



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

CARMEN ROSA LOAYZA ROLLANO

**Análise da Eficiência Energética nas Indústrias:
Uma Proposta para Avaliar o Cenário Atual nas
Indústrias Produtoras de Biocombustível da Bahia**



SALVADOR
2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

CARMEN ROSA LOAYZA ROLLANO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDÚSTRIAS: UMA PROPOSTA
PARA AVALIAR O CENÁRIO ATUAL NAS INDÚSTRIAS PRODUTORAS DE
BIOCOMBUSTÍVEL DA BAHIA**

SALVADOR, BAHIA

2015

CARMEN ROSA LOAYZA ROLLANO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDÚSTRIAS: UMA PROPOSTA
PARA AVALIAR O CENÁRIO ATUAL NAS INDÚSTRIAS PRODUTORAS DE
BIOCOMBUSTÍVEL DA BAHIA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial

Orientadores:
Prof. Dr. Cristiano Hora de O. Fontes
Prof^a. Dra. Ava Santana Barbosa

SALVADOR

2015

R749 Rollano, Carmen Rosa Loayza.

Análise da eficiência energética nas indústrias: uma proposta para avaliar o cenário atual nas indústrias produtoras de biocombustível da Bahia / Carmen Rosa Loayza Rollano. – Salvador, 2015.

156 f.: il. color.

Orientadores: Prof. Dr. Cristiano Hora de O. Fontes;
Prof^a. Dra. Ava Santana Barbosa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia.
Escola Politécnica, 2015.

1. Energia – Fontes alternativas. 2. Energia da biomassa. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Biocombustíveis. I. Fontes, Cristiano Hora. II. Barbosa, Ava Santana. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.


CDD 629.804


**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDÚSTRIAS: UMA PROPOSTA
PARA AVALIAR O CENÁRIO ATUAL NAS INDÚSTRIAS PRODUTORAS DE
BIOCOMBUSTÍVEL DA BAHIA**

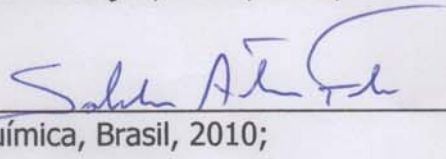
CARMEN ROSA LOAYZA ROLLANO

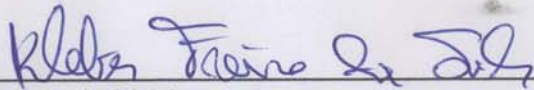
Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Cristiano Hora de Oliveira Fontes 
Doutor em Engenharia Química, Brasil, 2001;

Prof^a. Ava Santana Barbosa 
Doutora em Engenharia de Produção, Brasil, 2010;

Prof. Salvador Ávila Filho 
Doutor em Engenharia Química, Brasil, 2010;

Prof. Kleber Freire da Silva 
Doutor em Engenharia Elétrica, Brasil, 2006;

Salvador, BA - BRASIL
julho/2015

Conforme resolução do Programa, o conjunto de orientadores teve a representação de 1 (um) único voto no parecer final da banca examinadora.

Ao meu querido Eduardo, pelo amor e compreensão, e por ter dividido comigo os momentos mais difíceis.

Aos meus queridos pais Nicanor e Yola, e a meus irmãos Miguel, Marcos, Carlos e Luís, pelo apoio incondicional à distância.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Cristiano Hora de O. Fontes e Ava Santana Barbosa pela dedicação, paciência e correções nesta dissertação e por me terem ajudado a amadurecer tanto científica quanto pessoalmente.

Aos professores da Escola Politécnica pela dedicação e pelo conhecimento transmitido em suas disciplinas, e os funcionários Tatiane Woytysiak, e Robinson Carvalho por sua colaboração e orientação nos temas administrativos que estruturaram um curso excepcional de Pós-Graduação.

Aos meus amigos da Bolívia, Leonardo Benavidez, Norah Panozo, Andrea Panozo, Shirley Lima e Vanessa Lima, pelos momentos de lazer e conversas tão importantes para a conclusão do trabalho.

Aos amigos queridos, pelos ótimos encontros, ao longo dessa dissertação, Alessandra, Luciana, Rui, Leonardo, Laura, Mitsou, Elane, Rene, Ricardo y Viviana.

Aos meus tios e primos, Elisa Rollano, Marcos Clapes, Willy Rollano, Juana Leon, Rodrigo Clapes, Diego Clapes, Cristian Clapes, Rosario Rollano, Jose Fidel Rollano, William Rollano pelo apoio familiar e a meus avôs Jose, Rosa, Fidel e Vitoria e tia Carmen que desde o céu cuidam de mim.

À minha segunda família do Brasil, Ângela Votta, Jose Roberto Votta, Eliosa Votta e João Votta pelo apoio.

A todos os respondentes da pesquisa de campo, sem os quais não seria possível a realização desta dissertação.

Aos membros da Banca, pelas recomendações, que melhoraram a qualidade do trabalho.

“O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua.”

STEPHEN HAWKING.

ROLLANO, L. Carmen Rosa. Análise da eficiência energética nas indústrias: uma proposta para avaliar o cenário atual nas indústrias produtoras de biocombustível da Bahia. 156f. il. 2015. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

RESUMO

Os impactos ambientais associados ao uso de combustíveis fósseis, o aumento dos preços, potenciais limitações na oferta e as preocupações com a segurança regional e nacional estão impulsionando o desenvolvimento e a utilização de biomassa para energia, biocombustíveis e bioprodutos. No entanto, o uso da biomassa não implica necessariamente que a sua produção, conversão e utilização sejam energeticamente eficientes. Para operacionalizar avaliações de eficiência energética em sistemas de biomassa, é crucial identificar critérios críticos, mas manter o seu número e medida a nível aceitável, além de seu entendimento claro através do uso de indicadores. A seleção destes indicadores pode variar de acordo com a aplicação específica do setor industrial a analisar e a região geográfica onde trabalham e estão focados. Neste contexto esta pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência energética em indústrias do setor de produção de biocombustíveis na Bahia. Os Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) e os Indicadores de Sustentabilidade da Associação Global para a Bioenergia (GBEP) foram aplicados. Encontrou-se que a produção de bioetanol apresenta valores desfavoráveis em 86% dos indicadores, valores favoráveis em 40% dos modelos de indicadores combinados, uma eficiência energética média de 68%, e uma evolução entre os anos 2012 e 2013 negativa quando é comparado com os valores do Brasil e positiva quando é comparada com o Estado de São Paulo. O biodiesel apresenta valores desfavoráveis em 60% dos indicadores, valores favoráveis em 80% dos modelos de indicadores combinados e uma eficiência energética média de 91%, mas este biocombustível por falta de dados desagregados não foi possível realizar a evolução do ano 2012 a 2013. Além disso, demonstrou-se que os indicadores podem ser complementados com aspectos qualitativos através de perguntas abertas e de seleção em questões relacionadas à identificação dos possíveis problemas na área energética, qualidade da mão de obra, identificação dos impactos na região em que se instalou a usina e a identificação dos possíveis impactos com independência da distribuição e venda direta ao mercado de demanda final. Através destas questões verificou-se que a indústria de biodiesel possui melhoras na produção atual e tem implementado projetos de melhoria na eficiência energética além de ter contribuído positivamente para as economias rurais onde está instalada a usina. Com a obtenção de dados através de modelos desagregados foi possível reproduzir uma determinada realidade de maneira mais

fidedigna e verificou-se também que os indicadores das ferramentas utilizadas mais os indicadores ICE são complementares por não apresentar duplicidade na informação analisada e serem todos igualmente importantes. Os resultados fornecem uma base para futuras discussões para o desenvolvimento de avaliações de eficiência energética em sistemas e projetos relacionados à bioenergia e o desenvolvimento de avaliações em projetos de bioenergia individuais dentro de seu contexto e escala geográfica.

Palavras-chave: Energia – Fontes alternativas; Energia da biomassa; Desenvolvimento sustentável; Biocombustíveis.

ROLLANO, L. Carmen Rosa. Analysis of energy efficiency in industry: a proposal to assess the current situation in Bahia biofuel-producing industries. 156f. il. 2015. Master Dissertation – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

ABSTRACT

The environmental impacts associated with the use of fossil fuels, rising prices, potential limitations on supply and concerns about regional and national security are driving the development and use of biomass for bioenergy, biofuels and bioproducts. However, the use of biomass does not necessarily imply that its production, conversion and use are energy efficient. To operationalize energy efficiency ratings in Biomass, it is crucial to identify critical criteria, but keeping the number and measuring the acceptable level, as well as his clear understanding through the employment indicators. The selection of these indicators may vary according to the specific application of the industrial sector to analyze and the geographic region where they work and are focused. In this context, this research aims to evaluate energy efficiency in biofuel production sector industries in Bahia. Indicators of Energy for Sustainable Development (EISD) and the Global Association of Sustainability Indicators for Bioenergy (GBEP) were applied. It was found that the production of bioethanol has unfavorable values in 86% of the indicators, positive values in 40% of models of combined indicators, an average energy efficiency of 68%, and an increase between the years 2012 and 2013 negative when compared to the values of Brazil and positive when compared to the state of São Paulo. Biodiesel has unfavorable values in 60% of the indicators, positive values in 80% of combined indicators of models and an average energy efficiency of 91%, but this biofuel for lack of disaggregated data was not possible developments of the year 2012-2013. In addition, it was shown that the indicators can be supplemented with qualitative aspects through open questions and check on issues related to the identification of potential problems in the energy area, labor quality, identification of impacts in the region in which it is installed plant and the identification of possible impacts independently of the distribution and direct sales to end-market demand .By these questions, it was found that the biodiesel industry has improved in the current production and has implemented improvement projects in energy efficiency as well as making a positive contribution to rural economies where it operates the plant. With getting data through disaggregated models was able to play a certain reality more reliably and also been found that the indicators of the tools most used the ICE indicators are complementary. The results provide a basis for future discussions to develop energy efficiency ratings on systems and projects related to

bioenergy and development assessments in individual bioenergy projects within their context and geographic scale.

Key-words: Energy - Alternative sources; Biomass Energy; Sustainable development; Biofuels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1: Linha do tempo dos biocombustíveis	12
Figura 2.2: Cadeia de produção do bioetanol.	14
Figura 2.3: Obtenção de biodiesel.....	20
Figura 3.1: Processo de desenvolvimento do projeto de pesquisa.	31
Quadro 1: Fontes para o estudo dos Indicadores de energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)	33
Quadro 2: Fontes para o estudo dos indicadores de Sustentabilidade na área econômica da associação Mundial de Bioenergia (GBEP)	37
Quadro 3: Conjunto de indicadores propostos para complementar as ferramentas da eficiência energética.....	44
Quadro 4: Questões propostas no questionário de caracterização para encontrar os indicadores de energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD).....	48
Quadro 5: Questões propostas no questionário de caracterização para encontrar os indicadores de sustentabilidade na área econômica da associação mundial de bioenergia (GBEP)	48
Quadro 6: Questões propostas no questionário de caracterização para encontrar os indicadores complementários (ICE).....	49
Quadro 7: Características das fontes de avaliação da eficiência energética	51
Gráfico 4.1: Resultados do indicador intensidade energética por unidade produzida de biocombustível (ECO2) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol.....	66
Gráfico 4.2: Resultados do indicador Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol	67
Gráfico 4.3: Resultados do indicador Preço Final de Venda do Biocombustível (ECO14) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol.	68
Gráfico 4.4: Resultados do indicador Total de Estoques e Consumo de Biocombustível (ECO16) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol.....	70
Gráfico 4.5: Resultados do indicador produtividade das matérias-primas plantadas (IND 17.1) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol	71
Gráfico 4.6: Resultados do indicador produtividade das matérias-primas colhidas (IND 17.2) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol	72
Gráfico 4.7: Resultados do indicador produtividade energética do biocombustível (IND 17.3) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol	73
Gráfico 4.8: Resultados do indicador Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Colhida (IND 18.1) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol.....	74

Gráfico 4.9: Resultados do indicador Valor da Substituição de Combustíveis Fósseis por Unidade de Biocombustível (IND 20.1a) da Associação Mundial De Bioenergia (GBEP) para o bioetanol	76
Gráfico 4.10: Resultados do indicador Valor da Economia Anual das Compras Reduzidas de Combustíveis Fósseis pela Produção do Biocombustível (IND 20.1b) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol	77
Gráfico 4.11: Resultados do indicador Porcentagem Participante da Quantidade de Biocombustíveis Produzidos na Oferta Total de Energia Primária (IND 22) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol.....	78
Gráfico 4.12: Resultados do indicador Difusão Tecnológica com Projetos Investidos para a Investigação e Desenvolvimento do Biocombustível (ICE 2) dos indicadores complementares para o bioetanol.....	79
Gráfico 4.13: Resultados do indicador Difusão Tecnológica com Projetos Piloto de Pesquisa e Desenvolvimento Energético Terminados do Biocombustível (ICE 3) dos indicadores complementares para o bioetanol	81
Gráfico 4.14: Resultados do indicador Balanço Energético do Volume Produzido do Biocombustível por Unidade da Área Plantada (ICE 4) dos indicadores complementares para o bioetanol	82
Gráfico 4.15: Resultados dos grupos de indicadores da eficiência energética em função aos valores do Brasil para o bioetanol.....	83
Gráfico 4.16: Resultados dos grupos de indicadores da eficiência energética em função aos valores de São Paulo para o bioetanol	84
Gráfico 4.17: Resultados do indicador Intensidade Energética por Unidade Produzida de Biocombustível (ECO2) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel	86
Gráfico 4.18: Resultados do indicador Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel.....	87
Gráfico 4.19: Resultados do indicador Percentual de Geração de Energia Elétrica Proveniente de Fontes Não Emissoras de Carbono para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO12) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel	87
Gráfico 4.20: Resultados do indicador Preço Final de Venda do Biocombustível (ECO14) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel .	88
Gráfico 4.21: Resultados do indicador Total de Estoques e Consumo de Biocombustível (ECO16) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel	89
Gráfico 4.22: Resultados do indicador balanço energético líquido da matéria-prima processada para a produção de biocombustível (IND 18.2) da associação mundial de bioenergia (GBEP) para o biodiesel.....	90
Gráfico 4.23: Resultados do indicador Valor da Substituição de Combustíveis Fósseis por Unidade de Biocombustível (IND 20.1a) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel.....	91

Gráfico 4.24: Resultados do indicador Percentagem de Trabalhadores Treinados no Setor Produtor de Biocombustíveis (IND 21.1) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel.....	92
Gráfico 4.25: Resultados do indicador Porcentagem Participante da Quantidade de Biocombustíveis Produzidos na Oferta Total de Energia Primaria (IND 22) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel.....	93
Gráfico 4.26: Resultados do indicador Difusão Tecnológica com Projetos Piloto de Pesquisa e Desenvolvimento Energético Terminados do Biocombustível (ICE 3) dos indicadores complementares para o biodiesel	94
Gráfico 4.27: Resultados dos grupos de indicadores da eficiência energética em função aos valores do brasil para o biodiesel.....	95
Gráfico 4.28: Obtenção de dados dos indicadores para o bioetanol	96
Gráfico 4.29: Obtenção de dados dos indicadores para o biodiesel	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise dos Indicadores de Energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD).....	52
Tabela 2: Análise dos Indicadores de Sustentabilidade na área econômica da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)	53
Tabela 3: Análise dos indicadores propostos para complementar as ferramentas na eficiência energética (ICE)	54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANEEL Agência Nacional da Energia Elétrica
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
- EISD - *Energy Indicators for Sustainable Development*
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética
- EUA \$ - Dólar dos Estados Unidos
- EUROSTAT - *European Environment Agency*
- FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
- GBEP- *Global Bioenergy Partnership*
- GWh - Gigawatt hours
- Ha - Hectare
- IAEA – *International Atomic Energy Agency*
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBP- Instituto Brasileiro De Gás, Petróleo E Biocombustíveis
- IEA International Energy Agency
- ISO – International Organization for Standardization
- JBIC - *Japan Bank for International*
- kWh Kilowatt hours
- m³ – metro cubico
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia
- MME - Ministério de Minas e Energia
- MME/EPE – Ministério de Minas e Energia/Empresa Brasileira de Pesquisa Energética
- MPAS- Ministério da Previdência Social
- MW - Megawatts
- MWh - Megawatt hours
- NAE- Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República
- NBR – Norma Brasileira

NEA - Nuclear Energy Agency

PIB – Produto Interno Bruto

t – Tonelada métrica

tep - Tonelada equivalente de petróleo

UDOP - União dos Produtores de Bioenergia

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.2	OBJETIVO GERAL.....	6
1.2.1	Objetivos específicos	6
1.3	JUSTIFICATIVA	7
2	REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	10
2.1	O QUE É A BIOENERGIA.....	10
2.2	BIOCOMBUSTÍVEIS	10
2.3	A EVOLUÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL	11
2.4	A AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP E OS BIOCOMBUSTÍVEIS.....	12
2.5	O BIOETANOL NO BRASIL.....	13
2.5.1	Processo Produtivo do bioetanol.....	13
2.5.1.1	Como o etanol combustível é usado no Brasil hoje	16
2.5.1.2	Regulações do Estado para o etanol usado como combustível	16
2.6	O BIODIESEL.....	17
2.6.1	Processo de Produção de biodiesel	18
2.6.2	Panorama atual do biodiesel no Brasil	20
2.7	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	21
2.7.1	Eficiência energética no Brasil	22
2.8	INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDÚSTRIAS	23
2.8.1	Indicadores da Associação Mundial da Bioenergia - GBEP.....	26
2.8.2	Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável - EISD.....	26
2.8.3	Por que o uso dos Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável e os Indicadores de Sustentabilidade, da Associação Global para a Bioenergia?	28
2.8.4	Diferenças entre os indicadores EISD e GBEP	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	CONSTRUÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO	31
3.1.1	Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável	32
3.1.2	Indicadores de Sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia.....	37
3.1.3	Proposta de indicadores para complementar as ferramentas	44
3.2	SELEÇÃO DE EMPRESAS PARA OS ESTUDOS DE CASO	47

