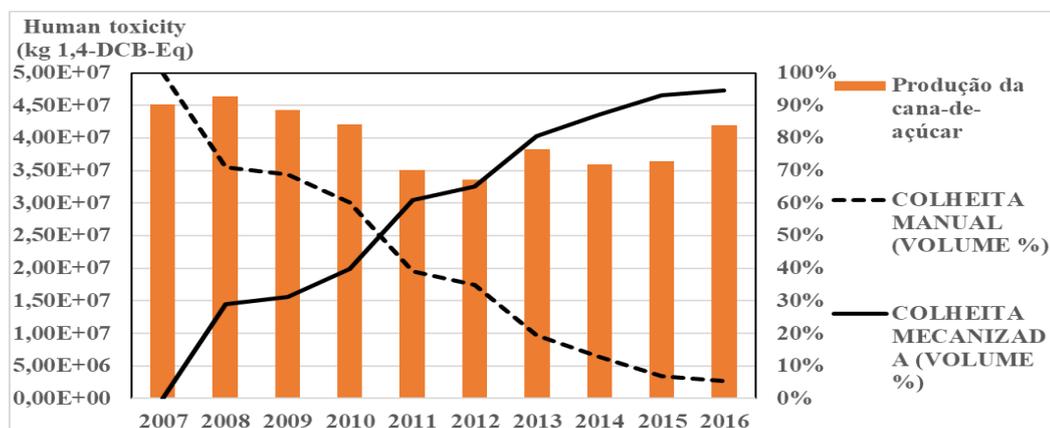
## Apêndice E - Análise Da Contribuição Por FEP - Eutrofização de água doce



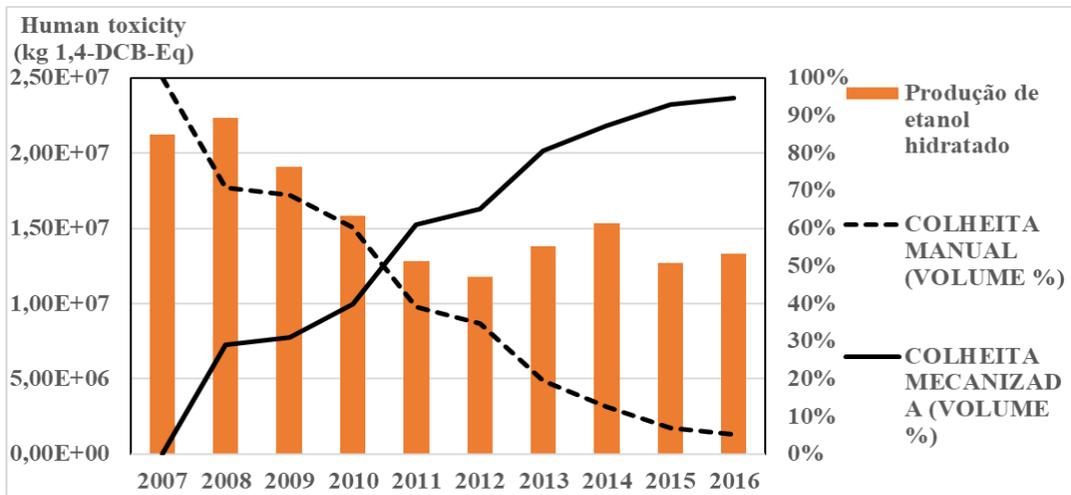
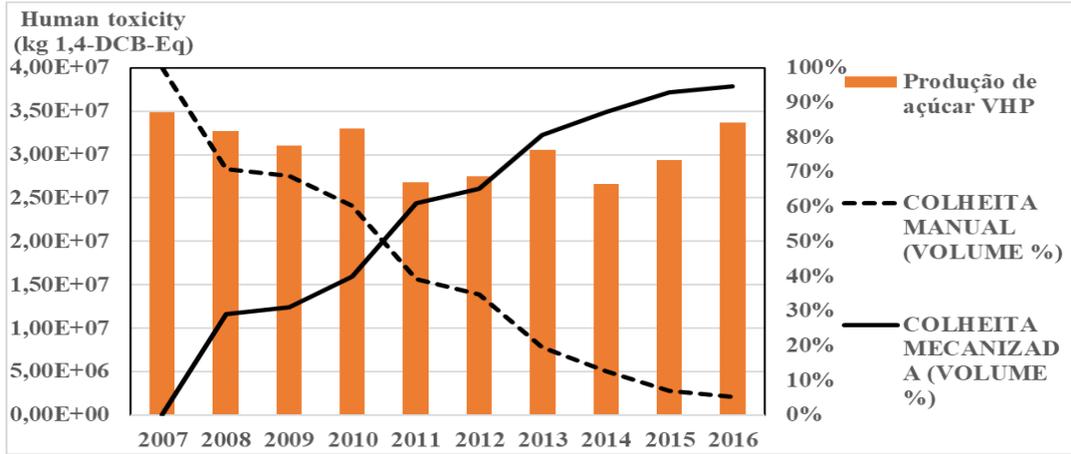
## APENDICE



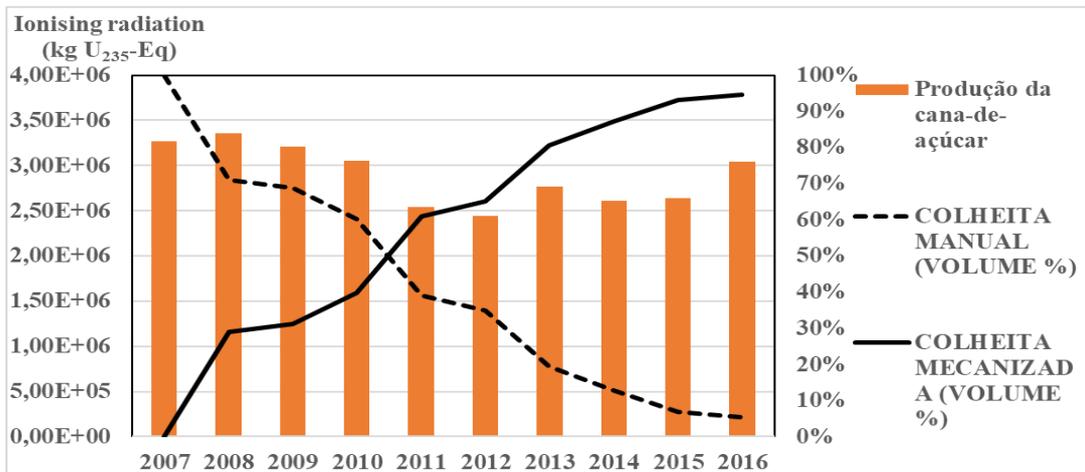
### Apêndice F - Análise Da Contribuição Por HTP - Toxicidade humana



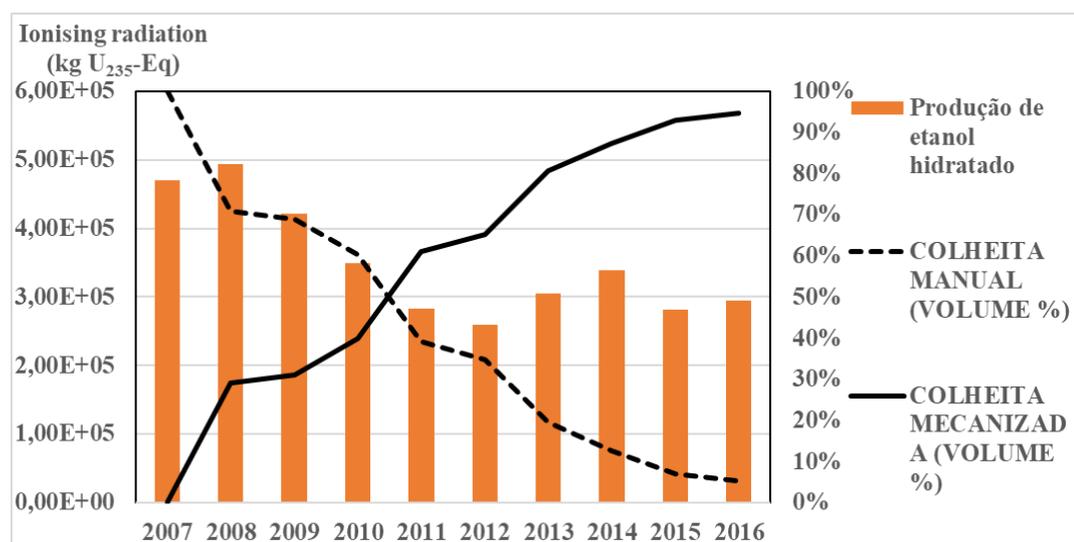
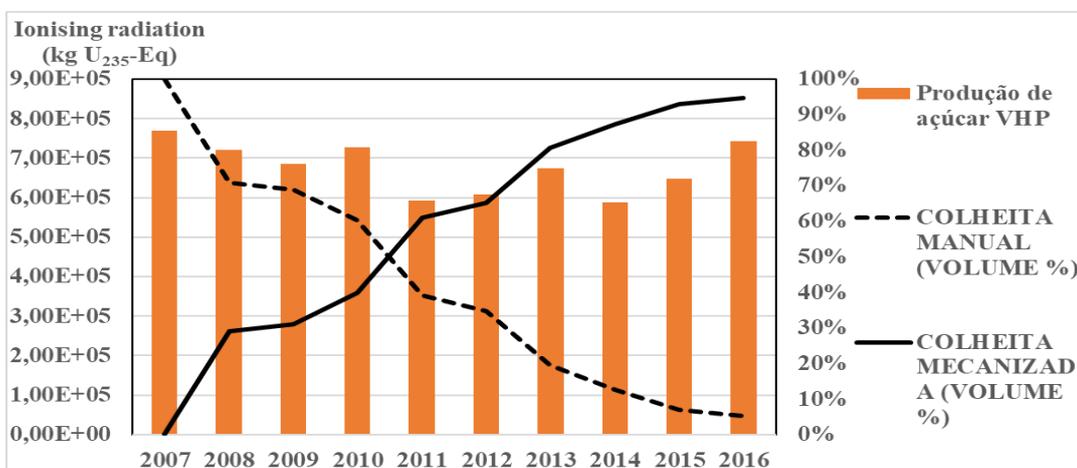
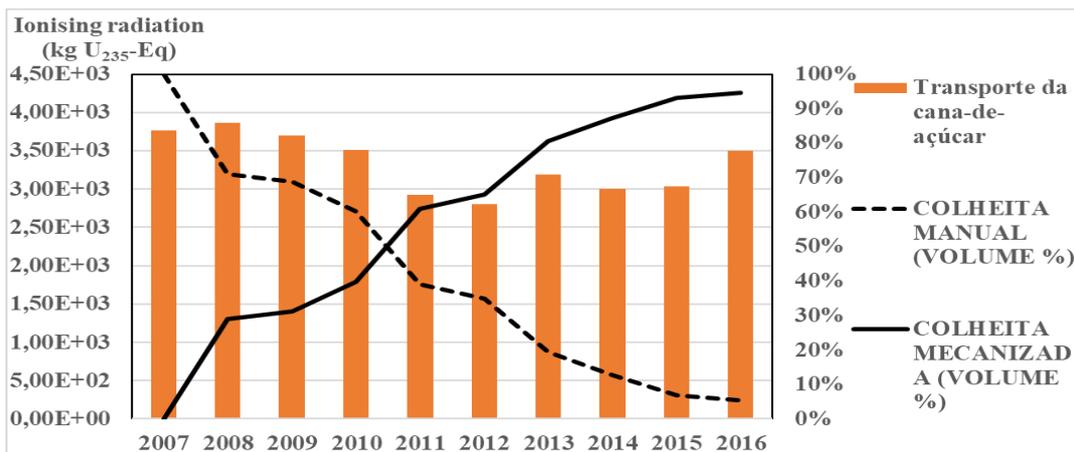
APENDICE



**Apêndice G - Análise Da Contribuição Por IRP Radiação ionizante**

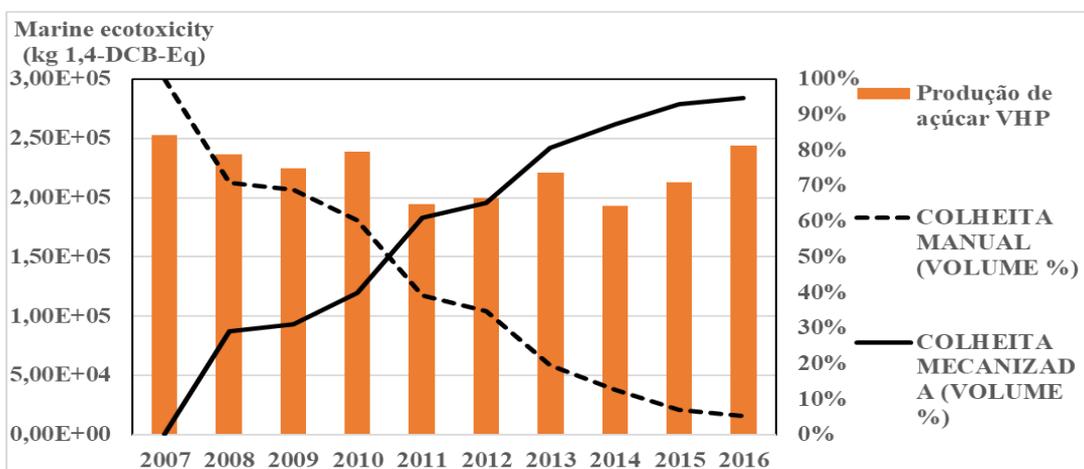
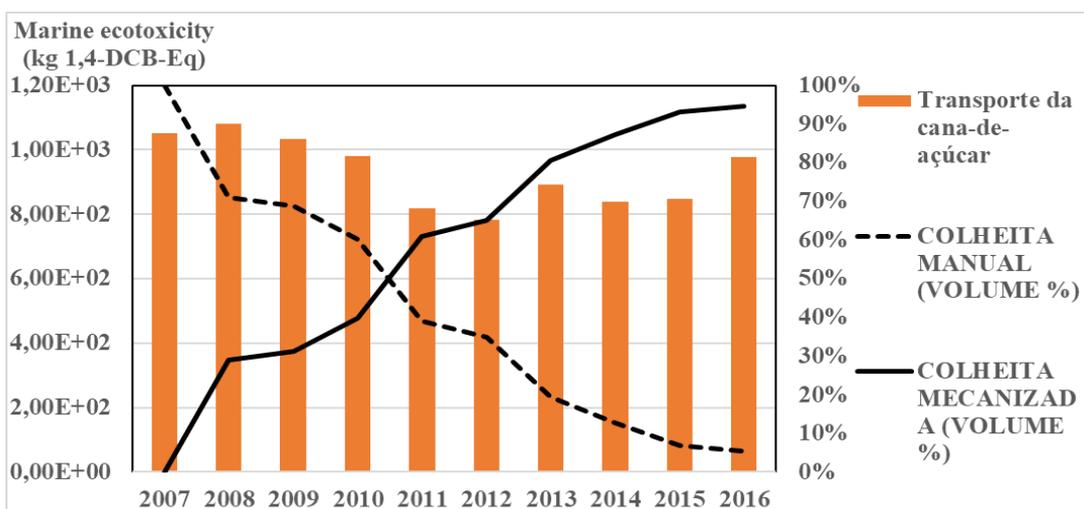
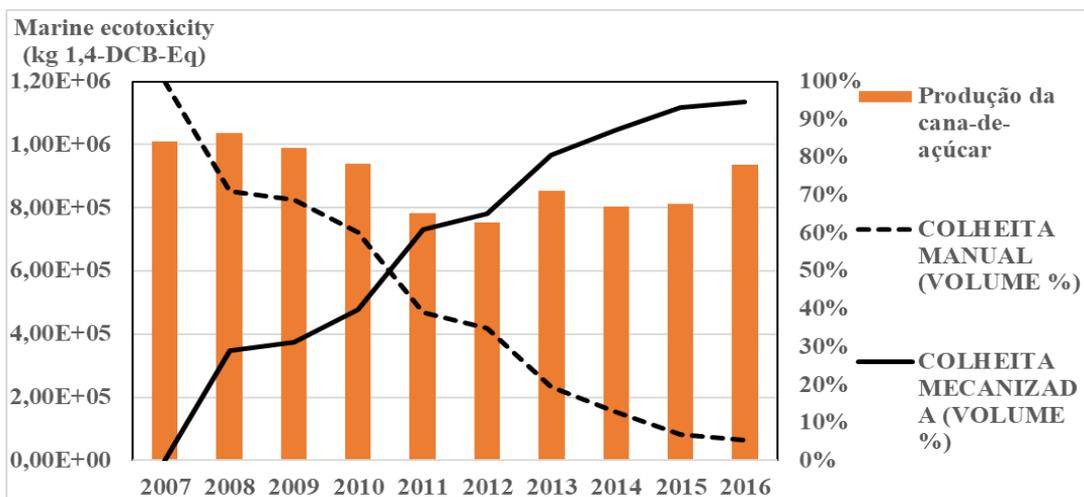


## APENDICE

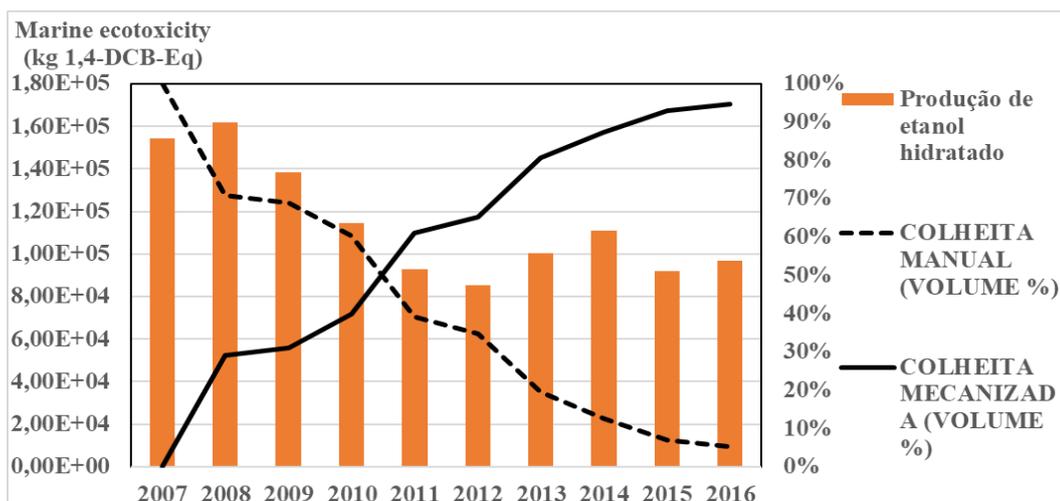


## APENDICE

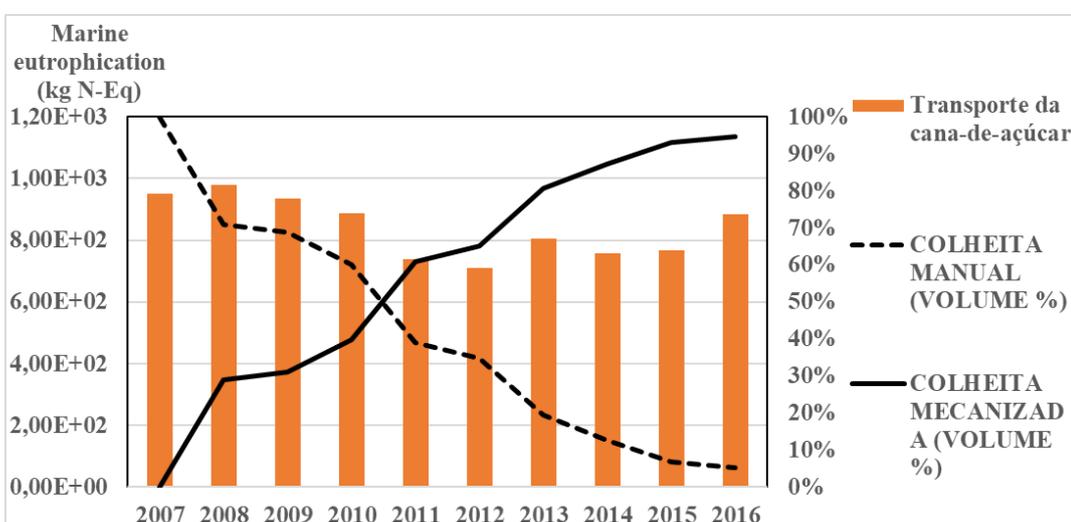
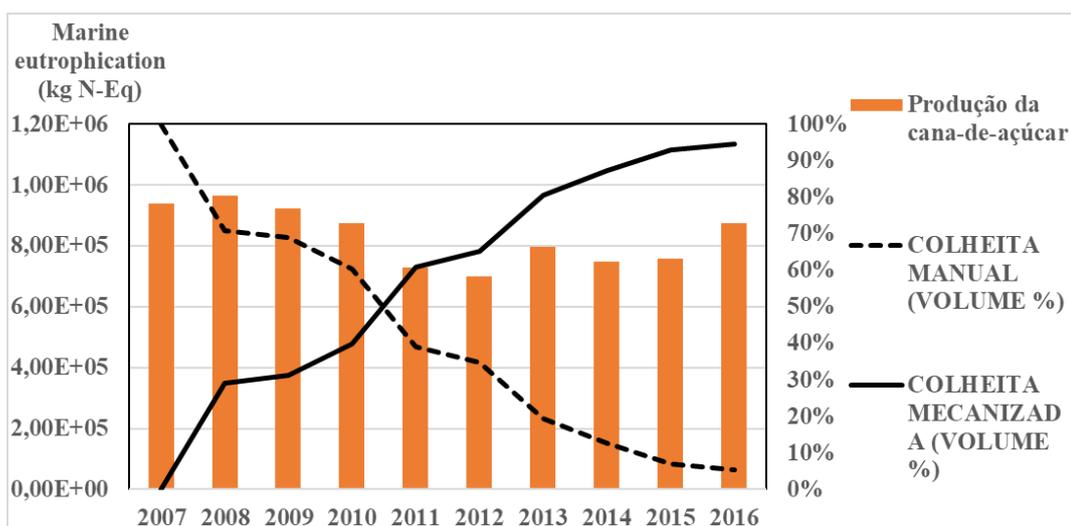
## Apêndice H - Análise Da Contribuição Por METP - Eco toxicidade marinha