3.2.1	Aplicação dos questionários de caracterização nas entrevistas.....	47
3.3	SELEÇÃO DAS FONTES PARA O BANCO DE DADOS.....	50
3.4	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	50
3.4.1	Avaliação da eficiência energética para cada indicador.....	54
3.4.2	Avaliação da eficiência energética para cada indicador em função aos indicadores do Brasil.....	56
3.4.2.1	Avaliação da eficiência energética para cada indicador do bioetanol em função aos indicadores do Brasil.....	57
3.4.2.2	Avaliação da eficiência energética para cada indicador do biodiesel em função aos indicadores do Brasil.....	58
3.4.3	Avaliação da eficiência energética para cada indicador do bioetanol em função aos indicadores de São Paulo.....	59
3.4.4	Avaliação da eficiência energética em modelos de indicadores combinados.....	60
3.4.4.1	Modelos de avaliação da eficiência energética para o bioetanol.....	61
3.4.4.2	Modelos de avaliação da eficiência energética para o biodiesel.....	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
4.1	RESULTADOS PARA O BIOETANOL.....	65
4.1.1	Resultados dos Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) para o bioetanol.....	65
4.1.2	Resultados dos Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol.....	70
4.1.3	Resultados dos Indicadores complementares para o bioetanol.....	78
4.1.4	Resultados dos modelos propostos para avaliar a eficiência energética do bioetanol.....	82
4.2	RESULTADOS PARA O BIODIESEL.....	84
4.2.1	Apresentação da empresa.....	84
4.2.2	Resultados dos indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) para o biodiesel.....	85
4.2.3	Resultados dos Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel.....	89
4.2.4	Resultados dos indicadores complementares para o biodiesel.....	93
4.2.5	Resultados dos modelos propostos para avaliar a eficiência energética do biodiesel.....	94
4.3	DISCUSSÕES.....	96
5	CONCLUSÕES.....	98
5.1	SOBRE OS OBJETIVOS DA PESQUISA.....	98
5.2	LIMITAÇÕES DA PROPOSTA.....	101

5.2.1	Limitações do instrumento de avaliação	101
5.2.2	Limitações do questionário de caracterização.....	101
5.2.3	Limitações do tamanho da amostra	102
5.3	TRABALHOS FUTUROS	102
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
	ANEXO A - QUADRO RESUMO DOS INDICADORES	114
	ANEXO B - CARTILHAS METODOLÓGICAS	117
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO.....	120
	APÊNDICE B - RESULTADOS INDICADORES <i>IN NATURA</i>.....	130
	APÊNDICE C - RESULTADOS INDICADORES EM VALORES PERCENTUAIS .	133
	APÊNDICE D - GRUPOS DE INDICADORES.....	135
	APÊNDICE E - INDICADORES ENCONTRADOS, NÃO ENCONTRADOS E QUE NÃO SE APLICARAM	136

1 INTRODUÇÃO

Uma problemática atual de escala planetária é a escassez de combustíveis fósseis como a gasolina e o diesel, o alto custo da energia envolvido no processamento destes derivados, e os impactos ambientais gerados pelo uso destes combustíveis. Este cenário estabelece o desenvolvimento de fontes de energia alternativas com perspectivas de sustentabilidade e segurança energética além de viabilidade econômica. Uma opção para o futuro abastecimento de energia é a produção de energia renovável como, por exemplo, eólica, solar, hidráulica, geotérmica, biocombustíveis e biogás, as quais usam como matéria prima principal os recursos naturais existentes. Uma subdivisão da bioenergia é a biomassa sólida (vegetais lenhosos, não lenhosos e resíduos orgânicos), a qual representa uma fonte de energia renovável em todo o mundo (HALL *et al.*, 2005).

Para o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CEINBO, 2013) a biomassa é considerada fonte renovável de energia, entretanto, é necessário esclarecer que nem sempre é utilizada de maneira sustentável. São consideradas “biomassas modernas” os biocombustíveis (etanol e biodiesel), a madeira de reflorestamento, o bagaço de cana-de-açúcar e outras fontes, desde que utilizadas de maneira sustentável em processos tecnológicos eficientes. Quando é produzida de forma eficiente e sustentável, a energia da biomassa traz inúmeros benefícios ambientais, econômicos e sociais quando comparados aos combustíveis fósseis.

A sustentabilidade energética desempenha um papel importante no mundo e na atual geração populacional, pois é uma forma de ser capaz de fazer uso dos recursos presentes num processo inventivo sem sacrificar os recursos naturais no futuro. Sustentabilidade energética é uma forma de usar a energia para satisfazer as necessidades atuais, mas de modo a não comprometer as demandas por eletricidade e energia, como um todo, das gerações futuras. Em outras palavras, é uma forma de lidar com a energia eficientemente no momento atual e ainda preservá-la em prol de nossos descendentes. Neste caso, a energia pode ser utilizada dentro dos conceitos de sustentabilidade dentro de um tempo de vida, mas sem danos em longo prazo. Há dois pilares da sustentabilidade energética, que inclui as energias renováveis e a eficiência energética (BRANCO, 2013).

A avaliação geral do desempenho da eficiência energética é baseada na intensidade da energia primária, que relaciona o consumo total de energia de uma região ou de um país ao seu Produto Interno Bruto (PIB). A intensidade energética é amplamente utilizada para monitorar o grau de eficiência da utilização da energia e fornece sinais aos responsáveis pelas tomadas de decisão sobre as tendências da eficiência energética. Entretanto, a intensidade energética é influenciada por vários fatores dos quais a eficiência energética é apenas um componente. Mudanças na estrutura econômica de um país ou na sua matriz energética podem causar um forte impacto nos indicadores da intensidade energética. É dentro desse contexto que a maioria dos países industrializados divulga anualmente uma análise sobre a evolução da intensidade energética e, ao mesmo tempo, a evolução econômica dos principais segmentos do setor manufatureiro (ILLICH,1995).

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo Bergamaschi (2010), as ações de uma empresa não devem estar focadas apenas em inovação de produtos, preços baixos, desenvolvimento de projetos que gerem impactos financeiros com custos baixos, bem como aumentos de vendas e serviços das empresas, mas sim, que tragam benefícios suficientes a fim de amenizar os impactos negativos que estas ações possam acarretar com o consumo de energia derivada do petróleo e elétrica, além de controlar o consumo e produção de energias renováveis com a finalidade de avaliar o grau de eficiência energética que encontram-se atualmente.

No contexto brasileiro da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável existe a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) que tem como objetivo principal difundir as melhores práticas de meio ambiente e sustentabilidade e influenciar a seu público de interesse por meio da geração de conhecimento, contribuição na formulação de políticas públicas e realização de projetos de consultoria. Atualmente a FBDS tem registrado apenas quatro usinas produtoras de bioetanol e uma de biodiesel com indicadores de sustentabilidade empresarial utilizando relatórios anuais, mas não se tem relatórios com indicadores específicos da sustentabilidade energética em nenhuma indústria deste setor.

Segundo Carneiro e Rocha (2006) as instituições encarregadas do incentivo do uso de fontes renováveis de energia, estão a cargo da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério de Minas e Energia (MME). A ANEEL é uma autarquia em regime especial vinculada ao MME para a entrega de dados nos balanços e informes energéticos do consumo de energia elétrica do Brasil, e os produtores do restante das fontes energéticas derivadas do petróleo e renováveis além de apresentar relatórios da produção e venda da energia elétrica. O MME está encarregado dos relatórios anuais da matriz energética brasileira, onde apenas apresenta-se à Eficiência Energética com o indicador da intensidade energética setorial. Analisando os últimos relatórios (BEN, 2013) a intensidade energética é apresentada como a razão entre o produto interno bruto em reais constantes de 2010 convertidos para dólares em paridade do poder de compra de 2010 (US\$) e o valor global da energia consumida dentro do país em toneladas equivalentes de petróleo (TEP), onde verifica-se que se utiliza a seguinte equação para o cálculo:

$$e_n = \frac{Y_n}{E_n} \quad (1)$$

onde:

- e_n é o indicador de Intensidade Energética no tempo n ;
- E_n é o valor global da energia consumida dentro do país em toneladas equivalentes de petróleo (TEP) no tempo n , e
- Y_n é o produto interno bruto PIB em reais constantes de 2010 convertidos para dólares em paridade do poder de compra de 2010 (US\$) no tempo n .

Segundo Ionta (2009), o coeficiente de intensidade energética pode ser utilizado para medir a eficiência energética de todo um país, embora essa situação seja possível para épocas de estabilidade tecnológica, estrutural e de padrão de consumo, mas é pouco provável que tais situações se verifiquem como regra. Para superar este tipo de problemas se devem desenvolver técnicas de decomposição do indicador econômico PIB que permitam obter modelos desagregados para a obtenção da intensidade energética, os quais procurariam reproduzir ou imitar uma determinada realidade da maneira mais fidedigna, procurando desvendar outros fatores

explicativos para o comportamento dessas medidas ao longo do tempo (IONTA, 2009). Segundo Freeman *et al.* (1997), geralmente são adotadas políticas que encorajem a adoção da melhor aplicação prática na intensidade energética, já que tendências nos indicadores de intensidade energética industrial são frequentemente utilizados para identificar indústrias que encontram-se defasadas em comparação com outras, ou seja, em processo de desenvolvimento inferior.

Para Ang e Liu (2003) os estudos relacionados com a utilização da técnica de decomposição por pesquisadores, para quantificar o impacto da mudança estrutural na produção industrial no consumo de energia industrial, podem ser rastreadas até ao início de 1980. Pesquisadores em energia reconheceram, então, que as mudanças no *mix* de produção industrial poderiam ter um grande impacto sobre a intensidade de energia agregada da indústria, dado pela relação entre o consumo de energia industrial total para a produção industrial total. Assim, uma diminuição da intensidade de energia agregada, o que é desejável do ponto de vista de conservação de energia, nem sempre pode ser o resultado de reduções na intensidade energética setorial.

Segundo Bernard e Côté (2002) para medir o nível agregado do consumo de energia proveniente de diferentes fontes (derivados do petróleo, gás natural, carbono, eletricidade, carvão e seus resíduos e dejetos), se adota o procedimento da maioria dos organismos governamentais que consiste em converter as diferentes fontes de energia sobre uma mesma base de equivalência térmica. Mas este cálculo não considera indicadores energéticos desagregados em cada setor consumidor de energia nem do setor de maior consumo de energia que é o setor industrial. É dentro de este contexto que se pode afirmar que os indicadores de medição que contêm medidas de agregação adotam uma perspectiva de apresentação da informação fraca, e as faltas de agregação em tais indicadores estariam mais próximas do adequado conceito de apresentação dos resultados da eficiência energética (GASPARATOS, 2008).

Segundo Ferreira e Cristo (2006) os biocombustíveis estão sendo introduzidos com inúmeras vantagens ambientais, sociais e possivelmente econômicas. Essa realidade nas indústrias produtoras de combustíveis renováveis demonstra os desafios que as empresas do setor precisam enfrentar. Desta forma, as empresas

para se manterem inseridas em um mercado competitivo as indústrias, precisam ser sustentáveis energeticamente e gerarem agregação de valor, tanto para os acionistas, como para toda a sociedade (HART e MILSTEIN, 2003). Dessa forma, elas alcançam competitividade empresarial e o desenvolvimento econômico saudável para as gerações atuais, sem comprometer o futuro das próximas gerações nas melhoras da eficiência energética.

Neste sentido, as empresas necessitam estar conscientes de seus objetivos e das estratégias que irão adotar e executar para alcançá-los. Desta forma devem ter sua visão e missão bastante claras e sucintas, de fácil entendimento a todos os envolvidos, independentemente do nível hierárquico, para que a partir daí, sejam tomadas as decisões que irão refletir no alcance da eficiência energética (SAVITZ, 2007).

Para viabilizar uma alternativa renovável de combustível é imperativo um estudo completo do balanço energético de toda a sua cadeia de produção, a fim de verificar se a energia renovável e não renovável investida nos processos agrícolas, industriais e na logística de transporte forem efetivamente menores que a energia final obtida, ou seja, se existe eficiência energética no processo (BRASIL, 2006a).

Apesar da existência de numerosos trabalhos neste sentido em todas as partes do mundo e mesmo quando não são completamente precisos, o desenvolvimento de mais estudos justifica-se devido a que os dados relacionados a consumo e eficiência energética constituem poderosas ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos (TORRES A., 2004).

Observa-se no entanto, uma carência acentuada no desenvolvimento de trabalhos relacionados a balanços de energia, ou seja, a falta de informação desagregada por setor gera lacunas nos bancos de dados para a obtenção de indicadores energéticos desagregados, e neste sentido a setorização das informações seria um grande desafio e contribuiria para a obtenção de coeficientes energéticos mais específicos visando a composição de matrizes energéticas onde se apresentem os principais pontos de atuação para melhorar o consumo de energia. É necessário visar, em uma primeira instância, o levantamento e a publicação de coeficientes

energéticos relacionados aos produtos, insumos e consumo energético em indústrias brasileiras que venham a fornecer subsídios para o desenvolvimento de balanços energéticos com melhor nível de precisão.

Como anteriormente mencionado pode-se concluir que ainda não há uma metodologia consolidada e padronizada de estimativa desagregada de balanços de energia, para os diversos setores consumidores e produtores de energia nas distintas regiões do globo. Neste contexto a aplicação de indicadores para avaliar a eficiência energética, propostos pelas instituições internacionais na área econômica, pode contribuir para o conhecimento do cenário atual e apresentar as possíveis deficiências energéticas das indústrias produtoras de biocombustível na Bahia, que representam o campo de estudos deste trabalho.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste projeto é apresentar uma proposta de avaliação da eficiência energética, no processo de produção das indústrias de biocombustíveis na Bahia utilizando indicadores do desenvolvimento sustentável energético na área econômica.

1.2.1 Objetivos específicos

Para alcançar esse objetivo geral foram formulados como objetivos específicos:

- Levantar e sistematizar dados por meio de revisão da bibliografia relacionada com a utilização dos indicadores de desenvolvimento sustentável na área econômica.
- Identificar e registrar os indicadores de avaliação da sustentabilidade elaborados pelas organizações internacionais.
- Complementar as informações identificadas na bibliografia com novos indicadores avaliativos da eficiência energética.
- Aplicar os indicadores de desenvolvimento sustentável nas empresas produtoras de biocombustível com o uso de questionários.

- Efetuar uma análise e comparação da informação quantitativa e qualitativa, dos indicadores de desenvolvimento sustentável da área econômica publicados pelas organizações internacionais, com visitas técnicas, entrevistas nas empresas produtoras de biocombustível na Bahia e comparações teóricas na bibliografia.
- Esquematizar e avaliar os resultados da eficiência energética com a aplicação dos indicadores nas empresas em estudo.
- Apresentar os resultados da proposta de avaliação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para oferecer um panorama da situação atual da eficiência energética na produção de biocombustíveis precisa-se medir, divulgar e prestar contas, das várias partes interessadas, sobre o desempenho das organizações, visando atingir o objetivo do desenvolvimento sustentável energético, já que uma fração da bioenergia gerada pode não ter um desenvolvimento energético eficiente. A emergência de uma nova base de informação da sustentabilidade energética com a avaliação da eficiência energética no Brasil impõe desafios em termos teóricos aos pesquisadores. Busca-se suprir essa laguna a partir do conjunto de conhecimentos disponíveis e pela busca do entendimento do fenômeno na pesquisa de campo. A barreira desta falta de informação impossibilita a realização de uma análise comparativa do desempenho sustentável energético e sua evolução com outros Estados e/ou países produtores de biocombustíveis.

Dentro deste contexto, na tentativa de se estabelecer uma análise mais completa, diferentes abordagens para medir o desempenho de eficiência energética têm sido propostas na literatura e têm sido amplamente aplicadas para avaliar o desempenho comparativo da eficiência energética entre diferentes instituições (BOYD e PANG, 2000; RAMANATHAN, 2000; ONUT e SONER, 2006; HU e WANG, 2006; HU e KAO, 2007; AZADEH *et al.*, 2007; LEE, 2008; ZHOU e ANG, 2008; ZHOU, ANG e POH, 2008 e ZHANG *et al.*, 2011), entre outros. Chegou-se então a conclusão de que apresentar a realidade da eficiência energética é complexo dadas as características produtivas e seus impactos sobre a economia. Essa complexidade está

associada às várias dimensões que influenciam a escolha e o correto uso das ferramentas elaboradas para avaliar a eficiência energética em uma empresa e se as mesmas realmente são as indicadas para este estudo.

Este trabalho busca o entendimento da forma de como as distintas ferramentas avaliativas da sustentabilidade energética nas empresas produtoras de combustíveis renováveis podem ser aplicadas no processo de produção de biocombustíveis na Bahia e suprir a lacuna existente nos estudos feitos com a apresentação da intensidade energética como único indicador da eficiência energética.