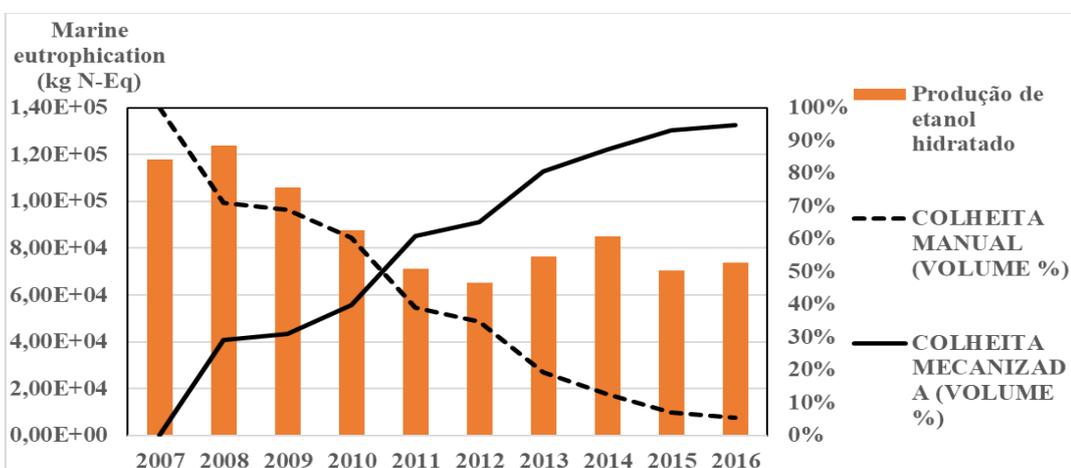
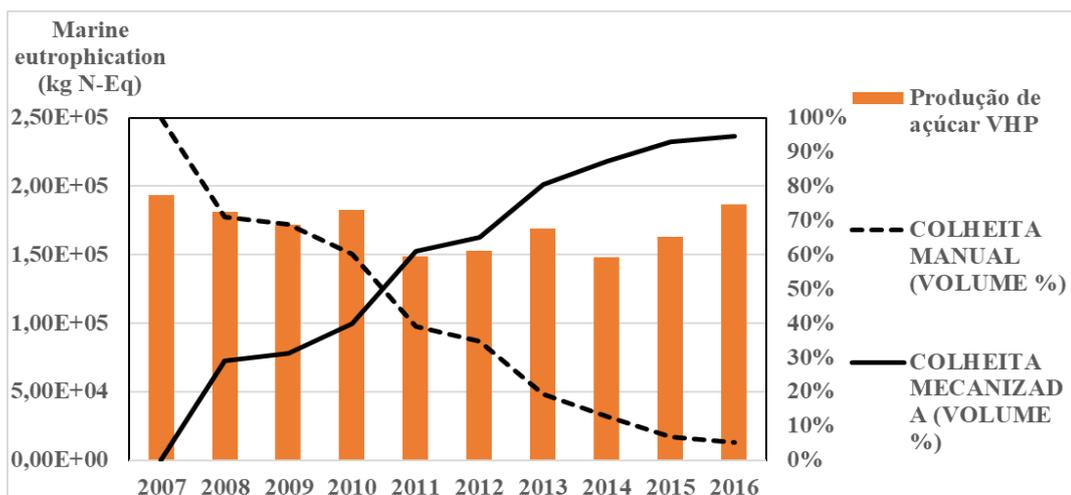
## APENDICE



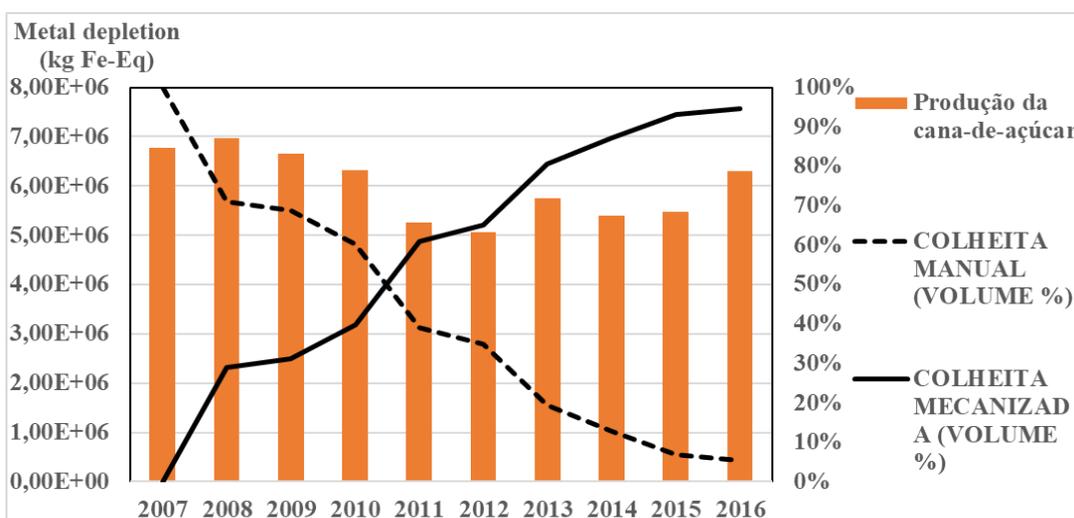
### Apêndice I - Análise Da Contribuição Por MEP - Eutrofização marinha



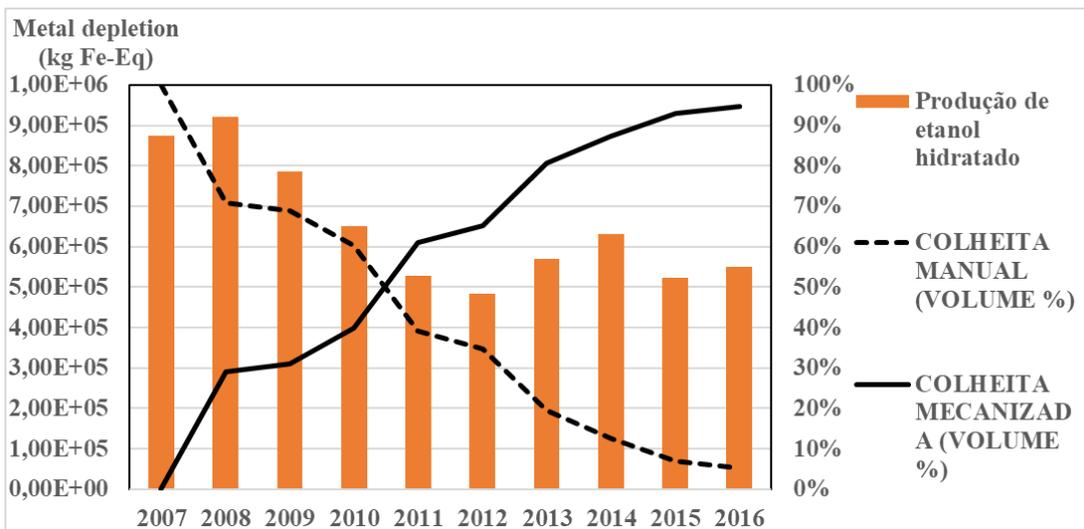
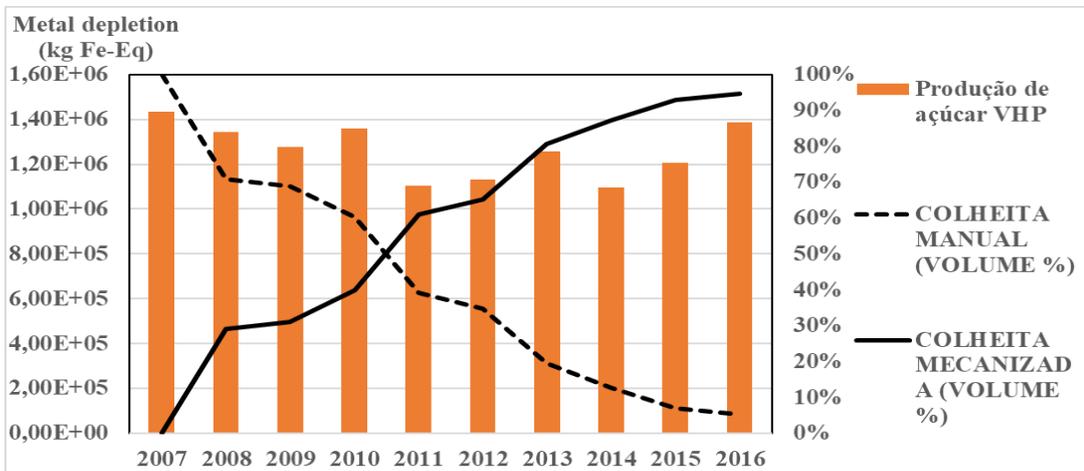
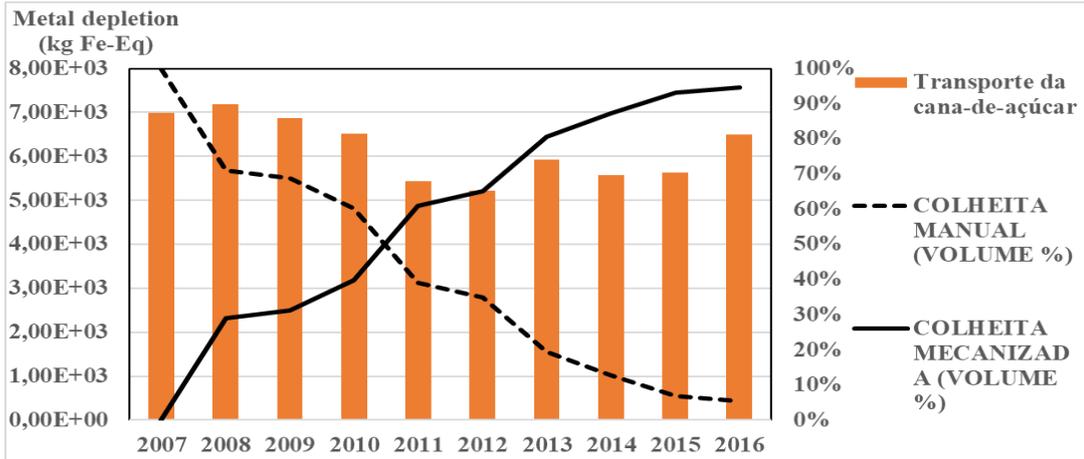
## APENDICE