Nos últimos anos, a Agência Internacional de Energia (IEA) trabalhou de perto com Serviço de Estatística Federal do Estado da Rússia (ROSSTAT) e com a Agência de Energia Russa recém-formada para apoiar o desenvolvimento de indicadores de eficiência energética na Rússia, onde se concentraram indicadores nos setores industrial, residencial e de transporte, onde foi fundamental a implementação e monitoramento das metas de eficiência energética com base estes indicadores. Desde 2008, a IEA tem trabalhado com a ROSSTAT para determinar quais dos dados já existem, identificar as lacunas neles, além de avaliar a qualidade dos mesmos (SMAP, 2010).

Tem-se discutido no meio acadêmico as vantagens atribuídas ao uso de relatórios e ferramentas para avaliar o desenvolvimento sustentável energético da área econômica com a eficiência energética, mas não se tem encontrado estudos mais aprofundados sobre o assunto e o modelo de aplicação nas empresas, o que justifica o desenvolvimento desse estudo.

É neste contexto que se pesquisou nas áreas e instituições internacionais de maior apoio da IEA e assim encontraram-se duas organizações de maior atuação as quais elaboraram modelos consolidados na aplicação da sustentabilidade energética nas indústrias. Além disso, na bibliografia utilizada pelas organizações internacionais para elaborar os indicadores de sustentabilidade energética, a maior área de atuação da agência IEA foi na área econômica e esta é a justificativa da opção pela análise e aplicação desta área neste trabalho.

Este trabalho está sustentado na premissa de que apenas empregando ferramentas de avaliação do desenvolvimento sustentável energético, na área econômica das organizações internacionais, pode-se gerar informação unificada, padronizada e qualitativa do cenário atual do desempenho da eficiência energética nas empresas produtoras de biocombustível na Bahia. Neste contexto, a unificação dos indicadores e o complemento de outros indicadores nas ferramentas de avaliação podem melhorar o panorama atual da eficiência energética nas empresas em estudo.

2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1 O QUE É A BIOENERGIA

PANGEA (2013) define bioenergia como um termo amplo que se refere a qualquer forma de energia renovável produzida a partir de materiais derivados de fontes biológicas. Este engloba não só os biocombustíveis líquidos para os transportes, mas também a biomassa sólida e o biogás; cada um dos quais pode cumprir diferentes funções para as comunidades.

Esta organização também define que os biocombustíveis líquidos fornecem uma maneira econômica e ambientalmente sustentável para os países reduzirem sua dependência em importações de combustíveis fósseis. No entanto, o biogás pode também ser usado para gerar eletricidade em micro redes e em projetos de eletrificação rural fora da rede, e ambos são componentes essenciais nos fogões limpos que fornecem uma alternativa saudável à biomassa tradicional.

2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS

Para a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2011), os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia.

Para a PANGEA (2013) a definição de biocombustível líquido refere-se a qualquer fonte de combustível líquido derivado de matéria orgânica, ao invés das convencionais fontes fósseis. Eles fornecem uma significativa diminuição de gás de efeito estufa quando usados como alternativas aos combustíveis fósseis e nesse sentido foram priorizadas pela União Europeia. Existem dois principais tipos de biocombustíveis líquidos:

- O etanol é produzido através da fermentação de açúcares, amidos, ou de celulose, e pode ser misturado com qualquer percentagem de gasolina para fornecer combustível para o transporte. As matérias-primas mais populares

têm-se revelado o sorgo-doce e a cana-de-açúcar, graças à sua sustentabilidade (PANGEA, 2013).

- O biodiesel é produzido a partir de óleos ou gorduras através de um processo de transesterificação, e a partir de uma vasta gama de matérias-primas possíveis: gorduras animais, óleos vegetais, soja, pinhão manso, girassol e óleo de palma (PANGEA, 2013). Como combustível pode ser utilizado em qualquer motor diesel, quando combinado com diesel mineral. O biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis e aditivos derivados de fontes renováveis, como dendê (palma), babaçu, soja, mamona, entre outras. (HOLANDA, 2004).

2.3 A EVOLUÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol extraído de cana-de-açúcar e, em escala crescente, o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais e adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis. Cerca de 45% da energia elétrica e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não-renováveis. Pioneiro mundial no uso de biocombustíveis, o Brasil alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam fontes renováveis de energia, como alternativas estratégicas ao petróleo (ANP, 2011). A Figura 2.1 apresenta o desenvolvimento e aplicação dos biocombustíveis na matriz energética brasileira ao longo do tempo.



Figura 2.1: Linha do tempo dos biocombustíveis

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ANP (2014)

2.4 A AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP E OS BIOCOMBUSTÍVEIS

A Lei nº 11.097, publicada em 13 de janeiro de 2005, introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira e ampliou a competência administrativa da ANP, que passou desde então a denominar-se Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e assumiu as atribuições de especificar e fiscalizar a qualidade dos biocombustíveis e garantir o abastecimento do mercado, em defesa do interesse dos consumidores. A Agência também executa as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética para os biocombustíveis.

A ANP tem as funções de estabelecer as normas regulatórias, autorizar e fiscalizar as atividades relacionadas à produção, transporte, transferência, armazenagem, estocagem, importação, exportação, distribuição, revenda e comercialização e avaliação de conformidade e certificação de biocombustíveis (ANP, 2011).

2.5 O BIOETANOL NO BRASIL

A União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA, 2013) define que o etanol e álcool etílico são sinônimos e ambos se referem a um tipo de álcool constituído por dois átomos de carbono, cinco átomos de hidrogênio e um grupo hidroxila. Ao contrário da gasolina, o etanol é uma substância pura, composta por um único tipo de molécula: C_2H_5OH . Na produção do etanol, no entanto, é necessário diferenciar o etanol anidro (ou álcool etílico anidro) do etanol hidratado (ou álcool etílico hidratado). A diferença aparece apenas no teor de água contida no etanol: enquanto o etanol anidro tem o teor de água em torno de 0,5%, em volume, o etanol hidratado, vendido nos postos de combustíveis, possui cerca de 5% de água, em volume (embora a especificação brasileira defina essas características em massa, o comentário feito expressa os dados em volume, para harmonização da informação com a prática internacional).

Na produção industrial do etanol, o tipo hidratado é o que sai diretamente das colunas de destilação. Para produzir o etanol anidro é necessário utilizar um processo adicional que retira a maior parte da água presente (ÚNICA, 2013).

2.5.1 Processo Produtivo do bioetanol

O bioetanol pode ser produzido através de diferentes matérias primas, desde que estas apresentem uma quantidade significativa de carboidratos, em especial amido ou açúcares. Os maiores produtores e consumidores de bioetanol são os Estados Unidos, cuja produção se dá a partir do milho, e o Brasil, que produz bioetanol da cana-de-açúcar (BNDES, 2008).

A Figura 2.2 indica as diferentes fases na cadeia de produção do bioetanol a partir de açúcares, amido e biomassa celulósica.

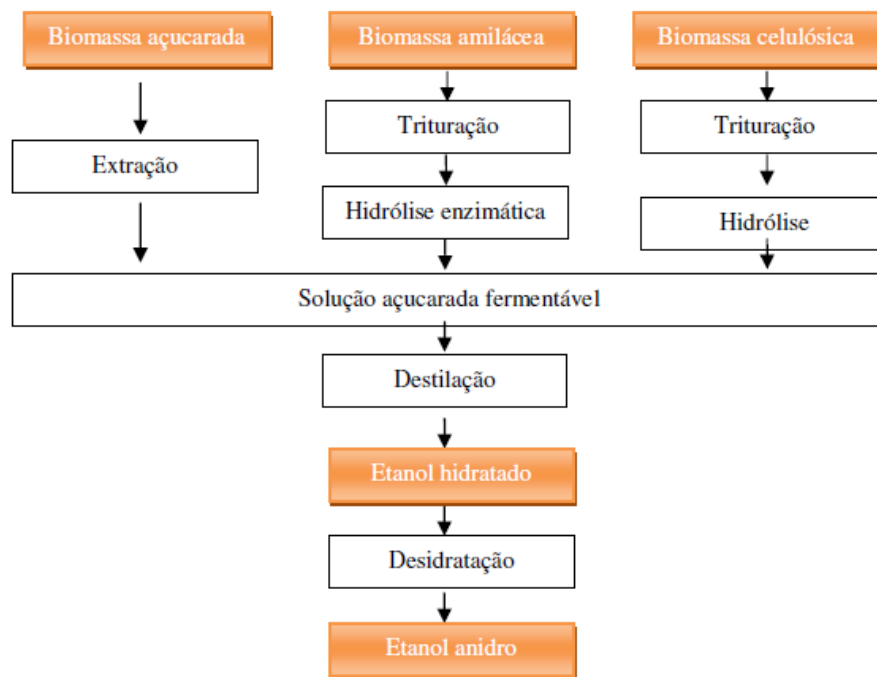


Figura 2.2: Cadeia de produção do bioetanol.
Fonte: BNDES (2008)

Bioetanol proveniente da cana-de-açúcar

Quanto à produção de bioetanol da cana-de-açúcar, vale destacar o contexto brasileiro, uma vez que o país é o maior produtor de bioetanol a partir dessa matéria prima.

O cultivo da cana-de-açúcar, no Brasil e em geral, tem um ciclo de seis anos, dentro do qual ocorrem cinco cortes, quatro tratos de soqueiros e uma reforma. O primeiro corte ocorre doze ou dezoito meses depois do plantio. Já os outros cortes são feitos uma vez por ano, ao longo de quatro anos, com redução gradual da produtividade. Após o quinto corte, a produtividade decai de modo significativo, tornando economicamente inviável a realização de outro corte. Por essa razão é feita a reforma do canavial, a qual requer a substituição da cana antiga por um novo plantio para que, então, seja iniciado um novo ciclo. Durante o período de reforma, a terra cultivada deve descansar por alguns meses, podendo, até, mesmo receber cultivos de ciclo curto, como leguminosas (MACEDO *et al.*, 2008).

A boa produtividade da cana depende do clima ideal, o qual deve conter duas

estações: uma marcada pelo calor e chuva, seguida por outra fria e seca. Por essa característica, pode-se concluir que é pouco provável que a cana esteja diretamente relacionada ao desmatamento da Floresta Amazônica (MACEDO *et al.*, 2008). Segundo Ortiz (2006), a produção de cana no Brasil é responsável por 0,6% da área total da terra ou 2,0% das áreas agrícolas utilizada e desmatada para o cultivo e produção do biocombustível mais produzido no Brasil, além disso a maior área desmatada é a área utilizada para a criação de animais para o consumo de carne e leite.

Após a colheita, a cana é transportada o quanto antes para a usina. O transporte é por caminhões, cuja capacidade de carga varia entre quinze a sessenta toneladas. Assim que chega à usina, a cana passa por um processo industrial dividido em quatro fases: extração do caldo, fermentação, destilação e desidratação (MACEDO *et al.*, 2008).

A fase industrial da produção de bioetanol demanda muita água, mas a implantação de medidas de reuso tem diminuído a captação. Quanto à energia consumida no processo, a sua totalidade pode ser provida por um sistema de produção combinado de calor e potência (cogeração), o qual é instalado na própria usina e utiliza o bagaço como fonte energética (BNDES, 2008). Esse autor afirma que as usinas brasileiras são autossuficientes, uma vez que produzem toda a energia que necessitam, e têm, ainda, conseguido exportar cada vez mais excedentes de energia elétrica para a rede pública.

Segundo Halmeman (2012) o funcionamento de uma unidade de produção sucroalcooleira requer o uso de três tipos de energia: térmica, utilizada no cozimento do açúcar e/ou na destilação do álcool etílico; mecânica, utilizada na maior parte das unidades para mover as moendas que, por um processo de desfibramento e compressão, retiram o caldo da cana e a sacarose nele presente; e a energia elétrica para a iluminação, funcionamento dos motores e bombas d'água que movimentam todo o sistema industrial, além de fazer funcionar o sistema chamado de fertirrigação, esse sistema consiste no aproveitamento da vinhaça líquida resultante da destilação do etanol, aplicando-a nos canaviais. A consecução desses três tipos de energia é feita através da queima do bagaço em fornalhas que aquecem as caldeiras para a

produção de vapor.

2.5.1.1 Como o etanol combustível é usado no Brasil hoje

Segundo informações da ÚNICA (2007) cerca de 80% da produção brasileira de etanol tem como destino o uso carburante, 5% é destinado ao uso alimentar, perfumaria e álcoolquímica e 15% para exportação.

O etanol anidro é usado na produção da denominada Gasolina C, que é a única gasolina que pode ser comercializada no território nacional para abastecimento de veículos automotores. As distribuidoras de combustíveis adquirem o etanol anidro das destilarias e a Gasolina A (“pura”) das refinarias, fazendo uma mistura desses dois na proporção que pode variar entre 20 e 25% de anidro. Isso significa que as distribuidoras de combustíveis são, de fato, formuladoras de Gasolina C: adquirem no mercado dois produtos (Gasolina A e álcool anidro, que não podem ser vendidos separadamente ao consumidor final) e produzem um novo, a Gasolina C, própria para consumo pelos veículos (ÚNICA, 2007).

O etanol hidratado é usado diretamente no abastecimento de veículos automotores. É o álcool adquirido pelo consumidor no posto de abastecimento, para os veículos a etanol ou para os veículos com motor *Flex-Fuel*. Se o consumidor possuir um veículo com motor *Flex* ele pode utilizar exclusivamente o etanol hidratado (ÚNICA, 2007).

2.5.1.2 Regulações do Estado para o etanol usado como combustível

De acordo com a ANP (2013), a regulação não interfere na produção das indústrias e é estabelecida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e, por força das Leis nº 9.478/97 e nº 9.847/99, é restrita a:

- a) Especificar a qualidade do etanol combustível, seja aquele misturado com a gasolina (anidro) ou aquele revendido diretamente nos postos de abastecimento (hidratado);
- b) Regular as atividades de distribuição e revenda de combustíveis, inclusive do etanol, sempre observando os princípios da livre concorrência e de proteção

dos interesses do consumidor.

É relevante ainda ressaltar que a obrigação da mistura do etanol anidro na gasolina que é comercializada no Brasil, em proporção variável entre 20 a 25%, é determinada pela Lei Federal nº 8.723/93 que tratou da redução das emissões de poluentes gerados por veículos automotores, ou seja, a especificação da gasolina comercializada no Brasil exige a presença do etanol em sua composição (ANP, 2013).

Atualmente, as normas da ANP mais relevantes sobre o etanol são:

- a) Resolução ANP nº 36/2005, que estabelece a especificação do etanol combustível de veículos automotores no mercado brasileiro, seja o anidro (misturado na gasolina) ou o hidratado. Essa norma criou a obrigação da mistura de um corante laranja no etanol anidro de forma a distingui-lo do etanol hidratado.
- b) Resolução ANP nº 05/2006, que regula a comercialização de etanol a distribuidores de combustível.

2.6 O BIODIESEL

A ANP (2014) informa que para se tornar compatível com os motores a diesel, o óleo vegetal precisa passar por um processo químico chamado transesterificação, realizado nas instalações produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP. É possível, também, usar mais de uma fonte vegetal no mesmo biodiesel. A mamona, por exemplo, se usada em mistura com outros óleos, agrega propriedades positivas ao produto final, como a redução do ponto de congelamento, sem alterar as especificações exigidas pela ANP.

A venda de diesel BX – nome da mistura de óleo diesel derivado do petróleo e um percentual (7%, atualmente) de biodiesel – é obrigatória em todos os postos que revendem óleo diesel, sujeitos à fiscalização pela ANP. A adição de até 7% de biodiesel ao diesel de petróleo foi amplamente testada, dentro do Programa de Testes coordenado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, que contou com a participação da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea). Os resultados demonstraram, até o momento, não haver a necessidade de qualquer

ajuste ou alteração nos motores e veículos que utilizem essa mistura (ANP, 2014).

2.6.1 Processo de Produção de biodiesel

O biodiesel é definido como um combustível composto de mono-álquil-éteres de ácidos graxos de cadeia longa, apresentando ou não duplas ligações, derivado de fontes renováveis, tais como óleos vegetais, gorduras animais e óleos oriundos de frituras usadas (PENTEADO, 2005).

Com relação a suas características, o biodiesel é perfeitamente miscível ao óleo diesel mineral uma vez que apresenta características físico-químicas semelhante ao diesel, podendo ser utilizado em motores do ciclo de diesel sem a necessidade de adaptações significativas e onerosas (BIODIESELBR, 2014). Outra vantagem é que o biocombustível é considerado um produto ecológico por apresentar características biodegradáveis, não tóxicas, por estar praticamente livre de enxofre e aromáticos e conter aproximadamente 11% de oxigênio. Segundo o INT (2002), estas características indicam potencial de redução na emissão de gases poluentes e produtos carcinogênicos. Há também reduções significativas em material particulado. E de acordo com BIODIESELBR (2014), por se tratar de uma energia limpa, o seu uso num motor diesel convencional resulta, quando comparado com a queima do diesel mineral, numa redução substancial de monóxido de carbono (CO) e de hidrocarbonetos não queimados.

O biodiesel é obtido por diferentes processos químicos como esterificação, craqueamento ou transesterificação, a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou resíduos industriais e residenciais. Os óleos vegetais mais usados no Brasil são aqueles oriundos das oleaginosas como soja, mamona, palma (dendê), girassol, babaçu, algodão, girassol (BIODIESELBR, 2014).

O processo de transesterificação é o mais difundido no mundo e envolve a reação química de triglicerídeos, ou seja, óleos e gorduras vegetais ou animais, com álcoois (metanol ou etanol), catalisada por uma base (mais usual), ácido ou enzima, formando um éster (biodiesel) e glicerina (Plano Nacional de Agroenergía, 2006). A Figura 2.3 a seguir apresenta as etapas do processo para a obtenção de biodiesel por

meio da reação de transesterificação, ressaltando a geração de um subproduto principal, a glicerina, que encontra diversas aplicações na indústria química após a sua destilação (RATHMANN *et al.*, 2006).

O processo de transesterificação envolve as seguintes etapas (Cadernos NAE, 2004): (i) o álcool e o catalisador são misturados em um tanque com um agitador; (ii) o óleo vegetal é colocado em um reator fechado contendo a mistura álcool/catalisador; o reator é usualmente aquecido à aproximadamente 70°C para aumentar a velocidade da reação, que leva entre 1 a 8 horas; (iii) ao término da reação, quando se considera convertido um nível suficiente de óleo vegetal, os ésteres (biodiesel) e a glicerina são separados por gravidade, podendo ser adotadas centrífugas para agilizar o processo; (iv) o álcool em excesso é separado do biodiesel e da glicerina por evaporação sob baixa pressão (evaporação flash) ou por destilação, e retorna ao processo; e (v) o biodiesel deve ser purificado e, em alguns casos, lavado com água morna para remover resíduos de catalisador e sabões.

A reação de transesterificação via metílica é a mais utilizada em todo o mundo (Oliveira, 2007) por ser menos complexa do que a etílica. As duas principais distinções entre tais rotas consistem no fato de que a reação utilizando o etanol é mais lenta e a separação das fases (glicerina-biodiesel-álcool) é mais complexa (Prates *et al.*, 2007). Isto se justifica pelo fato de que o etanol apresenta um tamanho maior do que o metanol, exigindo maior sofisticação no processo (CADERNOS NAE, 2004).

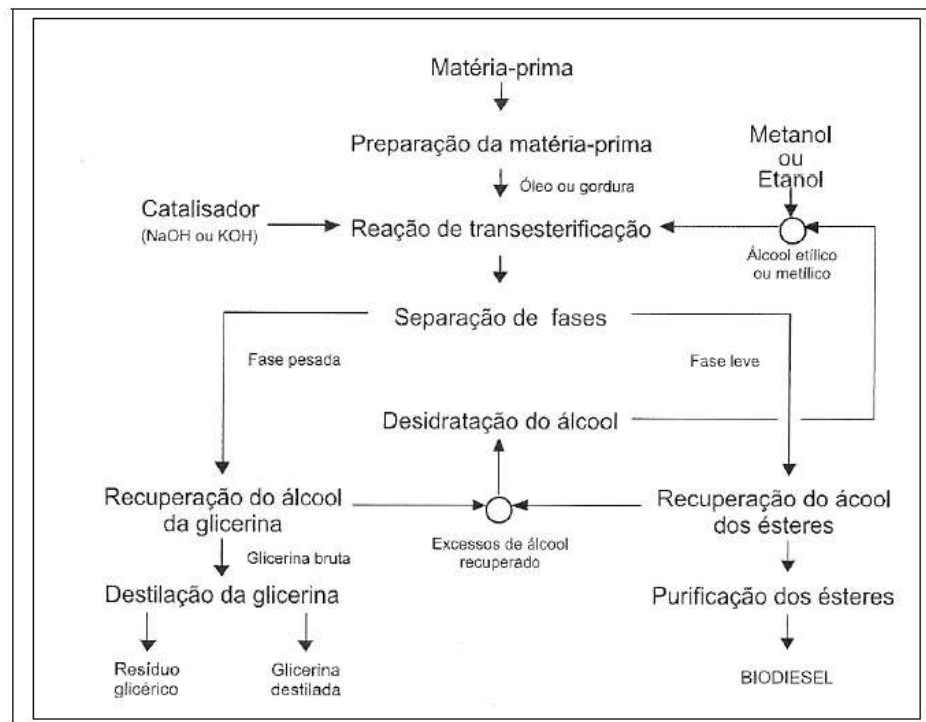


Figura 2.3: Obtenção de biodiesel
Fonte: MAPA (2006)

2.6.2 Panorama atual do biodiesel no Brasil

Segundo Pinto *et al.* (2005), a espécie vegetal utilizada para a produção de biodiesel é escolhida de acordo com sua disponibilidade em cada região ou país. Qualquer fonte de ácidos graxos pode ser usada para a produção, mas a maioria dos relatórios apresentados pelo Ministério de Minas e Energia a respeito dos balanços energéticos nacionais de oferta e consumo de energia no Brasil, relata a soja como a fonte principal (BEM, 2014).

As espécies consideradas potenciais pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2005) e o potencial produtivo com maior potencial são o dendê e o coco, que possuem a vantagem de serem culturas perenes e com colheita contínua durante o ano. O biodiesel é um combustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. Dezenas de espécies vegetais presentes no Brasil podem ser usadas na produção do biodiesel, entre elas soja, dendê, girassol, babaçu, amendoim, mamona e pinhão-manso. Entretanto, o óleo vegetal *in natura* é bem diferente do biodiesel, que deve atender à especificação estabelecida pela Resolução ANP n° 7/2008 (ANP,

2013).

A mamoneira é a principal cultura para produção de matéria prima para o biodiesel no semiárido brasileiro. O maior produtor é o Estado da Bahia que encerra cerca de 85% da produção nacional (AQUINO *et.al.*, 2013).

A lei nº 11.097, de 13/01/2005 (BRASIL, 2005) estabelece a estratégia nacional de adoção do Biodiesel como substituto gradual para o óleo diesel de petróleo, e a Resolução nº 2 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), publicada em março de 2008, aumentou de 2% para 3% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel do petróleo, e atualmente encontra-se o percentual obrigatório em 7% (ANP, 2014). Os padrões e a normalização para uso e comercialização internacional dos biocombustíveis estão definidas no documento chamado “*White Paper*”, elaborado por instituições Brasileiras, Europeias e Norte Americanas, e suas orientações seguem no sentido de que os óleos vegetais devam ser transesterificados para sua utilização como combustível (TRIPARTITE TASK FORCE, 2006).

A ANP (2013) realiza, desde o ano 2005, os leilões de biodiesel. Nos leilões, refinarias compram o biodiesel para misturá-lo ao diesel derivado do petróleo. O objetivo inicial dos leilões foi gerar mercado e, desse modo, estimular a produção de biodiesel em quantidade suficiente para que refinarias e distribuidores pudessem compor a mistura (BX) determinada por lei. Os leilões continuam sendo realizados para assegurar que todo o óleo diesel comercializado no país contenha o percentual de biodiesel determinado em lei.

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2010, de 2,4 bilhões de litros e uma capacidade instalada, no mesmo ano, para cerca de 5,8 bilhões de litros (MME, 2012).

2.7 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para Vanderley *et al.* (2005), o conceito de eficiência energética está ligado à minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil sendo que as perdas estão relacionadas a qualquer tipo de energia, seja térmica, mecânica ou

elétrica.

Giampietro *et al.* (1992), consideram a análise energética através de indicadores de energia como um método promissor para avaliar e investigar os problemas relacionados à sustentabilidade e à eficiência de sistemas agrícolas. Porém, no Brasil os pesquisadores têm demonstrado pouco interesse no desenvolvimento de trabalhos de balanço de energia como meio de avaliar processos produtivos.

A eficiência energética tem um papel importante na redução do consumo de energia fóssil, reduzindo assim a poluição do ar e mitigando as mudanças climáticas antropogênicas. Vários países formularam estratégias políticas, econômicas e técnicas em todos os setores da economia com o objetivo de reduzir a demanda de energia elétrica e derivada do petróleo. A demanda por energia vem de quatro grandes setores: residencial, industrial, de transporte e de um grupo formado por edifícios comerciais e governamentais. Além disso, os principais fatores que determinam a demanda de energia no setor industrial são o crescimento da atividade econômica, população e composição da indústria (PARDO, 2009).

2.7.1 Eficiência energética no Brasil

O racionamento de energia elétrica em 2001, quando veio ao público a crise do setor elétrico, fez crescer em todo o país o sentimento de economia desta fonte. A necessidade de um sistema elétrico confiável e o aumento nas perdas de energia e pressões ambientais, principalmente da comunidade internacional, fizeram com que fossem intensificadas as ações de eficiência energética na geração, distribuição e no consumo final. A crise trouxe perdas para o país, tanto para empresas como para a população, mas também o alerta para o uso racional de energia. (MME, 2001).

O Brasil, apesar de produzir energia limpa, com menos emissão de carbono e outros gases de efeito estufa, em relação aos países industrializados, embute mais energia e carbono em seus produtos exportados do que os produtos importados. Isso coloca o país em desvantagem competitiva no mercado internacional. Para buscar o crescimento econômico e gerar emprego e renda, o país precisa investir, nos próximos

anos, mais em energia do que outros países industrializados (MACHADO, 2002).

2.8 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDÚSTRIAS

No setor industrial, a eficiência energética (η) pode ser medida pela quantidade de energia necessária para produzir uma tonelada do produto (HALMEMAN, 2012), definida pela Equação (2):

$$\eta = \frac{\text{saídas úteis de processo(produto)}}{\text{energia de entrada em um processo(consumo de energia)}} \quad (2)$$

Para Halmeman (2012) o rendimento energético na indústria se dá pela relação entre as entradas de matéria-prima e insumos energéticos e as saídas úteis. As saídas úteis de um sistema ou processo não são necessariamente uma produção de energia, podem ser toneladas de produto, algum resultado fisicamente definido ou saídas em termos de preços de mercado. Dentro deste contexto procurou-se na literatura os tipos de indicadores de eficiência energética mais atualizados e segundo Murray (1996) são:

- 1) **Termodinâmicos:** estes são indicadores de eficiência energética que dependem inteiramente de medidas derivadas da ciência da termodinâmica. Alguns destes indicadores são relações simples e alguns são medidas mais sofisticadas que se relacionam com o uso real de energia a um processo de 'ideal'.
- 2) **Físico-termodinâmicos:** estes são indicadores híbridos onde a absorção de energia ainda é medida em unidades termodinâmicas, mas a saída é medida em unidades físicas. Estas unidades físicas tentam medir a entrega do processo de prestação de serviços - por exemplo, em termos de toneladas de produtos ou passageiro milhas.
- 3) **Físicos:** estes são indicadores de eficiência energética que dependem inteiramente em unidades físicas.
- 4) **Econômico-termodinâmicos:** estes também são indicadores híbridos onde a prestação de serviços (saída) do processo é medido em termos de preços de mercado. A entrada de energia, como acontece com os indicadores físicos e

termodinâmicos é medida em termos de unidades termodinâmicas convencionais.

- 5) Econômicos:** Estes indicadores medem mudanças na eficiência energética puramente em termos de valor de mercado (\$), ou seja, tanto a entrada de energia e prestação de serviços (output) são enumerados em termos monetários.

Para Passo (1992), a gestão eficiente e comprometida com resultados de um projeto requer um conjunto de competências e de ferramentas, cabendo destacar, para os propósitos desta discussão, o estabelecimento de metas de desempenho mensuráveis e um sistema de informações regular a partir de indicadores, fornecendo assim um sistema de monitoramento e de controle sobre a prestação de serviços a um determinado segmento da população. Os indicadores constituem uma instância central do processo de avaliação, na medida em que permitem quantificar e qualificar o sucesso alcançado, como também medir o nível e a intensidade das mudanças sociais.

Para a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2007), eficiência no uso da energia é um importante vetor no atendimento da demanda, contribuindo para a segurança energética, para a modicidade tarifária, para a competitividade da economia e para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

O uso de indicadores de eficiência energética permite (ODYSSEE, 2011): (I) monitorar o progresso da eficiência energética na economia e em setores específicos; (II) avaliar o impacto de políticas e programas voltados para eficiência energética, inclusive justificando a manutenção ou a interrupção de determinadas ações; (III) planejar ações futuras, incluindo programas de P&D; (IV) alimentar parâmetros de modelagem de modo a melhorar a qualidade de projeções de demanda de energia; (V) possibilitar comparações internacionais entre setores e entre países.

Outros autores definem que os indicadores energéticos descrevem as relações entre o uso de energia e a atividade econômica de forma desagregada, representando medições do consumo de energia, permitindo identificar os fatores que o afetam (SCHIPPER *et al.*, 2001). Tolmasquim *et al.* (1998) destacam, ainda, que os

indicadores globais prestam-se a avaliar a eficiência energética de um país como um todo, possibilitando a comparação com outros países e o acompanhamento da evolução da eficiência ao longo do tempo. Patterson (1996), por sua vez, destaca o entendimento de eficiência energética como um processo associado a um menor uso de energia por cada unidade de produção, o que torna a avaliação de indicadores de eficiência energética uma atividade fundamental.

Algumas amplas gamas de métodos de avaliação da eficiência energética têm sido desenvolvidas nos últimos anos, mas poucos modelos consolidados são apresentados em relatórios de balanços energéticos.

Os indicadores de um balanço energético visam estabelecer os fluxos de energia, refletido pelo ganho líquido e pela relação saída/entrada. A estimativa dos balanços de energia e de eficiência energética são importantes instrumentos no monitoramento da agricultura ante o uso de fontes de energia não renováveis (BUENO *et al.*, 2000), sendo determinada pela quantidade de energia obtida na forma de produto em relação à energia cultural utilizada no sistema para produzi-lo (HEITSCHMIDT *et al.*, 1996). A saída de energia é determinada pela conversão direta do rendimento de produtos (kg de grãos) em energia (kcal ou kJ). A entrada de energia é determinada através da quantificação energética de todas as operações e insumos que são aplicados para produção, sendo classificadas como biológica e fóssil. A importância da análise energética é fornecer indícios e informações necessárias para mensurar, interpretar e subsidiar a tomada de decisões (COMITRE, 1993).

Estes indicadores são, portanto, medidores, e significam uma possibilidade de adaptar dados, informações e estatísticas às necessidades de análise da eficiência energética, de modo a aumentar e melhorar o nível de conhecimento científico e técnico no tratamento e solução de problemas e necessidades do setor indústria a analisar. Neste contexto, indicadores representam uma imagem integrada e resumida de diversos fenômenos de ordem econômica, social, cultural, política, demográfica, entre outros.

2.8.1 Indicadores da Associação Mundial da Bioenergia - GBEP

Em 2005, o Grupo dos Oito (G8) e cinco países (Brasil, China, Índia, México e África do Sul) criou a Associação Mundial de Bioenergia (*Global Bioenergy Partnership* GBEP) para promover o desenvolvimento de biomassa e de biocombustíveis e desenvolver um quadro voluntário internacional de sustentabilidade para bioenergia. A GBEP agora inclui 21 países e 11 organizações internacionais, parceiros e outros 21 países, como observadores, juntamente com a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, FIDA, IRENA, a Comissão Europeia, o Banco Mundial e o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (GBEP, 2009).

O Grupo de Trabalho produziu o primeiro esboço dos critérios de sustentabilidade e indicadores GBEP classificados como indicadores básicos (muito relevante, prático e ciência baseada) e indicadores de grande relevância (baixa praticidade e / ou uma base científica), não relevantes. Estes critérios dizem respeito a uma série de questões de sustentabilidade, incluindo: (1) os impactos ambientais: emissões de gases de efeito estufa, a terra e os ecossistemas, qualidade do ar, disponibilidade de água, eficiência e qualidade, biodiversidade e mudança do uso da terra, incluindo os efeitos indiretos, (2) o impacto social: a segurança alimentar, o acesso à terra, a água e aos outros recursos, desenvolvimento rural e social, o acesso à energia, condições de trabalho, de saúde e de segurança dos seres humanos, (3) a segurança econômica e energia, o desenvolvimento econômico, a viabilidade econômica e competitividade, o acesso à tecnologia de segurança e de energia (Associação Mundial de Bioenergia, 2009). Uma série de tópicos mais refinados, incluindo a biodiversidade, os efeitos indiretos da mudança do uso da terra, segurança alimentar, o apoio do governo, comercial e legal nacional, políticas e institucionais. A partir dos manuais da aplicação destes indicadores foi elaborado um quadro resumo no Anexo A.

2.8.2 Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável - EISD

Indicadores de energia não são meras estatísticas da energia, mas sim, que se estendem além das estatísticas básicas para proporcionar uma compreensão mais

profunda das relações causais na energia-ambiente-economia, e para destacar as ligações que podem não ser evidentes a partir de estatísticas simples. Tomados em conjunto, os indicadores podem dar uma imagem de todo o sistema de energia, incluindo interligações e *trade-offs* entre as várias dimensões do desenvolvimento sustentável, bem como as implicações de longo prazo de decisões e comportamentos atuais. Alterações nos valores dos indicadores ao longo do tempo, o progresso marca ou falta de progresso rumo ao desenvolvimento sustentável (VERA, 2007).

EUROSTAT (2005) em resposta às decisões tomadas pela Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CSD) e capítulo 40 da Agenda 21, em 1995, do Departamento das Nações Unidas de Assuntos Econômicos e Sociais (UNDESA) começou a trabalhar para produzir um conjunto global de indicadores para o desenvolvimento sustentável (ISD). Este esforço concluído com um pacote de 58 ISD, dos quais apenas três eram consumo de energia relacionado-anual de energia per capita, a intensidade do uso de energia e parte do consumo dos recursos energéticos renováveis.