### Apêndice J - Análise Da Contribuição Por MDP- destruição de metal

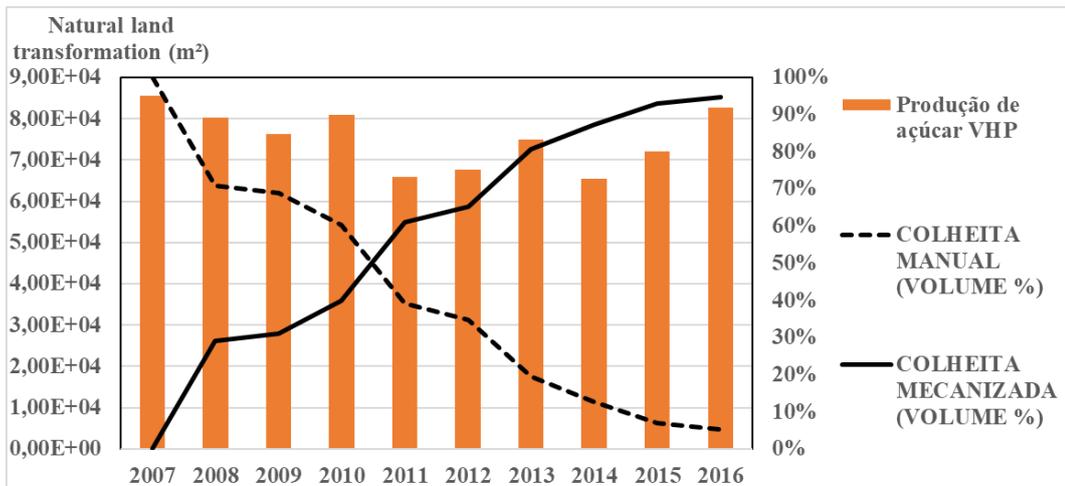
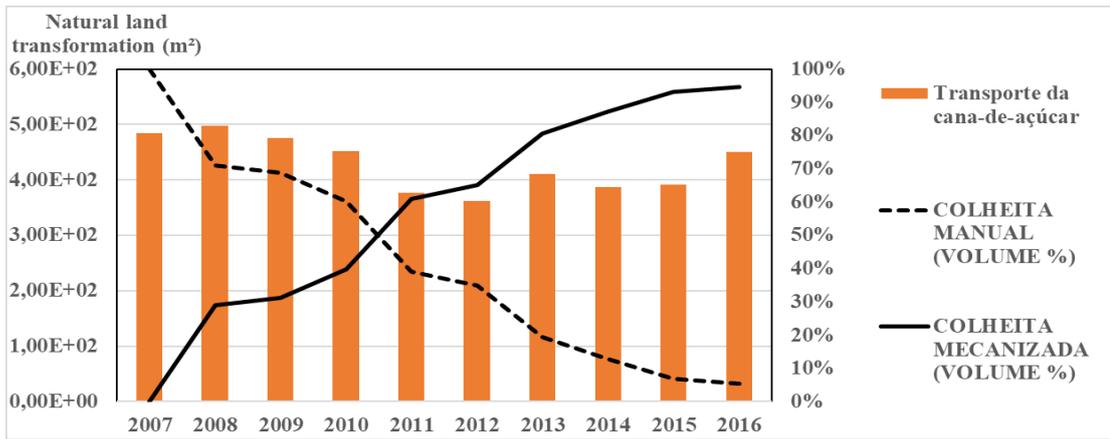
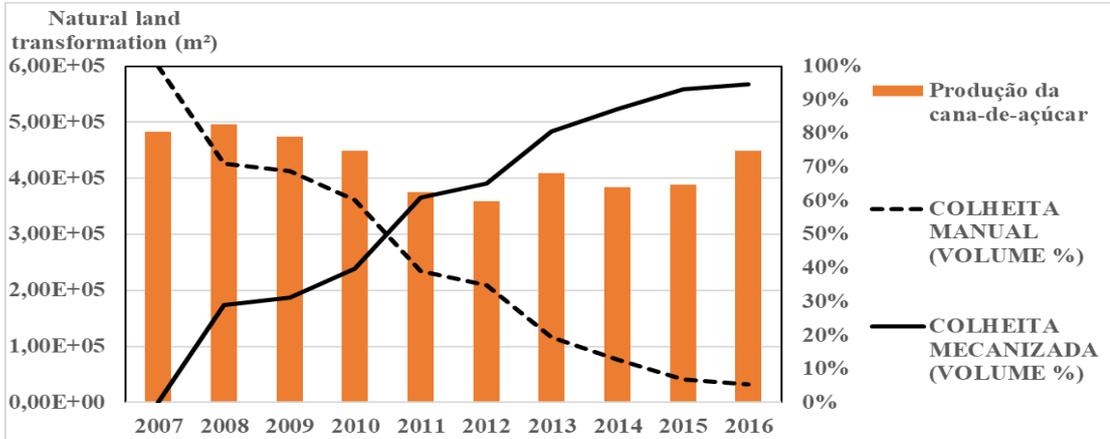


APENDICE

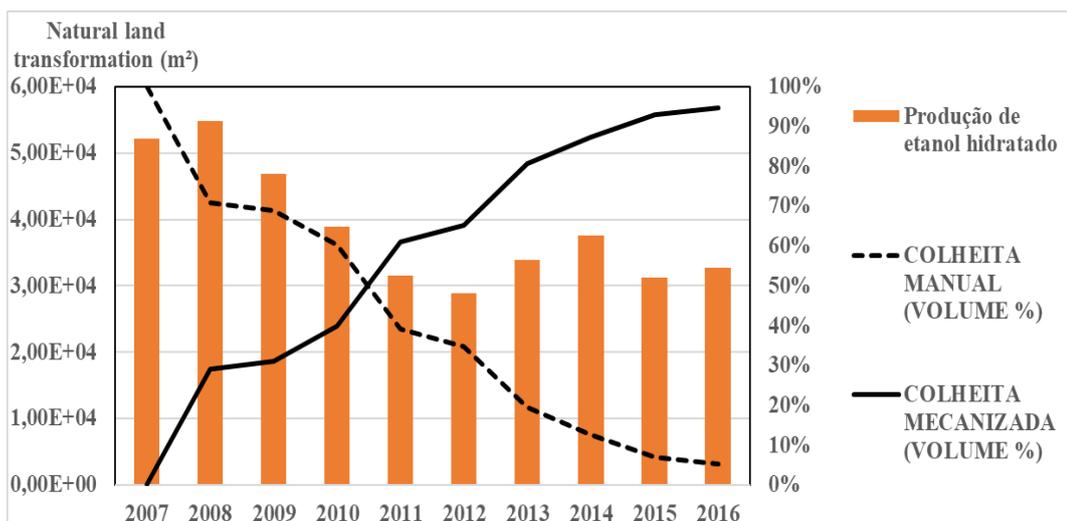


APENDICE

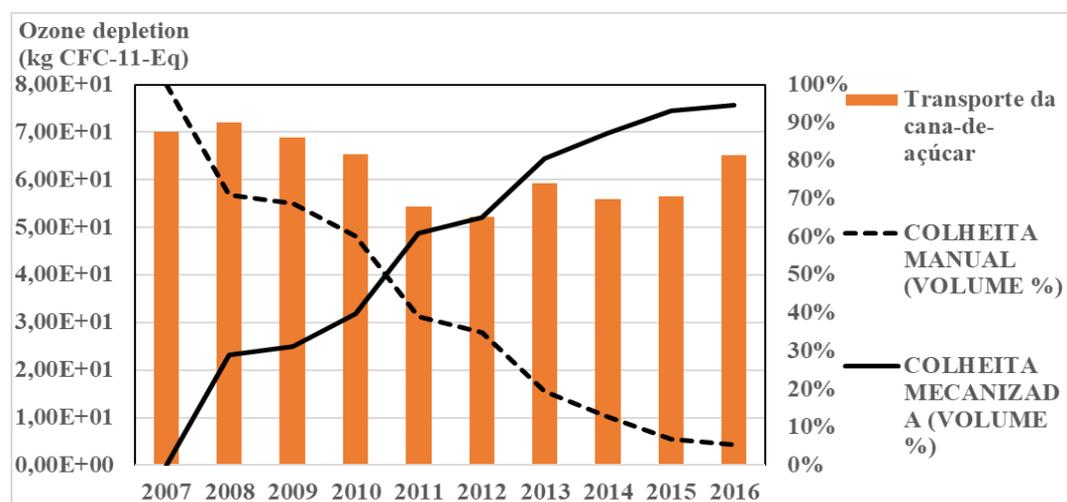
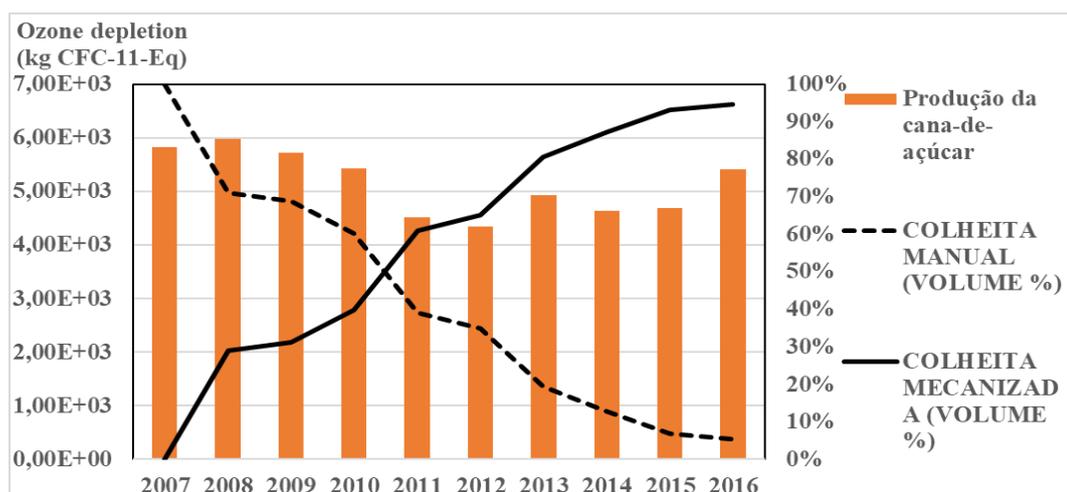
Apêndice K - Analise Da Contribuição Por NLTP - Transformação de terras naturais



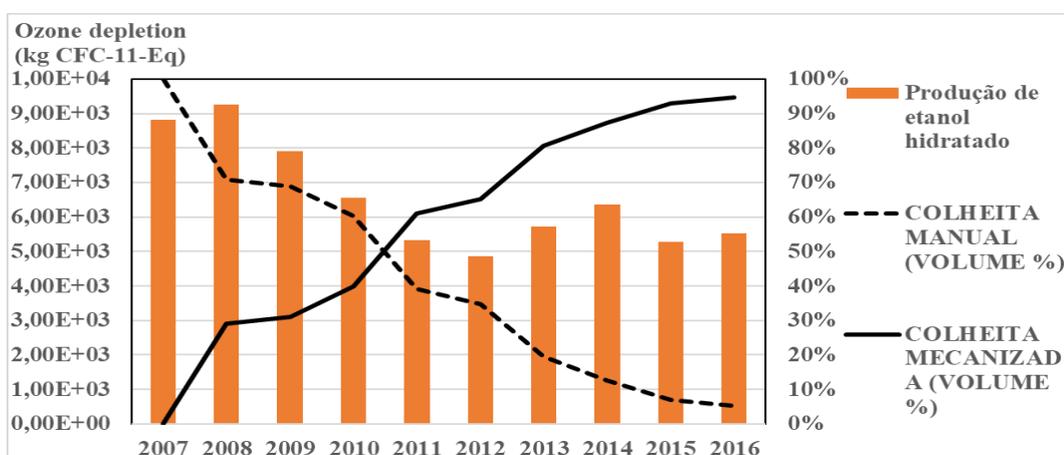
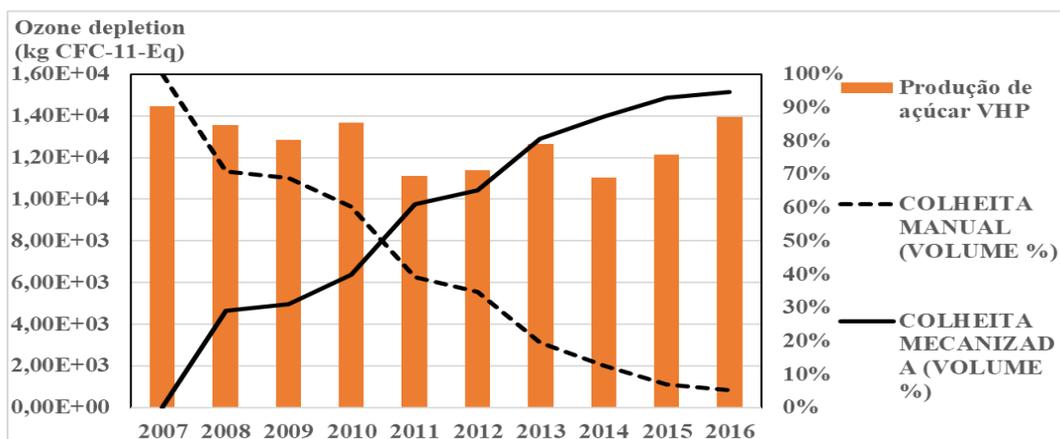
## APENDICE



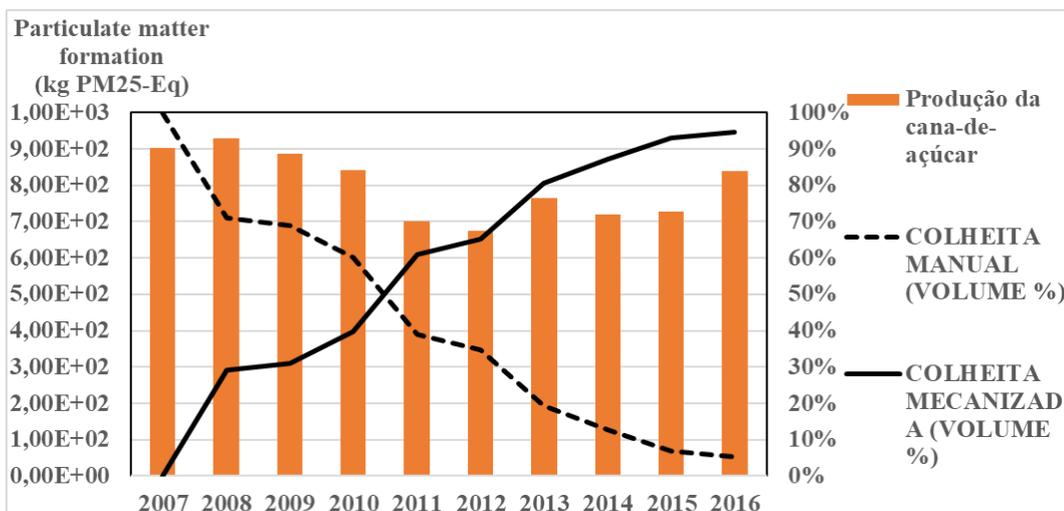
## Apêndice L - Análise Da Contribuição Por ODP destruição da camada de ozônio



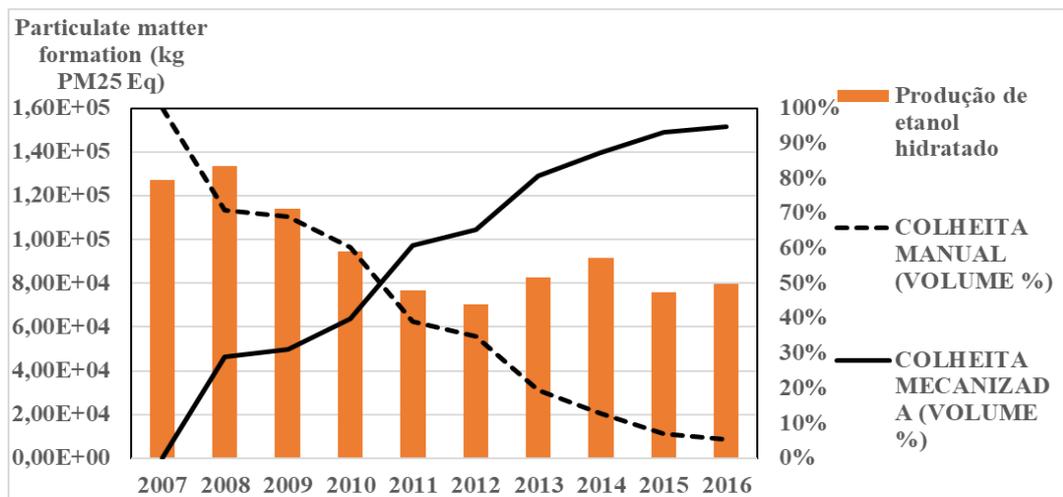
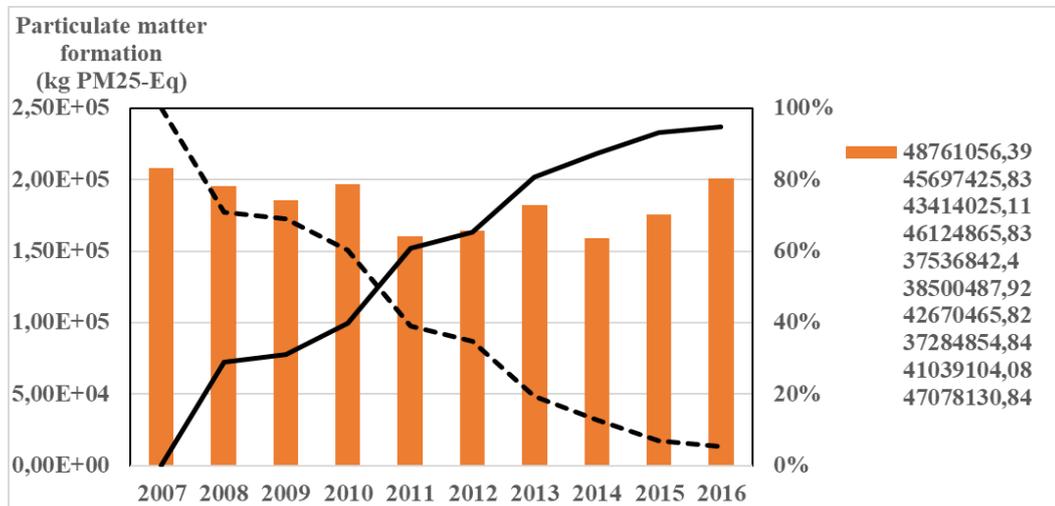
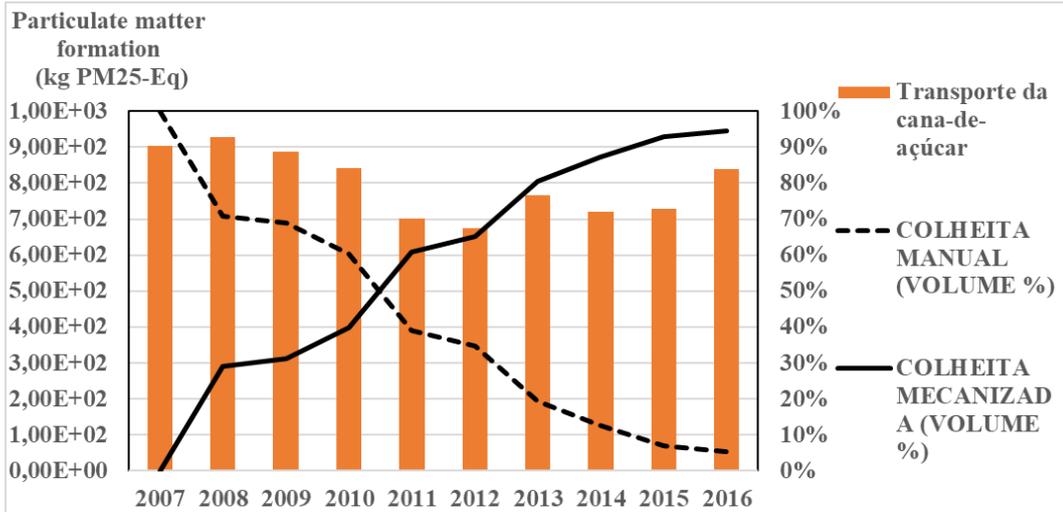
## APENDICE