Atualmente o relatório interinstitucional identifica e descreve 30 Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) e fornece diretrizes e metodologias específicas sobre como construí-las. Os indicadores estão listados no Anexo A e classificadas de acordo com as dimensões, temas e subtemas, seguindo o mesmo modelo conceitual utilizado pela CSD. Os indicadores são classificados em três grandes dimensões do desenvolvimento sustentável, social, econômica e ambiental. Eles são classificados em sete temas e dezenove subtemas. Note-se que alguns indicadores podem ser classificados em mais de uma dimensão, tema ou subtemas, tendo em conta as várias interligações entre estas categorias (EUROSTAT, 2005).

Para Vera (2007), o conjunto EISD não é exaustivo, mas aborda as mais importantes questões relacionadas com a energia de interesse para os países em todo o mundo. Os indicadores de energia foram selecionados com base no consenso alcançado pelas organizações internacionais participantes nesta parceria. Os critérios de seleção incluíram considerações sobre a disponibilidade de dados nos países em desenvolvimento e a viabilidade da recolha de dados adicionais considerados

essenciais para o desenvolvimento de indicadores importantes.

Os estudos de caso de sete países já desencadearam uma série de iniciativas nacionais que correspondem aos objetivos da Agenda 21 e do JPOI, incluindo melhorias nos programas nacionais de estatísticas de energia e joint ventures entre os escritórios de energia ou estatística para desenvolver ou expandir bancos de dados que incorporam a EISD. Em particular, Cuba, Brasil e México têm relatado mudanças já nos procedimentos estatísticos nacionais ou bancos de dados resultantes desta experiência ou planos em curso para a futura incorporação de indicadores de energia relevantes em seus programas estatísticos ambientais energia nacional e internacional (EUROSTAT, 2005).

Os processos e procedimentos a serem seguidos no desenvolvimento e utilização EISD varia de país para país, dependendo das condições específicas de cada país, as prioridades nacionais de energia e sustentabilidade e desenvolvimento de critérios e objetivos. Além disso, o processo de implementação depende da capacidade estatística existente, experiência e disponibilidade de dados de energia e outras informações relacionadas à tomada de decisões.

Porque o processo requer a alocação de recursos humanos e financeiros, uma abordagem pragmática e de baixo custo é essencial (VERA, 2007). A partir dos manuais da aplicação destes indicadores foi elaborado um quadro resumo, apresentado no Anexo A.

2.8.3 Por que o uso dos Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável e os Indicadores de Sustentabilidade, da Associação Global para a Bioenergia?

Nos últimos anos têm-se desenvolvido sobre as principais iniciativas e abordagens para a certificação de sustentabilidade para os biocombustíveis e/ou bioenergias. Um grande número de iniciativas nacionais e internacionais que recentemente experimentou um rápido desenvolvimento na visão dos biocombustíveis e bioenergia na União Europeia, Estados Unidos e outros países e organizações internacionais no mundo (SCARLAT e DALLEMAND, 2011). O Brasil desde o ano 1975 tem participado em distintos testes pilotos e estudos de casos com parcerias

entre outros países e organizações internacionais, na procura de certificações internacionais dos biocombustíveis (FARINELLI *et al.*, 2009, MATSUOKA *et al.*, 2009 e LEAL, 2010).

Segundo Scarlat e Dallemand (2011) é necessário procurar alcançar um consenso sobre a sustentabilidade da bioenergia a fim de promover uma maior consistência e reduzir a duplicação desnecessária de informação com a aplicação de ferramentas avaliativas para as bioenergias.

É dentro este contexto que para ajudar a complementar as informações do desenvolvimento sustentável energético pesquisou-se as ferramentas, com modelos consolidados da aplicação da eficiência energética, onde o Brasil teve maior atuação com a produção de biocombustíveis com a finalidade de obter as tendências destes setores industriais na eficiência energética, além de comparar a disponibilidade de medição das variáveis que compõem a métrica, verificar se as ferramentas são complementares e analisar as possíveis lacunas de informação nestas ferramentas. Cabe mencionar que ambas ferramentas utilizadas neste estudo foram apoiadas para seu desenvolvimento das metodologias da área econômica pela Agencia Internacional de Energia (IEA), a qual ajudou na elaboração de relatórios dos balanços energéticos com indicadores desagregados da eficiência energética na Rússia (ESMAP, 2010), então é esta a justificativa principal do porquê foram aplicados neste trabalho os indicadores da área econômica EISD e GBEP.

2.8.4 Diferenças entre os indicadores EISD e GBEP

A diferença básica entre os Indicadores de Sustentabilidade da Associação Global para a Bioenergia (GBEP) e Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) é que os GBEP estão especificamente dedicados a avaliar os desempenhos de todas as bioenergias (GBEP, 2009) e os EISD servem para a avaliar todas as energias tanto tradicionais como bioenergias (EUROSTAT, 2005).

Cabe mencionar que o Brasil desde o ano 2002 apresentou estudos de casos aplicando os EISD e relatórios utilizando estes indicadores desde o ano 2004 até o último relatório do ano 2012 nas bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia

e Estatística (IBGE, 2013), disponibilizando à sociedade um conjunto de informações sobre a realidade brasileira, em suas dimensões ambiental, social, econômica e institucional (IBGE, 2012), mas estes relatórios apresentam indicadores agregados em todos os análises econômicos, ambientais e sociais. Já os indicadores GBEP, ainda não foram apresentados em relatórios de sustentabilidade energética pelas organizações encarregadas para este fim, como ser o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em bancos de dados estatísticos ou no Ministério de Minas e Energia em relatórios dos balanços energéticos anual, mas o Brasil participou destes indicadores apresentando informação da produção e utilização dos biocombustíveis e formou parte da comissão de países encarregados do desenho destes indicadores (SCARLAT e DALLEMAND, 2011).

Segundo Vera e Langlois (2007), o processo de implementação dos indicadores EISD depende da capacidade estatística existente, experiência e disponibilidade de dados de energia e outras informações relacionadas à tomada de decisões.

Indicadores de medição da sustentabilidade que contêm medidas de agregação adotam uma perspectiva de apresentação da informação fraca, as faltas de agregação em tais indicadores estão mais próximas do conceito de sustentabilidade forte (GASPARATOS, 2008), então os processos e procedimentos a serem seguidos no desenvolvimento e utilização dos indicadores EISD podem variar de país para país, dependendo das condições específicas de cada país, as prioridades nacionais de energia e sustentabilidade e desenvolvimento de critérios e objetivos (VERA e LANGLOIS, 2007). É dentro este contexto que para avaliar o uso de ambas ferramentas, além de aplica-las em estudos de caso, analisou-se nos bancos de dados estatísticos as possíveis lacunas de informação para encontrar os indicadores faltantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse capítulo está sendo apresentada a proposta para avaliação da eficiência energética nas indústrias produtoras de biocombustíveis e a metodologia adotada está ilustrada na Figura 3.1.

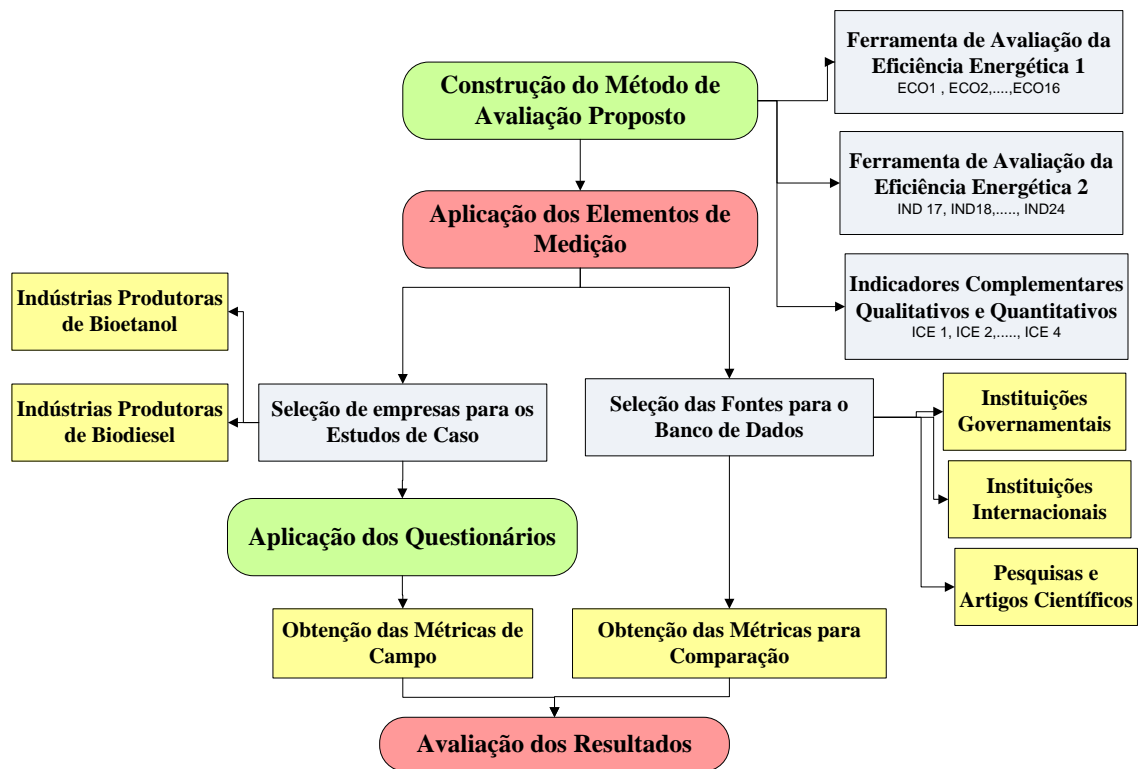


Figura 3.1: Processo de desenvolvimento do projeto de pesquisa.

As seguintes etapas da Figura 3.1 foram aplicadas no âmbito das atividades para a elaboração da metodologia do projeto e são descritos nas seguintes secções.

3.1 CONSTRUÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO

Com a finalidade apresentar a proposta de avaliação da eficiência energética, propõe-se um modelo aplicado na produção de biocombustíveis na Bahia. O presente estudo considera as indústrias localizadas neste Estado. O Estudo de Caso em indústrias produtoras de biocombustíveis é a principal fonte de coleta de dados de descrição e análise neste estudo.

Aplicaram-se as duas ferramentas de desenvolvimento sustentável energético na área econômica, por ser esta parte a considerada para a obtenção de indicadores de eficiência energética: A ferramenta que pertence a cinco organismos e organizações internacionais (Organismo Internacional de Energia Atômica, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, Agência Internacional da Energia e Agência Europeia de Meio Ambiente) e a ferramenta que pertence à Associação Global para a Bioenergia (GBEP), ambas reconhecidas a escala mundial.

Para avaliar o estado atual da eficiência energética com as métricas coletadas nos bancos de dados e no estudo de caso, realizou-se uma procura exaustiva na bibliografia com a finalidade de complementar estas ferramentas através do uso de indicadores que preencham lacunas na segurança energética e balança energética, e indicadores que não foram contemplados em nenhuma área destas ferramentas como serem a inovação tecnológica e a do empreendedorismo, pois estas avaliações podem influenciar o desempenho e a execução de projetos na eficiência energética de uma empresa. Estes indicadores foram identificados pela sigla ICE.

3.1.1 Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável

No Quadro 1 a seguir apresentam-se as siglas dos Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) e as fontes utilizadas para cada biocombustível estudado neste trabalho. Cabe mencionar que estes indicadores são utilizados para todas as modalidades de energia e apenas são utilizados indicadores para avaliar a produção de biocombustíveis, de tal forma que as métricas como a bibliografia dos bancos de dados são utilizadas para este tipo de bioenergia segundo o resumo das cartilhas metodológicas disponíveis nas tabelas do Anexo A e no site da Organização das Nações Unidas (EUROSTAT, 2005). As equações (3), (4), (5), (6), (7) (8) e (9), apresentam-se aos indicadores e as métricas utilizadas para encontrar cada indicador de eficiência energética para a produção de biocombustíveis, as quais foram padronizadas segundo a equação (2), na qual encontra-se no numerador as saídas da produção e no denominador as entradas de energia no processo de produção.

Quadro 1: Fontes para o estudo dos Indicadores de Energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

Sigla do Indicador	Fontes para o estudo do bioetanol	Fontes para o estudo do biodiesel
ECO2	BEN, 2013; Alves, 2010	BEN, 2013; IBP, 2015
ECO3	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.
ECO6	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.
ECO11	Alves, 2010; EIA, 2013; BEN, 2013; ÚNICA, 2013	BEN, 2013; MAPA, 2011; UDOP, 2014
ECO12	BEN, 2013; ÚNICA, 2013.	BEN, 2013; MAPA, 2013.
ECO13	Alves, 2010; BEN, 2013; Donzelli, 2005.	Não se aplica este indicador já que a usina do estudo de caso informou que não utilizou energia renováveis no processo de produção.
ECO14	EIA, 2013; BEN, 2013.	EIA, 2013; BEN, 2013; IBP, 2015.
ECO16	EIA, 2013; BEN, 2013.	IBP, 2015; BEN, 2013.

Fonte: *Energy Indicators for Sustainable Development (EISD)* Adaptado de EUROSTAT (2005).

Intensidade energética por unidade do PIB (ECO2): O indicador refere-se ao consumo de energia (oferta total de energia primária, o consumo final total e uso de eletricidade) e o PIB ou quantidade total produzida. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO2_{x t} = \frac{Q_{x t}}{CTE_{x t}} \quad (3)$$

onde:

$ECO2_{x t}$ é o indicador da intensidade energética por unidade produzida de biocombustível x no período t,

$CTE_{x t}$ é o consumo total de energia da produção do biocombustível x em quilo watts-horas (kWh) no período t, e

$Q_{x t}$ é a quantidade produzida de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t.

Eficiência energética na conversão e distribuição de energia (ECO3): O indicador refere-se às perdas em sistemas de transformação, incluindo perdas na geração, transmissão e distribuição de eletricidade. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO3_{x t} = \frac{QET_{x t}}{ETP_{x t}} \quad (4)$$

onde:

$ECO3_{x t}$ é o indicador de eficiência energética na conversão do biocombustível x no período t ;

$QET_{x t}$ é a quantidade de energia do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t , e

$ETP_{x t}$ é a quantidade a energia total perdida para a produção do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t .

Intensidade energética Industrial (ECO6): O indicador refere-se ao consumo de energia no setor industrial e por ramo de fabricação e seu correspondente valor acrescentado. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO6_{x t} = \frac{VA_{x t}}{ETU_{x t}} \quad (4)$$

onde:

$ECO6_{x t}$ é o indicador de intensidade energética industrial do biocombustível x no período t ;

$VA_{x t}$ é o valor agregado do setor produtor de biocombustíveis do biocombustível x em dólar constante (US\$) no período t , e

$ETU_{x t}$ é a quantidade total de energia utilizada para a produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t .

Participação dos combustíveis no total de energia e eletricidade (ECO11): O indicador refere-se à oferta total de energia, o consumo final total, a geração total de eletricidade e capacidade total de geração por tipo de combustível. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO11_{xt} = \frac{QET_{xt}}{ETU_{xt}} \quad (5)$$

onde:

$ECO11_{xt}$ é o indicador de participação do total de energia para o processo de produção do biocombustível x no período t ,

ETU_{xt} é a quantidade total de energia utilizada para a produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t , e

QET_{xt} é a quantidade de energia do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) com o no período t .

Percentual de geração de energia elétrica proveniente de fontes não emissoras

de carbono (ECO12): O indicador refere-se à oferta total de energia, a geração total de eletricidade e capacidade total de geração das fontes não carbônicas. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO12_{xt} = \frac{QET_{xt}}{ETU_{nc_{xt}}} \quad (6)$$

onde:

$ECO12_{xt}$ é o indicador de percentual de geração de energia elétrica proveniente de fontes não emissoras de carbono para o processo de produção do biocombustível x no período t ,

$ETU_{nc_{xt}}$ é a quantidade total de energia não derivada do petróleo utilizada para a produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t , e

QET_{xt} é a quantidade de energia do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t .

Geração de energia elétrica de fontes renováveis (ECO13): O indicador refere-se

à fonte primária de energia, consumo final e geração de eletricidade e capacidade de geração de energia com fontes renováveis de energia. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO13_{x t} = \frac{QET_{x t}}{ETU r_{x t}} \quad (7)$$

onde:

$ECO13_{x t}$ é o indicador de percentual de geração de energia elétrica de fontes renováveis para a produção do biocombustível x no período t ,

$ETU r_{x t}$ é a quantidade a energia total renovável utilizada na produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t , e

$QET_{x t}$ é a quantidade de energia do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t .

Preço final da energia por setor e tipo de combustível (ECO14): O indicador refere-se aos preços de venda da bioenergia (com e sem imposto/subsídio) ao consumidor final. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO14_{x t} = \frac{VV_{x t}}{QV_{x t}} \quad (8)$$

onde:

$ECO14_{x t}$ é o indicador de Preço final de venda do biocombustível x no período t ,

$VV_{x t}$ é a valor das vendas dos combustíveis misturados com o biocombustível x em dólares constantes (US\$) no período t , e

$QV_{x t}$ é o volume dos combustíveis misturados com o biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t .

Total de estoques por tipo de combustível e consumo (ECO16): O indicador refere-se aos estoques, consumo de combustível e padrões de consumo de combustíveis críticos. Foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ECO16_{x t} = \frac{Q_{x t}}{C_{x t}} \quad (9)$$

onde:

- $ECO16_{xt}$ é o indicador de total de estoques e consumo de biocombustível x no período t ,
- Q_{xt} é o volume produzido de biocombustível x em metros cúbicos (m^3) no período t , e
- C_{xt} é o consumo total de biocombustível x em metros cúbicos (m^3) no período t .