### Apêndice M - Análise Da Contribuição Por PMFP - Formação de material particulado

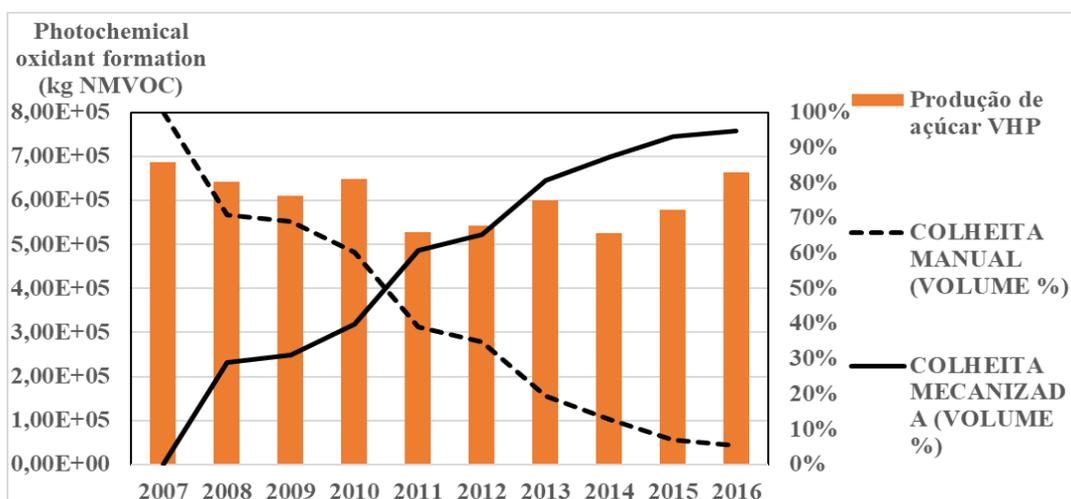
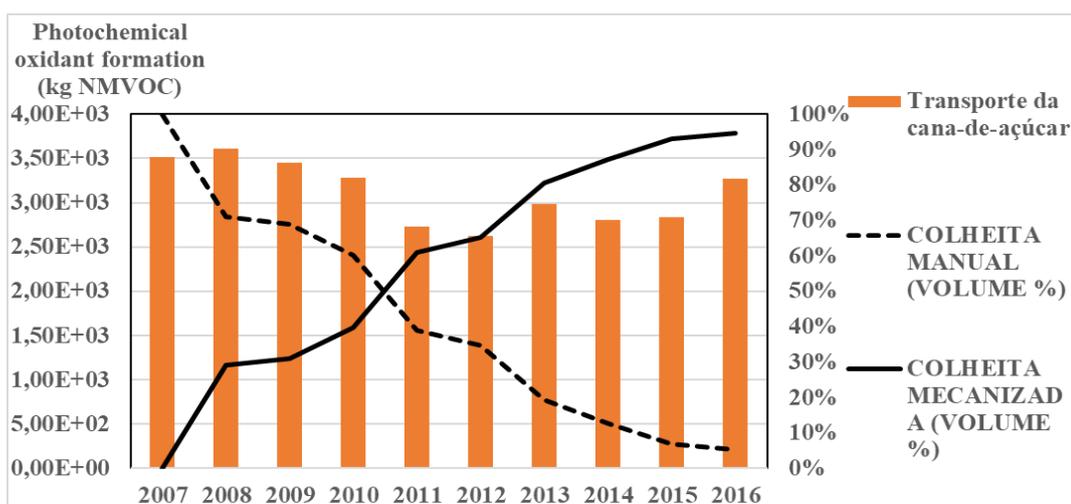
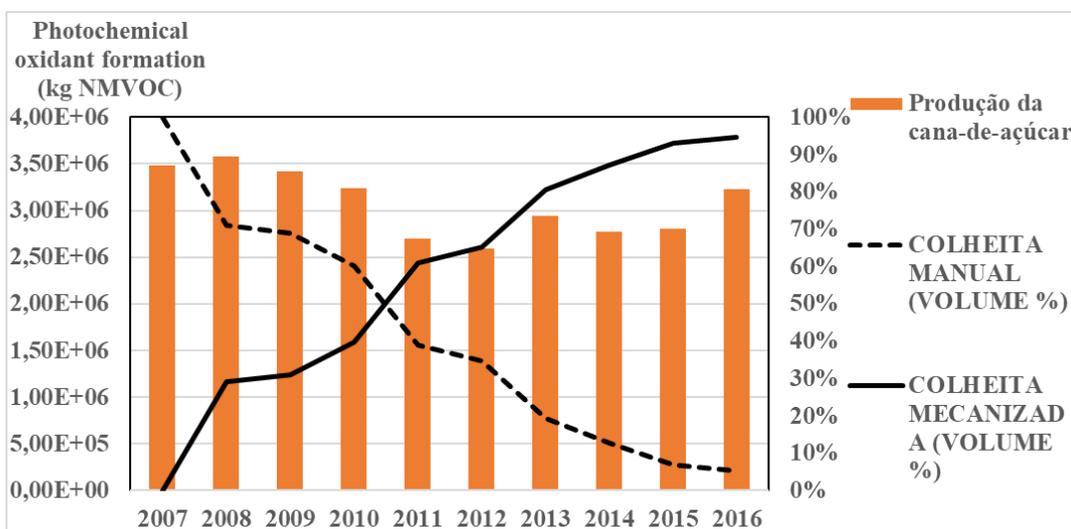


APENDICE

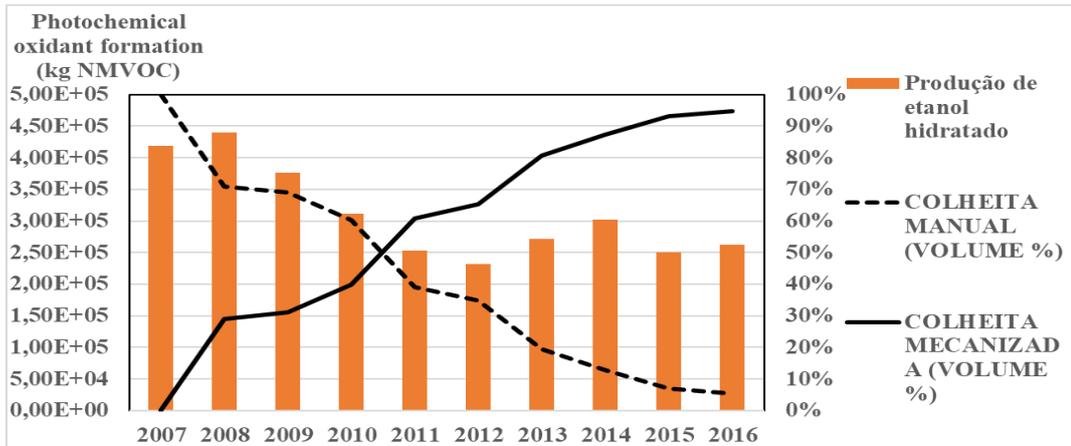


## APENDICE

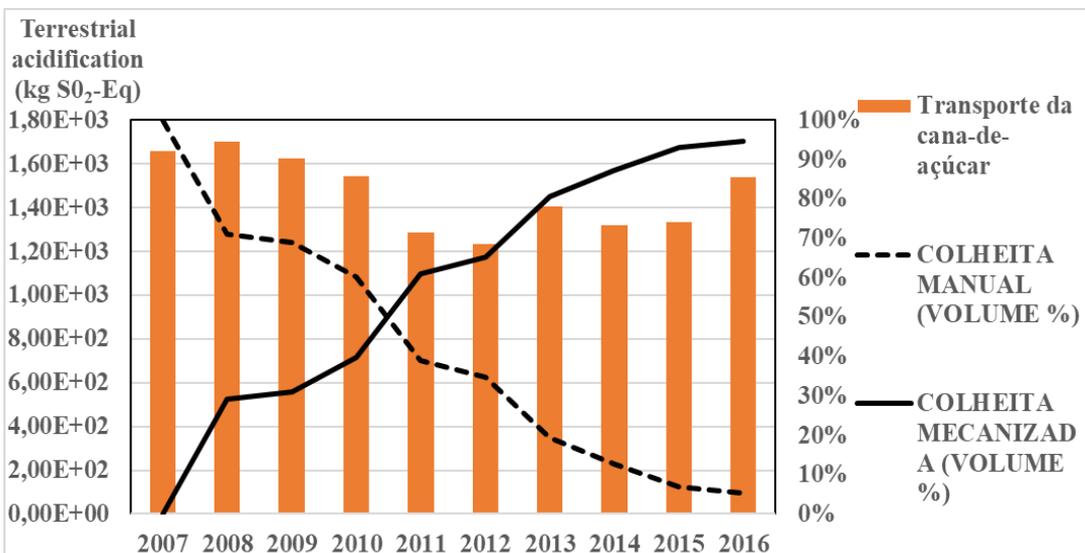
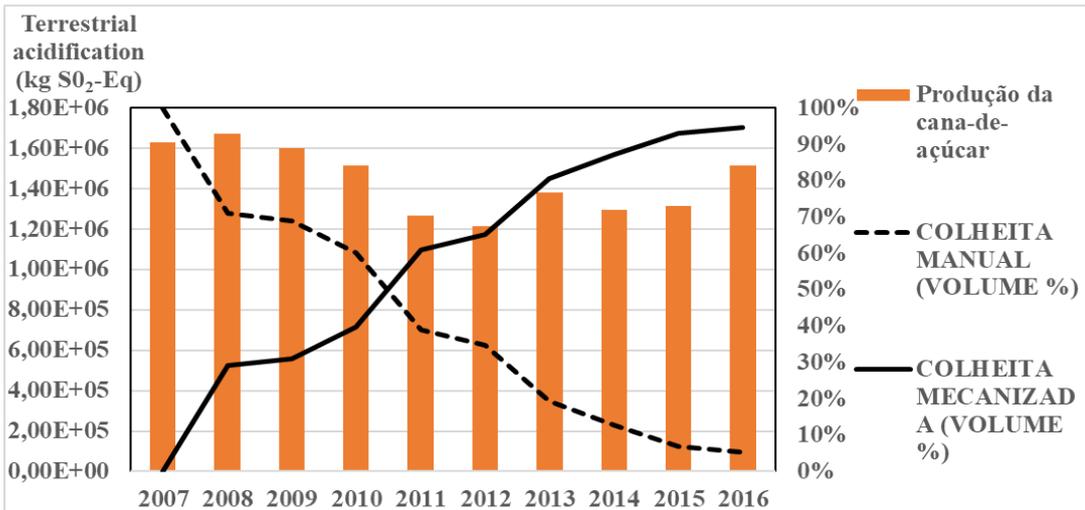
### Apêndice N - Análise Da Contribuição Por POFP - Formação de oxidantes fotoquímicos



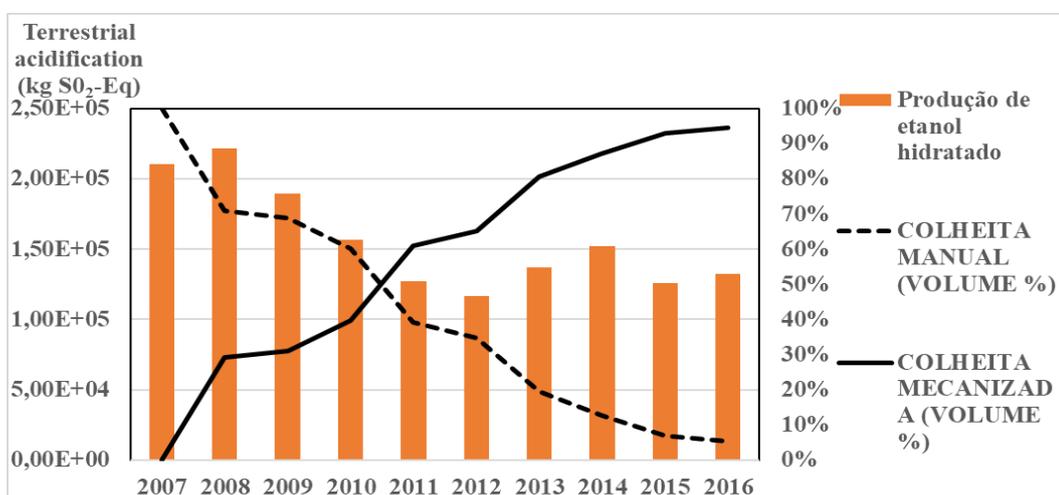
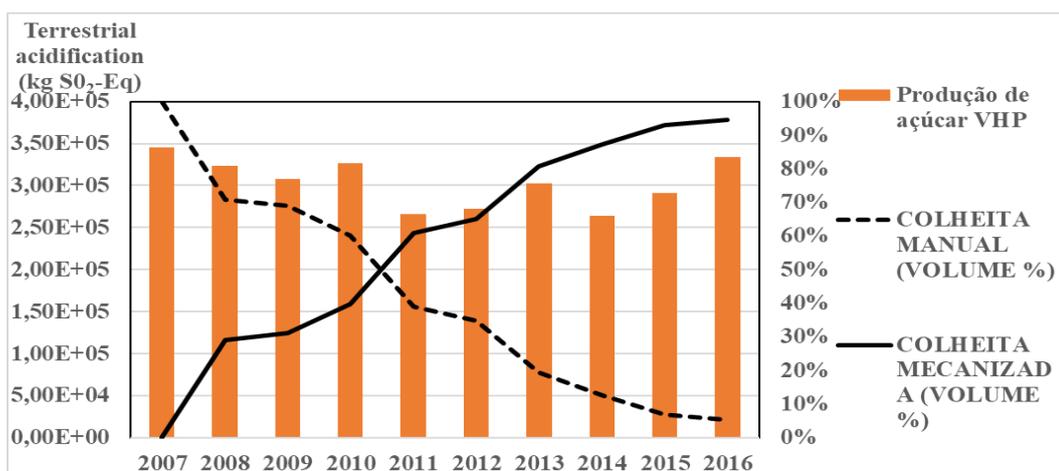
APENDICE



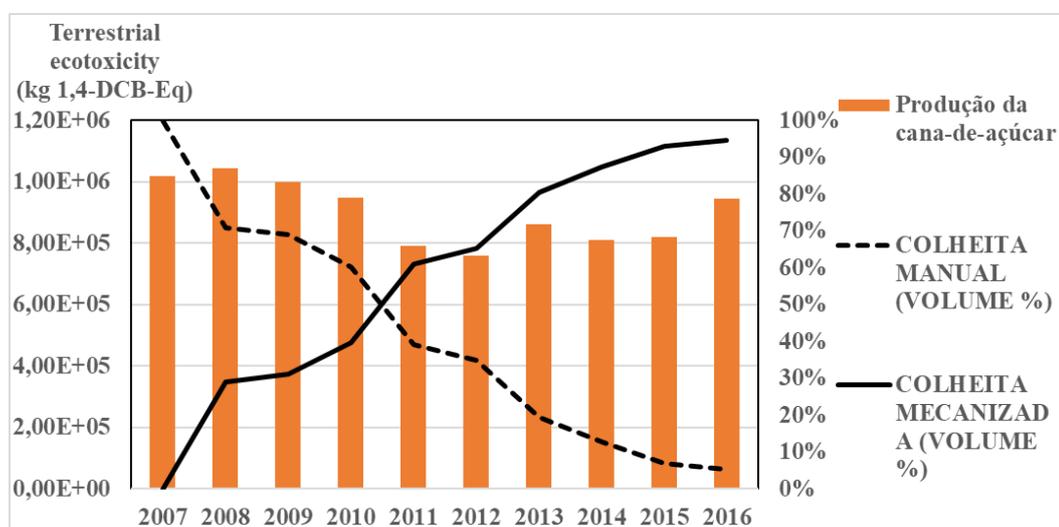
Apêndice O - Análise Da Contribuição Por TAP - Acidificação terrestre



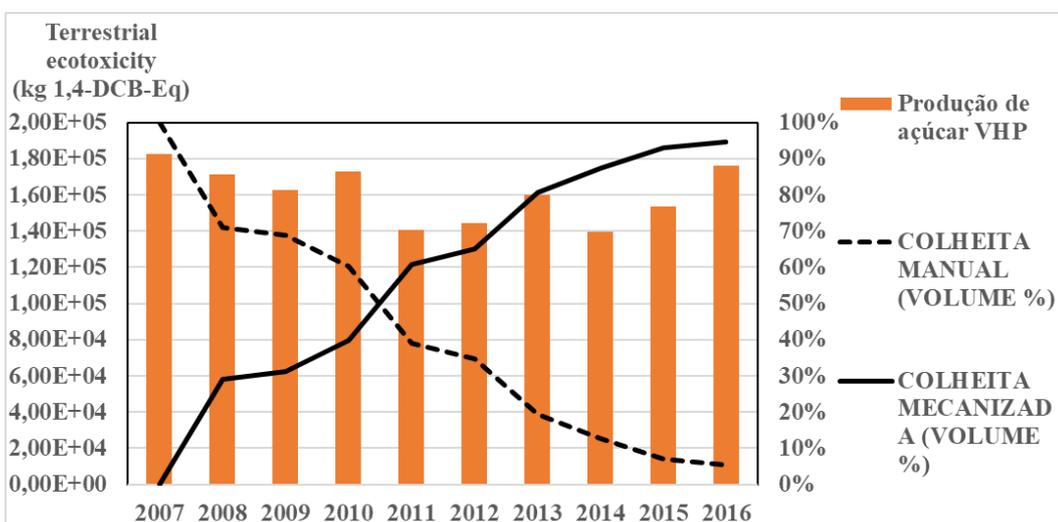
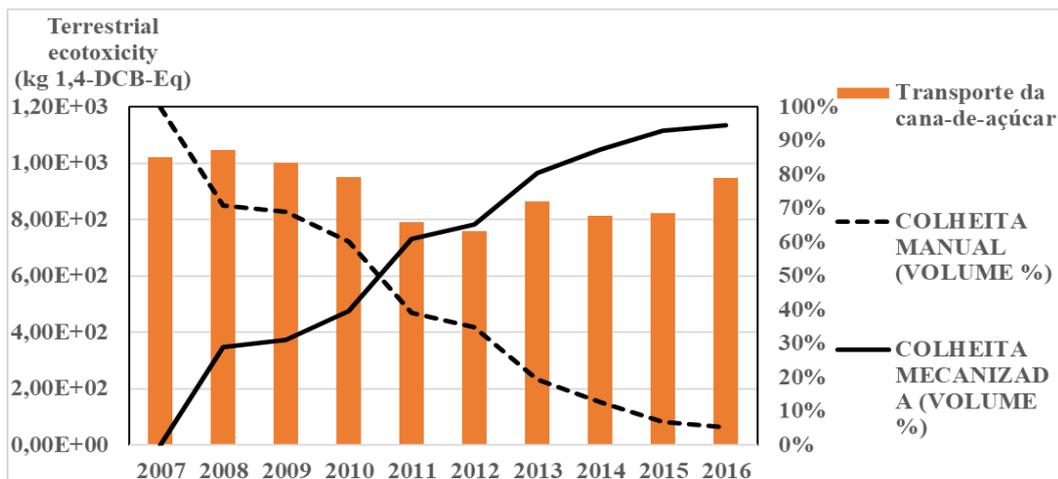
## APENDICE



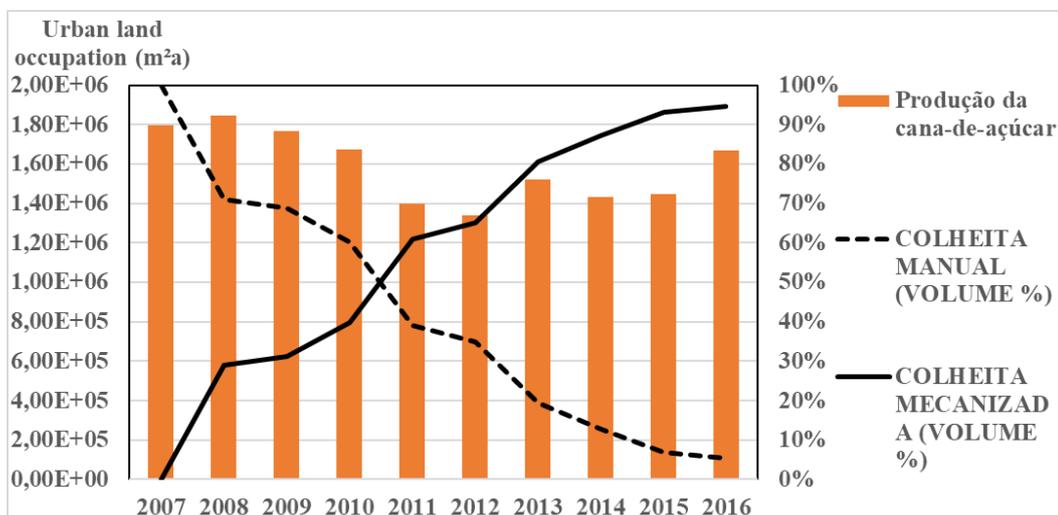
### Apêndice P - Análise Da Contribuição Por TETP - Eco toxicidade terrestre