3.1.2 Indicadores de Sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia

A seleção de indicadores a serem utilizados para avaliar o progresso da eficiência energética nas projeções decenais é uma atividade importante, devendo a seleção ser convergente com este objetivo. A partir disso, procedeu-se à avaliação do conjunto de indicadores que poderiam ser utilizados com este objetivo e, a partir da lista de indicadores propostos pela Associação Mundial de Bioenergia (GBEP), selecionaram-se como mais relevantes aqueles apresentados a seguir no Quadro 2, onde apresentam-se as siglas dos indicadores e as fontes utilizadas para cada biocombustível estudado neste trabalho. As equações (10), (11), (12), (13), (14) (10), (11), (12), (13), (14), (15) (16), (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23) e (24) apresentam-se aos indicadores e as métricas utilizadas para encontrar cada indicador de eficiência energética para a produção de biocombustíveis, as quais foram padronizadas segundo a equação (2), na qual encontra-se no numerador as saídas da produção e no denominador as entradas de energia consumida no processo de produção. O resumo das cartilhas metodológicas para a aplicação destes indicadores, estão disponíveis nas tabelas do Anexo A.

Quadro 2: Fontes para o estudo dos Indicadores de sustentabilidade na área econômica da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)

Sigla do indicador	Fonte para o estudo do bioetanol	Fonte para o estudo do biodiesel
IND 17.1	ÚNICA, 2013; EIA, 2013; BEN, 2013; Oliveira, 2007; MME, 2007	Não se aplica este indicador para o estudo de caso por não possuir matéria prima plantada.
IND 17.2	ÚNICA, 2013; EIA, 2013; BEN, 2013; Oliveira, 2007; MME, 2007	Não se aplica este indicador para o estudo de caso por não possuir matéria prima colhida.
IND 17.3	ÚNICA, 2013; EIA, 2013; BEN, 2013; Oliveira, 2007; MME, 2007	Não se aplica este indicador para o estudo de caso por não possuir matéria prima plantada.

Sigla do indicador	Fonte para o estudo do bioetanol	Fonte para o estudo do biodiesel
IND 17.4	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.
IND 18.1	EIA, 2013; BEN, 2013.	Não se aplica este indicador para o estudo de caso por não possuir matéria prima colhida.
IND 18.2	ÚNICA, 2013; UDOP, 2014, EIA, 2013; BEN, 2013.	BEN, 2013.
IND 18.3	O indicador é igual ao indicador ECO11	O indicador é igual ao indicador ECO11
IND 19.1	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.
IND 19.2	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.
IND 20.1a	ÚNICA, 2013; EIA, 2013; BEN, 2013; Macedo, 2005; Farago, 2007.	BEN, 2013; IBP, 2015.
IND 20.1b	ÚNICA, 2013; EIA, 2013; BEN, 2013; Macedo, 2005; Farago, 2007.	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.
IND 20.2	Não se aplica este indicador já que está em duplicidade com o indicador ECO 11	Não se aplica este indicador já que a usina informou que não se trabalha com nenhuma fonte de energia renovável no processo de produção.
IND 21.1	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.	IBGE, 2014.
IND 21.2	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador	Não se aplica este indicador já que a usina informou que para o período em estudo não se teve empregados perdidos.
IND 22	ÚNICA, 2013; BEM, 2013; Castiglioni, 2004.	BEM, 2013; IBP, 2015; UDOP, 2014.
IND 23	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador.	Não se têm dados desagregados e atualizados para encontrar este indicador, além de que a usina do estudo de caso informou que não distribuem o biodiesel produzido e as encarregadas são distribuidoras autorizadas pela ANP.
IND 24	Não se aplica este indicador já que as distribuidoras de bioetanol anidro e hidratado são as encarregadas da mistura destes biocombustíveis com combustíveis derivados do petróleo.	Não se aplica este indicador já que as distribuidoras de biodiesel são as encarregadas da mistura destes biocombustíveis com combustíveis derivados do petróleo.

Fonte: Adaptado da *Global Bioenergy Partnership* (GBEP, 2009).

Produtividade (IND 17): O indicador refere-se à produtividade das matérias-primas de bioenergia e a eficiência do seu processamento, distribuição e a bioenergia custos de produção. O indicador é formado por quatro valores: produtividade de matérias-primas de bioenergia, a eficiência do processamento de matéria-prima, a eficiência

global de produção dos produtos finais para fins de bioenergia, e os custos de produção por unidade de associados de bioenergia. Foram utilizadas as seguintes equações para apresentar este indicador:

$$IND\ 17.1_{x\ t} = \frac{PMP_{x\ t}}{AP_{x\ t}} \quad (10)$$

$$IND\ 17.2_{x\ t} = \frac{MPC_{x\ t}}{ETU_{x\ t}} \quad (11)$$

$$IND\ 17.3_{x\ t} = \frac{QET_{x\ t}}{AP_{x\ t}} \quad (12)$$

$$IND\ 17.4_{x\ t} = \frac{QET_{x\ t}}{CP_{x\ t}} \quad (13)$$

onde:

$IND\ 17.1_{x\ t}$ é o indicador de produtividade das matérias-primas plantadas do biocombustível x no período t ;

$IND\ 17.2_{x\ t}$ é o indicador de produtividade das matérias-primas colhidas para o biocombustível x no período t ;

$IND\ 17.3_{x\ t}$ é o indicador de produtividade da energia do biocombustível x no período t ;

$IND\ 17.4_{x\ t}$ é o indicador quantidade de biocombustível x por unidade de custo da produção no período t ;

$PMP_{x\ t}$ é a quantidade de matérias primas produzida para o biocombustível x em toneladas métricas (t) no período t ;

$AP_{x\ t}$ é a área plantada de matérias primas para o biocombustível x em hectares (Ha) no período t ;

$ETU_{x\ t}$ é a quantidade total de energia utilizada para a produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t ;

$MPC_{x\ t}$ é a quantidade de matéria-prima colhida para a produção de biocombustível x em toneladas métricas (t) no período t ;

$QET_{x\ t}$ é a quantidade de energia do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t , e

CP_{xt} é o custo de produção do biocombustíveis x em dólares constantes (US\$) no período t .

Balanço Energético Líquido (IND 18): O indicador refere-se à taxa de energia da cadeia produtiva de biocombustível em comparação com outras fontes energéticas. Foram utilizadas as seguintes equações para apresentar este indicador:

$$IND\ 18.1_{xt} = \frac{EMPC_{xt}}{ETU_{xt}} \quad (14)$$

$$IND\ 18.2_{xt} = \frac{EMPP_{xt}}{ETU_{xt}} \quad (15)$$

$$IND\ 18.3_{xt} = \frac{QET_{xt}}{ETU_{xt}} \quad (16)$$

onde:

$IND\ 18.1_{xt}$ é o indicador de Balanço Energético Líquido da matéria-prima colhida para a produção do biocombustível x no período t ;

$IND\ 18.2_{xt}$ é o indicador de Balanço Energético Líquido da matéria-prima processada para a produção do biocombustível x no período t ;

$IND\ 18.3_{xt}$ é o indicador de Balanço Energético Líquido da energia do biocombustível x no período t ;

ETU_{xt} é a quantidade total de energia utilizada para a produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t ;

$EMPC_{xt}$ é a quantidade de energia da matéria-prima colhida para a produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t ;

$EMPP_{xt}$ é a quantidade de energia da matéria-prima processada para a produção de biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t , e

QET_{xt} é a quantidade de energia do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t .

Valor acrescentado bruto (IND19): O indicador refere-se ao aumento do produto interno bruto por unidade de biocombustível produzido. Para este estudo foram utilizadas as seguintes equações para apresentar este indicador:

$$IND19.1_{xt} = \frac{VA_{xt}}{Q_{xt}} \quad (17)$$

$$IND19.2_{xt} = \frac{VA_{xt}}{PIB_t} \quad (18)$$

onde:

$IND19.1_{xt}$ é o indicador do valor agregado do biocombustível por unidade de biocombustível x produzido no período t ,

$IND19.2_{xt}$ é o indicador da porcentagem do valor do produto interno bruto do biocombustível x participante no PIB do Brasil no período t ,

VA_{xt} é o valor agregado do biocombustível x em dólares constante (US\$) no período t ,

Q_{xt} é o volume produzido de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t , e

PIB_t é o valor do produto interno bruto do Brasil em dólares constante (US\$) no período t .

Alteração do consumo combustíveis fósseis e no uso tradicional de biomassa

(IND 20) O indicador refere-se à substituição de combustíveis fósseis por biocombustível e economia anual em moeda corrente decorrente das compras reduzidas de combustíveis fósseis. Para este estudo foram utilizadas as seguintes equações para apresentar este indicador:

$$IND20.1a_{xt} = \frac{Q_{xt}}{QCDP_{xt}} \quad (19)$$

$$IND20.1b_{xt} = \frac{EAC_{xt}}{QCDP_{xt}} \quad (20)$$

onde:

$IND20.1a_{xt}$ é o indicador do valor da substituição de combustíveis fósseis por unidade de biocombustível x medido pelo conteúdo energético no período t ,

- $IND20.1b_{xt}$ é o indicador do valor da economia anual das compras reduzidas de combustíveis fósseis pela produção do biocombustível x no período t ,
- Q_{xt} é o volume produzido de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t ,
- $QCDP_{xt}$ é o volume do combustível derivado de petróleo misturado com o biocombustível x vendido em metros cúbicos (m³) no período t , e
- EAC_{xt} é o valor da economia anual pelas compras reduzidas na substituição do biocombustíveis x no combustíveis fósseis com o que se mistura em dólares constantes (US\$) no período t .

Formação e requalificação dos trabalhadores (IND21): O indicador refere-se à percentagem de trabalhadores treinados no setor de biocombustíveis em comparação com a força total de trabalho e percentagem dos trabalhadores requalificados do setor de biocombustíveis. Para este estudo foi utilizada as seguintes equações para apresentar este indicador:

$$IND21.1_{xt} = \frac{ETSB_{xt}}{ET_{xt}} \quad (21)$$

$$IND21.2_{xt} = \frac{ETSB_{r_{xt}}}{EP_{xt}} \quad (22)$$

onde:

- $IND21.1_{xt}$ é o indicador da percentagem de trabalhadores treinados no setor produtor de biocombustíveis x no período t ,
- $IND21.2_{xt}$ é o indicador de percentagem dos trabalhadores requalificados do setor produtor de biocombustíveis x no período t ,
- $ETSB_{xt}$ é o número de empregados treinados no setor de biocombustível x no período t ,
- ET_{xt} é força de trabalho total no setor de biocombustível x no período t ,
- $ETSB_{r_{xt}}$ é o número de empregados treinados e requalificados no setor de biocombustível x no período t , e
- EP_{xt} é o número de empregados perdidos no setor de biocombustível x no período t .

Diversidade Energética (IND 22): O indicador refere-se à mudança na diversidade da fonte de suprimento de energia primária devido ao biocombustível. Para este estudo foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$IND22_{x t} = \frac{QET_{x t}}{OTEP_t} \quad (23)$$

onde:

$IND22_{x t}$ é o indicador da porcentagem participante da quantidade de biocombustíveis x produzido na oferta total de energia primária no período t ,

$QET_{x t}$ é a quantidade de energia do biocombustível x em Giga watts-horas (GWh) no período t , e

$OTEP_t$ é a quantidade de energia primária ofertada em Giga watts-horas (GWh) no período t .

Infraestrutura e logística para a distribuição de bioenergia (IND23): O indicador refere-se ao número e capacidade de rotas para sistemas de distribuição críticos. Para este estudo foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$IND23_{x t} = \frac{QTRC_{x t}}{NRC_{x t}} \quad (24)$$

onde:

$IND23_{x t}$ é o indicador de quantidade biocombustível x transportado em rotas de abastecimento crítico e sistemas de distribuição no período t ,

$QTRC_{x t}$ é a quantidade de biocombustível x transportado em rotas de abastecimento crítico e sistemas de distribuição em Mega Joules, Mega watts-horas, metros cúbicos e toneladas métricas (MJ, MW, m³ e t) no período t , e

$NRC_{x t}$ é o número de rotas de abastecimento crítico do biocombustível x transportado no período t .

3.1.3 Proposta de indicadores para complementar as ferramentas

Devido à grande variedade de processos industriais e de sua complexidade, existe uma infinidade de indicadores estruturais e explicativos. Um cuidado especial deve ser tomado quando se compara indicadores de eficiência energética a nível internacional e também quando se compara diferentes indústrias, setores e empresas. Não há nenhum indicador de eficiência energética única que pode ser aplicada em todas as situações, mas os indicadores apropriados devem ser definidos de acordo com a decisão a ser tomada ou uma ferramenta de decisão a ser aplicada (IEA, 2007).

Para este fim encontrou - se na literatura, nas metodologias e nas métricas de cada ferramenta, possíveis lacunas de informação sobre segurança energética, difusão de tecnologia e a organização do mercado consumidor. A proposta para este trabalho foi suprir estas lacunas com indicadores complementares para a eficiência energética na indústria.

Cabe mencionar em várias das pesquisas elaboradas pelos autores de novos critérios e indicadores econômicos, sociais e ambientais para a sustentabilidade energética, misturavam indicadores econômicos na parte ambiental e social ou vice-versa, mas segundo Buchholz *et al.* (2009) está separação é devido a que os especialistas dão classificações mais elevadas para a área ambiental já que é a que eles conhecem melhor. Para os indicadores ambientais e sociais presentes em GBPB e EISD não foram considerados como complementares neste estudo porque estaria duplicando-se a informação, apenas se utilizou os indicadores que não estavam presentes em nenhuma área das ferramentas como possíveis indicadores complementares para esta pesquisa. O Quadro 3 a seguir e as equações (25), (26), (27) e (28) apresenta a proposta deste estudo.

Quadro 3: Conjunto de indicadores propostos para complementar as ferramentas da eficiência energética

Sigla	Autor (es) do estudo	Fonte para o estudo do bioetanol	Fonte para o estudo do biodiesel
ICE1	Lilibeth Acosta-Michlik, 2011	Não se aplica este indicador já que as distribuidoras de bioetanol anidro e hidratado são as encarregadas caso existirem importações e	Não se aplica este indicador já que as distribuidoras de biodiesel são as encarregadas caso existirem

Sigla	Autor (es) do estudo	Fonte para o estudo do bioetanol	Fonte para o estudo do biodiesel
		exportações destes biocombustíveis.	importações e exportações deste biocombustível.
ICE2	Muldur U., 2001	IBGE, 2011; BEN, 2013; ÚNICA, 2013.	Não se têm dados desagregados para encontrar este indicador.
ICE3		IBGE, 2011	IBGE, 2014
ICE4	Lewandowski I., 2006	ÚNICA, 2013; BEN, 2013; MME, 2007	Não se aplica este indicador no estudo de caso porque não se tem matéria prima plantada.

Balança comercial da Energia ICE1: O indicador refere-se à segurança energética das importações e exportações dos biocombustíveis. Para este estudo foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ICE1_{xt} = \frac{QI_{xt}}{QT_{xt}} \quad (25)$$

onde:

$ICE1_{xt}$ é o indicador da segurança energética das importações e exportações do biocombustível x no período t ,

QI_{xt} é o volume importado de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t , e

QT_{xt} é o volume exportado de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t .

Investimento em Investigação e Desenvolvimento I & D ICE2: O indicador refere-se à difusão de tecnologia com projetos investidos para a Investigação e desenvolvimento. Para este estudo foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ICE2_{xt} = \frac{PID_{xt}}{Q_{xt}} \quad (26)$$

onde:

$ICE2_{xt}$ é o indicador de difusão tecnológica com projetos investidos para a Investigação e desenvolvimento do biocombustível x no período t ,

PID_{xt} é o número de projetos investidos para a Investigação e desenvolvimento e do biocombustível x no período t , e

Q_{xt} é o volume produzido de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t .

Implantação de Pesquisa e Desenvolvimento P & D ICE3: O indicador refere-se difusão de tecnologia com projetos piloto de pesquisa e desenvolvimento terminados. Para este estudo foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ICE3_{xt} = \frac{PPD_{xt}}{Q_{xt}} \quad (27)$$

onde:

$ICE3_{xt}$ é o indicador de difusão tecnológica com projetos piloto de pesquisa e desenvolvimento energético terminados do biocombustível x no período t ,

PPD_{xt} é o número projetos piloto de pesquisa e desenvolvimento energético desenvolvidos biocombustível x no período t , e

Q_{xt} é o volume produzido de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t .

Retorno da bioenergia sobre o investimento ICE4: O indicador refere-se ao balanço energético do volume de biocombustível produzido por unidade de área plantada. Para este estudo foi utilizada a seguinte equação para apresentar este indicador:

$$ICE4_{xt} = \frac{Q_{xt}}{AP_{xt}} \quad (28)$$

onde:

$ICE4_{xt}$ é o indicador do balanço energético do volume produzido do biocombustível x por unidade de área plantada no período t ,

Q_{xt} é o volume produzido de biocombustível x em metros cúbicos (m³) no período t , e

AP_{xt} é a área plantada de matérias primas para o biocombustível x em hectares (Ha) no período t .