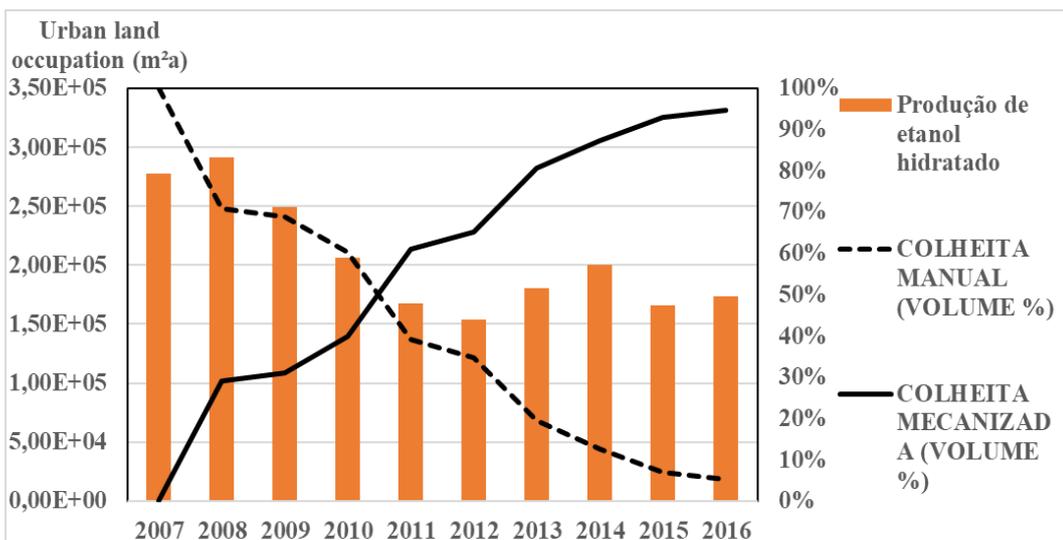
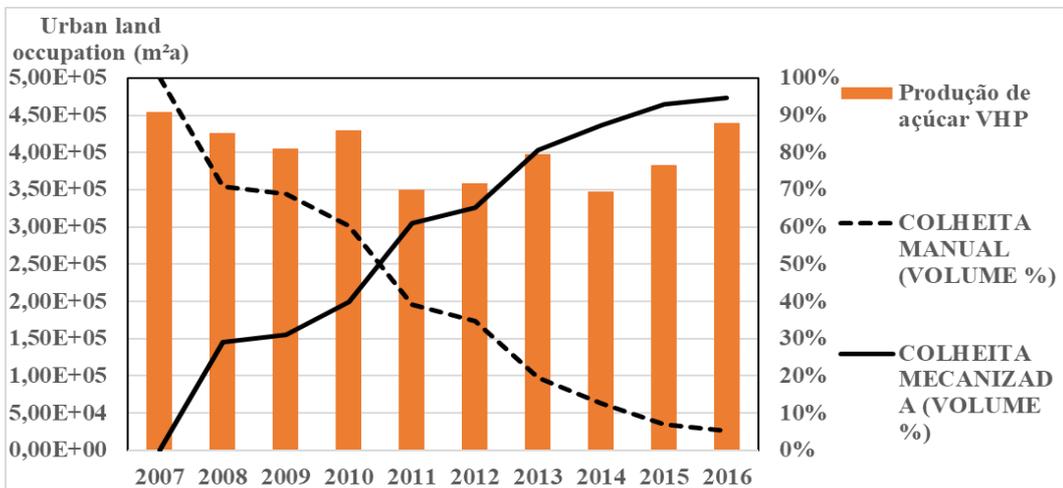
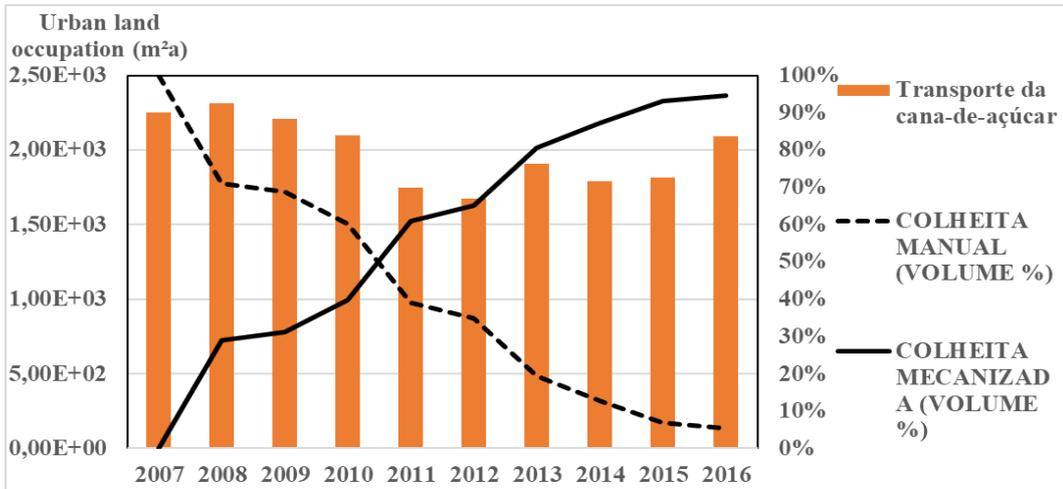
## APENDICE



## Apêndice Q - Análise Da Contribuição Por ULOP - Ocupação de terra urbana

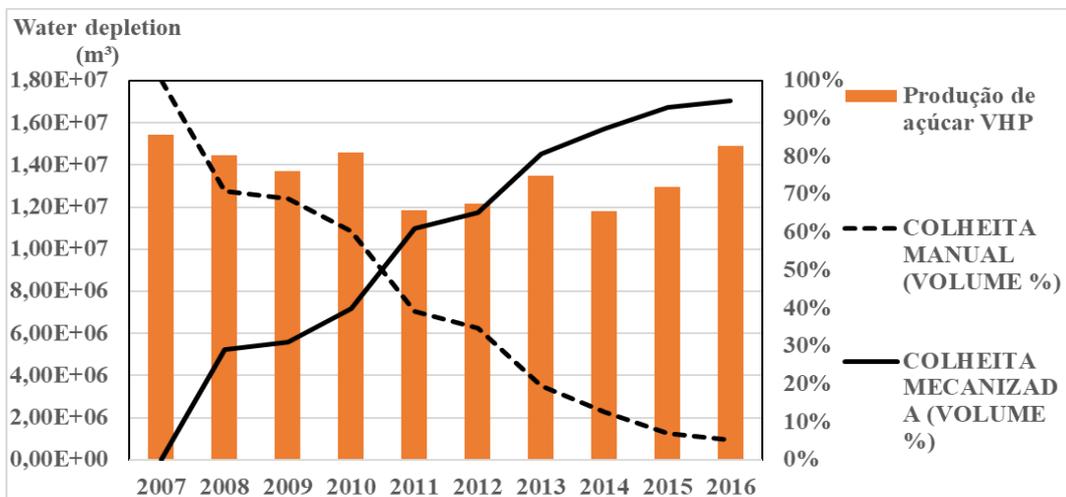
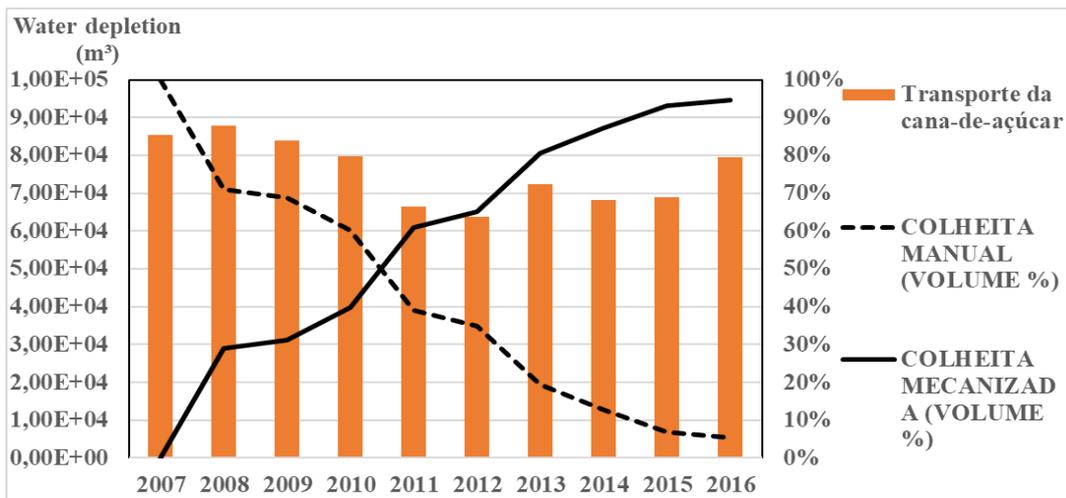
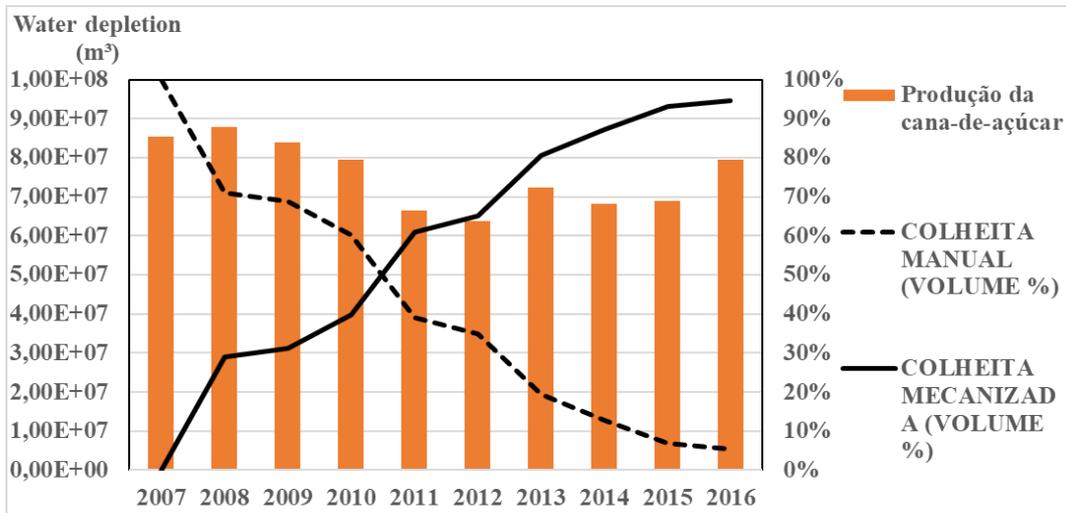


APENDICE



APENDICE

Apêndice R - Análise Da Contribuição Por WDP - destruição de água



## APENDICE