3.2 SELEÇÃO DE EMPRESAS PARA OS ESTUDOS DE CASO

Para a seleção das possíveis empresas participantes no estudo de caso, pesquisou-se na Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2014) onde se apresentam em sua página web a Guia Industrial do Estado da Bahia, a qual disponibiliza um conjunto de informações relevantes para o conhecimento da quantidade de empresas industriais produtoras de biocombustíveis do Estado da Bahia, endereços, e-mails e telefones. Se encontrou para este estudo nove indústrias produtoras de biocombustíveis em todo o Estado.

3.2.1 Aplicação dos questionários de caracterização nas entrevistas

Como a amostra para realizar a aplicação dos questionários nove empresas foram escolhidas e inicialmente realizou-se o contato telefônico com as empresas produtoras de biodiesel e bioetanol para solicitar a participação neste estudo e a possibilidade de realizar uma visita técnica para complementar as informações captadas nos questionários, mas o resultado foi nada satisfatório pois:

- Três empresas produtoras de bioetanol não tinham o número de telefone ou e-mail correto para ser contatadas, e as páginas web encontradas também possuíam estes números e dados incorretos;
- Cinco empresas produtoras de bioetanol desistiram de participar pois não entregaram o questionário nem responderam às ligações nem os e-mails enviados desde o mês de setembro até dezembro do ano 2014.
- Apenas uma empresa aceitou participar e responder o questionário, esta empresa foi uma usina produtora de biodiesel.

Além de tudo percebeu-se na bibliografia das instituições onde se apresentam dados estatísticos dos biocombustíveis, dados gerais de cada Estado do Brasil na área de bioetanol além de várias informações em pesquisas, artigos e instituições governamentais, então para não perder essa informação captada nos bancos de dados, para neste projeto trabalhar com essas métricas no estudo de caso e os resultados se apresentaram de maneira do estudo de caso na seção 4.1. Para o

biodiesel já foi possível a aplicação do questionário e as visitas técnicas, e os resultados apresentaram-se como um estudo de caso na secção 4.2.

O questionário elaborado com a finalidade de obtenção de todas as métricas propostas neste estudo encontra-se no Apêndice A, e as perguntas do questionário respondem a cada indicador são apresentadas a seguir nos Quadro 4 para os indicadores EISD, Quadro 5 para os indicadores GBEP e Quadro 6 para os indicadores ICE.

Quadro 4: Questões propostas no questionário de caracterização para encontrar os Indicadores de Energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

Indicador	Sigla	Perguntas
Intensidade Energética por Unidade Produzida de Biocombustível	ECO 2	3, 4 e 9
Eficiência Energética na Conversão do Biocombustível	ECO 3	2, 3, 4 e 10
Intensidade Energética Industrial	ECO 6	3, 4 e 5
Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível	ECO11	3, 4 e 9
Percentual de Geração de Energia Elétrica Proveniente de Fontes não Emissoras de Carbono para o processo de Produção do Biocombustível	ECO12	3, 4 e 9
Percentual de Geração de Energia Elétrica de Fontes Renováveis para a Produção do Biocombustível	ECO13	3, 4 e 9
Preço Final de Venda do Biocombustível	ECO 14	19 e 20
Total de Estoques e Consumo de Biocombustível	ECO 16	3, 7, 8, 9 e 17

Quadro 5: Questões propostas no questionário de caracterização para encontrar os Indicadores de sustentabilidade na área econômica da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)

Indicador	Sigla	Perguntas
Produtividade das Matérias-Primas Plantadas	IND 17.1	1 e 22
Produtividade das Matérias-Primas Colhidas	IND 17.2	1, 2, 5 e 6
Produtividade Energética do Biocombustível	IND 17.3	1, 2, 9 e 10
Quantidade de Biocombustível Produzido por Unidade de Custo	IND 17.4	2, 3 e 4
Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Colhida para a Produção de Biocombustível	IND 18.1	2, 17 e 18
Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Processada para a Produção de Biocombustível	IND 18.2	2, 4 e 17
Balanço Energético Líquido Energético do Biocombustível	IND 18.3	3, 4 e 9
Valor Agregado do Biocombustível por Unidade Produzida	IND 19.1	2 e 4
Porcentagem do Valor do Produto Interno Bruto do Biocombustível Participante no PIB do Brasil	IND 19.2	2 e 4
Valor da Substituição de Combustíveis Fósseis por Unidade de Biocombustível	IND 20.1a	2 e 3

Indicador	Sigla	Perguntas
Valor da Economia Anual das Compras Reduzidas de Combustíveis Fósseis pela Produção do Biocombustível	IND 20.1b	2 e 3
Percentagem de Trabalhadores Treinados no Setor Produtor de Biocombustíveis	IND 21.1	5, 11 e 25
Percentagem dos Trabalhadores Requalificados do Setor Produtor de Biocombustíveis	IND 21.2	11 e 25
Porcentagem Participante da Quantidade de Biocombustíveis Produzidos na Oferta Total de Energia Primária	IND 22	3, 12, 13, 14
Quantidade Biocombustível Transportado em Rotas de Abastecimento Crítico e Sistemas de Distribuição	IND 23	3, 5 e 7

Quadro 6: Questões propostas no questionário de caracterização para encontrar os Indicadores Complementários (ICE)

Indicador	Sigla	Perguntas
Difusão Tecnológica com Projetos Investidos para a Investigação e Desenvolvimento do Biocombustível	ICE 2	2, 3, 9, 23 e 25
Difusão Tecnológica com Projetos Piloto de Pesquisa e Desenvolvimento Energético Terminados do Biocombustível	ICE 3	2, 3, 10, 23 e 25
Balanço Energético do Volume Produzido do Biocombustível por Unidade da Área Plantada	ICE 4	1, 2, 3 e 9

Para complementar o instrumento de avaliação da pesquisa, de modo a fornecer subsídios para uma análise qualitativa e complementar às informações das perguntas quantitativas nos dados obtidos, foram incorporadas perguntas abertas ou de seleção nas seguintes áreas:

- a)** Identificação dos possíveis problemas na área energética;
- b)** Qualidade da mão de obra;
- c)** Identificação dos impactos na região em que se instalou;
- d)** Identificação dos possíveis impactos com independência da mistura, distribuição e venda direta ao mercado de demanda final.

Neste contexto e com base no conjunto de informações obtidas de maneira através do questionário de caracterização, foi possível fazer a discussão acerca dos fatores que afetam à eficiência energética em cada indicador encontrado.

3.3 SELEÇÃO DAS FONTES PARA O BANCO DE DADOS

No levantamento do estado da arte foram encontradas diversas fontes de informação e bancos de dados estatísticos. Foram utilizadas neste estudo as fontes mais confiáveis por serem publicações em instituições consolidadas e sérias, e são divididas em três grupos:

- Instituições Governamentais;
- Instituições Internacionais;
- Pesquisas de Mestrado e Doutorado e Artigos em Periódicos Científicos.

Além disso também foi utilizada uma cartilha metodológica do balanço energético do bioetanol apresentado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) que pode ser apreciada no Anexo B.

3.4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Trabalhar com várias unidades de medida acarreta um problema na hora de consolidar os resultados de cada indicador da eficiência energética, desta forma, precisa-se colocá-los em uma mesma escala. Para este trabalho, além de precisar padronizar os resultados, também era necessária uma forma para avaliar os resultados do estudo de caso para um mesmo período de tempo. Então, para realizar ambos cálculos, a decisão foi converter cada indicador do estudo de caso em seu valor em números percentuais de eficiência energética em função aos valores do Brasil e os valores de São Paulo respectivamente. Esses valores apresentam-se como os resultados para realizar a avaliação horizontal. Neste estudo, além de precisar uma avaliação horizontal, também foi observado que era necessário realizar uma comparação dos indicadores em função ao tempo. Dessa forma, realizou-se a comparação entre os anos 2012 e 2013 para cada indicador.

Dentro deste contexto, optou-se por realizar para este trabalho três tipos de análises para cada indicador com avaliações segundo o tipo de biocombustível e indicador de eficiência energética:

- a) Análise do indicador *in natura* com avaliações do indicador isolado e vertical para o bioetanol, e apenas a avaliação do indicador isolado para o biodiesel;
- b) Análise do indicador em função aos valores do Brasil com avaliações vertical e horizontal para o bioetanol e avaliação horizontal para o biodiesel;
- c) Análise do indicador em função aos valores de São Paulo com avaliações vertical e horizontal para o bioetanol.

O Quadro 7 a seguir apresenta-se a explicação do porque a aplicação dos indicadores de eficiência do Brasil e o Estado de São Paulo para este estudo, e as Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os resumos destes análises e as respectivas avaliações efetuadas a cada indicador nesta pesquisa. As metodologias utilizadas estão explicadas nas seções 3.4.1 para a análise de cada indicador para ambos biocombustíveis, 3.4.2 para a análise de cada indicador em função aos valores do Brasil para ambos biocombustíveis, e 3.4.3 para a análise de cada indicador em função aos valores de São Paulo para o bioetanol.

Quadro 7: Características das fontes de avaliação da eficiência energética

Fonte de avaliação	Explicação da avaliação a ser efetuada	
	Bioetanol	Biodiesel
Bahia	Serão utilizados, como estudo de caso, os dados de todas as empresas produtoras de etanol anidro e etanol hidratado encontrados em banco de dados estatísticos para os anos 2012 e 2013 da Bahia.	Será utilizado um estudo de caso com a aplicação do questionário a uma indústria produtora de biodiesel com dados para ano 2013 e serão generalizados para o Estado da Bahia, já que essa empresa é a principal produtora de biocombustível do Estado.
São Paulo	Serão utilizados os dados de todas as empresas produtoras de etanol anidro e etanol hidratado encontrados em banco de dados estatísticos para o ano 2012 e 2013 de São Paulo. A razão desta escolha foi porque atualmente São Paulo é o maior produtor deste biocombustível (ÚNICA 2013), além disso os valores dos indicadores deste Estado serão considerados como os valores da competência para a produção de bioetanol, isto apenas para fins comparativos da eficiência energética.	Não se têm dados desagregados de todas as indústrias produtoras de biodiesel nos Estados do Brasil, além de não possuir dados do tipo de matéria prima a ser utilizada no Estado de maior produção de biodiesel para realizar o balanço energético correspondente a este estudo, é por esta razão não se trabalhou com esta avaliação comparativa entre o estudo de caso e o Estado de maior produção de biodiesel.
Brasil	Serão utilizados os dados de todas as empresas produtoras de etanol anidro e etanol hidratado encontrados em banco de dados estatísticos para o ano 2012 e 2013 do Brasil. A razão desta escolha é	Serão utilizados os dados de todas as empresas produtoras biodiesel encontrados em banco de dados estatísticos para o ano 2013 no Brasil. A razão desta escolha é porque

Fonte de avaliação	Explicação da avaliação a ser efetuada	
	Bioetanol	Biodiesel
	porque precisa-se dos valores médios dos indicadores, é dizer, os valores que minimamente deveriam serem alcançados pelo Estado da Bahia, isto apenas para fins comparativos da eficiência energética.	precisa-se dos valores médios dos indicadores, é dizer, os valores que minimamente deveriam serem alcançados pelo estudo de caso da Bahia, isto apenas para fins comparativos da eficiência energética.

Tabela 1: Análise dos Indicadores de Energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

Sigla	Tipo de biocombustível	Tipo de indicador de eficiência energética					Análise do indicador					
		Termodinâmico	Físico-termodinâmico	Econômico-termodinâmico	Econômico	Físicos	In Natura		Em função aos valores do Brasil		Em função aos valores de São Paulo	
							Avaliação		Avaliação		Avaliação	
							Individual	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
ECO 2	Bioetanol	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-
	Biodiesel	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-
ECO 3	Bioetanol	X	-	-	-	-	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	X	-	-	-	-	-	NDI	NDI	-	-	-
ECO 6	Bioetanol	-	-	X	-	-	-	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	-	-	X	-	-	-	NDI	NDI	-	-	-
ECO11	Bioetanol	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-
ECO12	Bioetanol	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-
ECO13	Bioetanol	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ECO14	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	X	-	-	NDI	X	-	-	-
ECO16	Bioetanol	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-

NDI: não se tem disponibilidade de informação para apresentar a avaliação deste indicador

Tabela 2: Análise dos Indicadores de sustentabilidade na área econômica da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)

Sigla	Tipo de biocombustível	Tipo de indicador de eficiência energética					Análise do indicador						
		Termodinâmico	Físico-termodinâmico	Econômico-termodinâmico	Econômico	Físicos	In natura		Em função aos valores do Brasil		Em função aos valores de São Paulo		
							Avaliação		Avaliação		Avaliação		
							Individual	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	
IND 17.1	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IND 17.2	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IND 17.3	Bioetanol	-	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IND 17.4	Bioetanol	-	-	X	-	-	-	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	-	-	X	-	-	-	NDI	NDI	-	-	-	-
IND 18.1	Bioetanol	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IND 18.2	Bioetanol	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-
IND 18.3	Bioetanol	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-
IND 19.1	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	-	-	-	X	-	-	-	NDI	-	-	-	-
IND 19.2	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	-	-	-	X	-	-	NDI	NDI	-	-	-	-
IND20.1a	Bioetanol	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-
IND20.1b	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	-	-	-	X	-	-	NDI	NDI	-	-	-	-
IND21.1	Bioetanol	-	-	-	-	X	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-
IND 21.2	Bioetanol	-	-	-	-	X	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-
IND 22	Bioetanol	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
	Biodiesel	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-
IND 23	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI	NDI
	Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NDI: não se tem disponibilidade de informação para apresentar a avaliação deste indicador

Tabela 3: Análise dos indicadores propostos para complementar as ferramentas na eficiência energética (ICE)

Sigla	Tipo de biocombustível	Tipo de indicador de eficiência energética					Análise do indicador					
		Termodinâmico	Físico-termodinâmico	Econômico-termodinâmico	Econômico	Físicos	In natura		Em função aos valores do Brasil		Em função aos valores de São Paulo	
							Avaliação		Avaliação		Avaliação	
							Individual	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
ICE2	Bioetanol	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X	
	Biodiesel	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-	
ICE3	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	
	Biodiesel	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-	
ICE4	Bioetanol	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	
	Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Para obter os resultados da eficiência energética de cada ferramenta utilizada e os indicadores complementares, optou-se por trabalhar com modelos combinados em:

- a) Grupos de indicadores em função aos valores do Brasil para o bioetanol e o biodiesel, e
- b) Grupos de indicadores em função aos valores de São Paulo para o bioetanol.

A secção 3.4.4.1 explica a avaliação que se realizou com estes modelos combinados dos indicadores do bioetanol e a secção 3.4.4.2 explica a avaliação que se realizou com modelos combinados dos indicadores do biodiesel.

3.4.1 Avaliação da eficiência energética para cada indicador

Para este trabalho a avaliação individual de cada indicador depende do tipo de indicador de eficiência energética for segundo a explicação na secção 2.8 e as métricas que este tiver. É relevante mencionar que os indicadores de eficiência energética:

- ❖ Termodinâmicos, referem-se aos valores da razão entre as saídas de energia que entrega o processo de produção e as entradas de energia do processo;

- ❖ Físicos, referem-se aos valores puramente em unidades físicas resultantes do processo de produção e de prestação de serviço como a força laboral que se emprega ao processo de produção;
- ❖ Físico- termodinâmicos, referem-se às mudanças em função ao tempo da razão entre as saídas em unidades físicas que entrega o processo de produção e as entradas de energia do processo;
- ❖ Econômico- termodinâmicos, referem-se às mudanças em função ao tempo da razão entre as saídas em unidades monetárias que entrega o processo de produção e as entradas de energia do processo, e
- ❖ Econômicos, referem-se às mudanças em função ao tempo da puramente em unidades monetárias do processo de produção.

A seguir apresenta-se a partir da Equação (29) as avaliações individuais para cada tipo de indicador.

$$I_{jFxt}^{ec} = \frac{ES_{jFxt}}{EE_{jFxt}} \quad (29)$$

onde:

- I_{jFxt}^{ec} é o valor *in natura* do indicador de eficiência energética j do estudo de caso da ferramenta F para o biocombustível x no período t ,
- ES_{jFxt} é o valor da saídas uteis do processo do indicador do estudo de caso j da ferramenta F para o biocombustível x no período t , e
- EE_{jFxt} é o valor da energia de entrada do processo do indicador do estudo de caso j da ferramenta F para o biocombustível x no período t .

Avaliação para os indicadores de eficiência energética termodinâmicos e físicos

Avaliação individual:

- $I_{jFxt}^{ec} > 1$, os resultados são ótimos.
- $I_{jFxt}^{ec} = 1$, os resultados são favoráveis.
- $I_{jFxt}^{ec} < 1$, os resultados são desfavoráveis.

Avaliação vertical:

- $I_{jFx t}^{ec} > I_{jFx t-1}^{ec}$, os resultados são favoráveis.
- $I_{jFx t}^{ec} < I_{jFx t-1}^{ec}$, os resultados são desfavoráveis.

Avaliação para os indicadores de eficiência energética físico – termodinâmicos, econômico-termodinâmicos e econômicos

Avaliação vertical:

- $I_{jFx t}^{ec} > I_{jFx t-1}^{ec}$, os resultados são favoráveis.
- $I_{jFx t}^{ec} < I_{jFx t-1}^{ec}$, os resultados são desfavoráveis.

3.4.2 Avaliação da eficiência energética para cada indicador em função aos indicadores do Brasil

Para o bioetanol a avaliação horizontal analisou dois valores percentuais da eficiência energética em cada indicador separado: o primeiro é o valor percentual do estudo de caso em função aos valores do Brasil e o segundo é o valor percentual do estudo de caso em função dos valores da principal competência que são do Estado de São Paulo. A avaliação vertical analisa o crescimento dos indicadores do período 2012 ao período 2013 com a finalidade de responder se existiu crescimento favorável ou desfavorável da avaliação horizontal ao longo do tempo. Para o biodiesel, a avaliação horizontal consistiu em analisar o valor percentual da eficiência energética para cada indicador do estudo de caso em função aos valores do Brasil. No estudo de caso não foi realizada a avaliação vertical, pois não foram aplicados os questionários para o ano 2012 e sim para o período 2013.

Este trabalho utilizou a seguinte equação para o análise horizontal em cada indicador:

$$VPI_{Fxt}^{\alpha} = \frac{I_{jFx t}^{ec}}{I_{jFx t}^{\alpha}} \times 100\% \quad (30)$$

onde:

$VPI_{Fxt}^{\alpha i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função a α da ferramenta F para o biocombustível x no período t ,

I_{jFxt}^{ec} é o valor do indicador de eficiência energética j do estudo de caso da ferramenta F para o biocombustível x no período t , e

I_{jFxt}^{α} é o valor do indicador de eficiência energética j de α da ferramenta F para o biocombustível x no período t .

3.4.2.1 Avaliação da eficiência energética para cada indicador do bioetanol em função aos indicadores do Brasil

A partir da Equação (30), a Equação (31) é utilizada para o análise horizontal do bioetanol:

$$VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Br i} = \frac{I_{jF \text{ bioetanol } t}^{ec}}{I_{jF \text{ bioetanol } t}^{Br}} \times 100\% \quad (31)$$

onde:

$VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Br i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função ao valor do *Brasil* da ferramenta F para o *bioetanol* no período t ,

$I_{jF \text{ bioetanol } t}^{ec}$ é o valor do indicador de eficiência energética j do *estudo de caso* da ferramenta F para o *bioetanol* no período t , e

$I_{jF \text{ bioetanol } t}^{Br}$ é o valor do indicador de eficiência energética j do *Brasil* da ferramenta F para o *bioetanol* no período t .

Finalmente para quantificar e apresentar os resultados da avaliação horizontal em cada indicador de eficiência energética, decidiu-se dar a seguinte pontuação:

- $75\% \geq VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Br i} < 100\%$, os resultados são favoráveis.
- $VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Br i} \geq 100\%$, os resultados são ótimos.
- $VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Br i} < 75\%$, os resultados são desfavoráveis.

Para a avaliação vertical comparou-se os resultados da avaliação horizontal entre os anos 2012 e 2013 para analisar o crescimento ou decréscimo do indicador ao longo do tempo:

- $VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Br i} \geq VPI_{F \text{ bioetanol } t-1}^{Br i}$, os resultados são favoráveis.
- $VPI_{F \text{ bioetanol } t-1}^{Br i} > VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Br i}$, os resultados são desfavoráveis.

3.4.2.2 Avaliação da eficiência energética para cada indicador do biodiesel em função aos indicadores do Brasil

A partir da Equação (30), a Equação (32) é utilizada para o análise horizontal do biodiesel:

$$VPI_{F \text{ biodiesel } t}^{Br i} = \frac{I_{jF \text{ biodiesel } t}^{ec}}{I_{jF \text{ biodiesel } t}^{Br}} \times 100\% \quad (32)$$

onde:

$VPI_{F \text{ biodiesel } t}^{Br i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função ao valor do *Brasil* da ferramenta F para o *biodiesel* no período t ;

$I_{jF \text{ biodiesel } t}^{ec}$ é o valor do indicador de eficiência energética j do *estudo de caso* da ferramenta F para o *biodiesel* no período t , e

$I_{jF \text{ biodiesel } t}^{Br}$ é o valor do indicador de eficiência energética j do *Brasil* da ferramenta F para o *biodiesel* no período t .

Finalmente para quantificar e apresentar os resultados da avaliação horizontal em cada indicador de eficiência energética, decidiu-se dar a seguinte pontuação:

- $75\% \geq VPI_{F \text{ biodiesel } t}^{Br i} < 100\%$, os resultados são favoráveis.
- $VPI_{F \text{ biodiesel } t}^{Br i} \geq 100\%$, os resultados são ótimos.
- $VPI_{F \text{ biodiesel } t}^{Br i} < 75\%$, os resultados são desfavoráveis.

3.4.3 Avaliação da eficiência energética para cada indicador do bioetanol em função aos indicadores de São Paulo

A partir da Equação (30), a Equação (33) é utilizada para o análise vertical do bioetanol:

$$VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i} = \frac{I_{jF \text{ bioetanol } t}^{ec}}{I_{jF \text{ bioetanol } t}^{Sp}} \times 100\% \quad (33)$$

onde:

$VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função ao valor de *São Paulo* da ferramenta F para o *bioetanol* no período t ;

$I_{jF \text{ bioetanol } t}^{ec}$ é o valor do indicador de eficiência energética j do *estudo de caso* da ferramenta F para o *bioetanol* no período t , e

$I_{jF \text{ bioetanol } t}^{Sp}$ é o valor do indicador de eficiência energética j de *São Paulo* da ferramenta F para o *bioetanol* no período t .

Finalmente para quantificar e apresentar os resultados da avaliação horizontal em cada indicador de eficiência energética, decidiu-se dar a seguinte pontuação:

- $75\% \geq VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i} < 100\%$, os resultados são favoráveis.
- $VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i} \geq 100\%$, os resultados são ótimos.
- $VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i} < 75\%$, os resultados são desfavoráveis.

Para a avaliação vertical comparou-se os resultados da avaliação horizontal entre os anos 2012 e 2013 para analisar o crescimento ou decréscimo do indicador ao longo do tempo:

- $VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Sp i} \geq VPI_{F \text{ bioetanol } t-1}^{Sp i}$, os resultados são favoráveis.
- $VPI_{F \text{ bioetanol } t-1}^{Sp i} > VPI_{F \text{ bioetanol } t}^{Sp i}$, os resultados são desfavoráveis.

3.4.4 Avaliação da eficiência energética em modelos de indicadores combinados

Para elaborar modelos que unifiquem todos os indicadores, trabalhou-se com grupos que combinam todos os indicadores e apresentem o estado atual da eficiência energética. Para este fim obteve-se, inicialmente, a média aritmética dos valores percentuais da eficiência energética em cada ferramenta e indicadores complementares, para depois apresentar os resultados como a avaliação horizontal entre os grupos de indicadores propostos. O crescimento da avaliação horizontal em função ao tempo para este estudo, foi analisada com a avaliação vertical utilizando os períodos 2012 e 2013.

As secções 3.4.4.1 e 3.4.4.2 apresentam as equações dos grupos de indicadores de avaliação para o bioetanol e biodiesel respectivamente e neste trabalho foi adaptada a equação da média aritmética na seguinte equação geral para cada grupo:

$$\text{Grupo de indicadores}_n^t = \frac{\sum VPI_{Fxt}^{\alpha i}}{N_{Fxt}} \quad (34)$$

onde:

$VPI_{Fxt}^{\alpha i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função a α da ferramenta F para o biocombustível x no período t ,

N_{Fxt} é o número total de indicadores encontrados na ferramenta F para o biocombustível x para o período t , e

n é o número de grupo de indicadores no período t .

Para quantificar e apresentar os resultados da avaliação horizontal em cada grupo, decidiu-se dar a seguinte pontuação:

- 75% ≥ Grupo de indicadores < 100%, a eficiência energética é favorável.
- Grupo de indicadores ≥ 100%, a eficiência energética é ótima.
- Grupo de indicadores < 75%, a eficiência energética desfavorável.

3.4.4.1 Modelos de avaliação da eficiência energética para o bioetanol

Como já foi explicado nas secções 3.2.1 e 3.4, para avaliar a eficiência energética na produção de bioetanol na Bahia trabalhou-se como estudo de caso, os dados de todas as indústrias produtoras de etanol anidro e hidratado da Bahia. A avaliação horizontal dos grupos de indicadores, analisam a média dos dois valores percentuais da eficiência energética de cada ferramenta e indicadores complementares separadamente. A avaliação vertical analisa o crescimento dos grupos de indicadores da avaliação horizontal dos períodos de 2012 e 2013 com a finalidade de comparar o crescimento ao longo do tempo deste grupo.

Os grupos de indicadores 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam o valor percentual médio dos indicadores de eficiência energética do bioetanol da Bahia em função aos valores dos indicadores de eficiência energética do Brasil, e os grupos de indicadores 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam o valor percentual médio dos indicadores de eficiência energética do bioetanol na Bahia em função aos valores dos indicadores de eficiência energética de São Paulo. As seguintes equações foram aplicadas para cada grupo:

$$\text{Grupo de indicadores}_1^t = \frac{\sum VPI_{EISD}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t}{N_{EISD} \text{ bioetanol } t} \quad (35)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_2^t = \frac{\sum VPI_{EISD}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t + \sum VPI_{ICE}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t}{N_{EISD} \text{ bioetanol } t + N_{ICE} \text{ bioetanol } t} \quad (36)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_3^t = \frac{\sum VPI_{GBEP}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t}{N_{GBEP} \text{ bioetanol } t} \quad (37)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_4^t = \frac{\sum VPI_{GBEP}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t + \sum VPI_{ICE}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t}{N_{GBEP} \text{ bioetanol } t + N_{ICE} \text{ bioetanol } t} \quad (38)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_5^t = \frac{\sum VPI_{EISD}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t + \sum VPI_{GBEP}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t + \sum VPI_{ICE}^{Br\ i} \text{ bioetanol } t}{N_{EISD} \text{ bioetanol } t + N_{GBEP} \text{ bioetanol } t + N_{ICE} \text{ bioetanol } t} \quad (39)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_6^t = \frac{\sum VPI_{EISD}^{Sp\ i} \text{ bioetanol } t}{N_{EISD} \text{ bioetanol } t} \quad (40)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_7^t = \frac{\sum VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i} + \sum VPI_{ICE \text{ bioetanol } t}^{Sp i}}{N_{EISD \text{ bioetanol } t} + N_{ICE \text{ bioetanol } t}} \quad (41)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_8^t = \frac{\sum VPI_{GBEP \text{ bioetanol } t}^{Sp i}}{N_{GBEP \text{ bioetanol } t}} \quad (42)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_9^t = \frac{\sum VPI_{GBEP \text{ bioetanol } t}^{Sp i} + \sum VPI_{ICE \text{ bioetanol } t}^{Sp i}}{N_{GBEP \text{ bioetanol } t} + N_{ICE \text{ bioetanol } t}} \quad (43)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_{10}^t = \frac{\sum VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i} + \sum VPI_{GBEP \text{ bioetanol } t}^{Sp i} + \sum VPI_{ICE \text{ bioetanol } t}^{Sp i}}{N_{EISD \text{ bioetanol } t} + N_{GBEP \text{ bioetanol } t} + N_{ICE \text{ bioetanol } t}} \quad (44)$$

onde:

$VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Br i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores do Brasil da ferramenta EISD para o bioetanol no período t ,

$VPI_{GBEP \text{ bioetanol } t}^{Br i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores do Brasil da ferramenta GBEP para o bioetanol no período t ,

$VPI_{ICE \text{ bioetanol } t}^{Br i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores do Brasil dos indicadores complementares ICE para o bioetanol no período t ,

$VPI_{EISD \text{ bioetanol } t}^{Sp i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores de São Paulo da ferramenta EISD para o bioetanol no período t ,

$VPI_{GBEP \text{ bioetanol } t}^{Sp i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores de São Paulo da ferramenta GBEP para o bioetanol no período t ,

$VPI_{ICE \text{ bioetanol } t}^{Sp i}$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores de São Paulo dos indicadores complementares ICE para o bioetanol no período t ,

$N_{EISD \text{ bioetanol } t}$ é o número total de indicadores encontrados na ferramenta EISD para o bioetanol para período t ,

$N_{GBEP \text{ bioetanol } t}$ é o número total de indicadores encontrados na ferramenta GBEP para o bioetanol para período t , e

$N_{ICE\ bioetanol\ t}$ é o número total de indicadores complementares encontrados *ICE* para o *bioetanol* para período *t*.

3.4.4.2 Modelos de avaliação da eficiência energética para o biodiesel

Como já foi explicado nas secções 3.2.1 e 3.4, para a avaliação do estudo de caso do biodiesel foi utilizado o questionário preenchido pela empresa. A avaliação horizontal dos grupos de indicadores analisa a média dos valores percentuais da eficiência energética de cada ferramenta e indicadores complementares, e a avaliação vertical não foi realizada porque não se aplicaram os questionários para o ano 2012 no estudo de caso, apenas foram aplicados para o período 2013.

Os grupos de indicadores 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam o valor percentual médio dos indicadores de eficiência energética do estudo de caso do biodiesel em função aos valores dos indicadores de eficiência energética do Brasil. O período de estudo é ano 2013. As seguintes equações foram aplicadas para cada grupo:

$$\text{Grupo de indicadores}_1^t = \frac{\sum VPI_{EISD\ bioediesel\ t}^{Br\ i}}{N_{EISD\ bioediesel\ t}} \quad (45)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_2^t = \frac{\sum VPI_{EISD\ bioediesel\ t}^{Br\ i} + \sum VPI_{ICE\ bioediesel\ t}^{Br\ i}}{N_{EISD\ bioediesel\ t} + N_{ICE\ bioediesel\ t}} \quad (46)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_3^t = \frac{\sum VPI_{GBEP\ bioediesel\ t}^{Br\ i}}{N_{GBEP\ bioediesel\ t}} \quad (47)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_4^t = \frac{\sum VPI_{GBEP\ bioediesel\ t}^{Br\ i} + \sum VPI_{ICE\ bioediesel\ t}^{Br\ i}}{N_{GBEP\ bioediesel\ t} + N_{ICE\ bioediesel\ t}} \quad (48)$$

$$\text{Grupo de indicadores}_5^t = \frac{\sum VPI_{EISD\ bioediesel\ t}^{Br\ i} + \sum VPI_{GBEP\ bioediesel\ t}^{Br\ i} + \sum VPI_{ICE\ bioediesel\ t}^{Br\ i}}{N_{EISD\ bioediesel\ t} + N_{GBEP\ bioediesel\ t} + N_{ICE\ bioediesel\ t}} \quad (49)$$

onde:

- $VPI_{EISD}^{Br i} \text{ bioediesel } t$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores do Brasil da ferramenta *EISD* para o *biodiesel* no período t ;
- $VPI_{GBEP}^{Br i} \text{ bioediesel } t$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores do Brasil da ferramenta *GBEP* para o *biodiesel* no período t ;
- $VPI_{ICE}^{Br i} \text{ bioediesel } t$ é o valor percentual do indicador de eficiência energética i do estudo de caso em função aos valores do Brasil dos indicadores complementares *ICE* para o *biodiesel* no período t ;
- $N_{EISD} \text{ bioediesel } t$ é o número total de indicadores encontrados na ferramenta *EISD* para o *biodiesel* para período t ;
- $N_{GBEP} \text{ bioediesel } t$ é o número total de indicadores encontrados na ferramenta *GBEP* para o *biodiesel* para período t , e
- $N_{ICE} \text{ bioediesel } t$ é o número total de indicadores complementares encontrados *ICE* para o *biodiesel* para período t .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados a descrição de como ocorreu a aplicação da proposta de avaliação, a análise dos resultados obtidos de cada indicador em cada ferramenta aplicada e nos indicadores complementares propostos para o estudo de caso das empresas produtoras de bioetanol da Bahia e o estudo de caso aplicado a uma empresa produtora de biodiesel da Bahia. Depois será apresentada uma avaliação dos resultados da eficiência energética para cada biocombustível utilizando em modelos combinados propostos nas seções 3.4.4.1 para o bioetanol e 3.4.4.2 para o biodiesel. Na parte final será apresentado uma análise crítica sobre a aplicabilidade dos indicadores em cada ferramenta.

4.1 RESULTADOS PARA O BIOETANOL

4.1.1 Resultados dos Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) para o bioetanol

Os Gráficos 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 apresentam os resultados dos indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) do estudo de caso do bioetanol dentro do período 2012 a 2013. No Apêndice B encontra-se a tabela com esses resultados *in natura* e no Apêndice C encontra-se a tabela com os resultados percentuais de cada indicador.

Como é possível apreciar nos resultados do Gráfico 4.1 a seguir, os resultados do indicador da Intensidade Energética por Unidade Produzida de Biocombustível (ECO₂) foram:

- a) A quantidade de bioetanol produzido por unidade de energia utilizada no processo apresentam valores iguais e sem nenhuma mudança tanto no ano 2012 e 2013.
- b) As avaliações horizontal e vertical apresentam valores sem nenhuma mudança do valor percentual da eficiência energética do indicador da Bahia em função dos valores do Brasil e São Paulo tanto no ano 2012 e 2013.

Isto deve-se ao fato do tratamento da cana-de-açúcar neste estudo utilizou a metodologia utilizada pelo Balanço Energético Nacional (BEN, 2013), esta apresenta uma mesma metodologia para calcular a geração de energia para o processo de produção com bagaço de cana por cada metro cúbico do álcool produzido, seja qual for o tipo de cana-de-açúcar a processar. Além disso, não se encontrou um banco de dados preciso e desagregado por Estado produtor de bioetanol onde especifique-se o tipo de cana-de-açúcar processada, com a finalidade de conseguir métricas das propriedades físicas para calcular este indicador. A cartilha metodológica está disponível na página web do Ministério de Minas e Energia e no Anexo B.

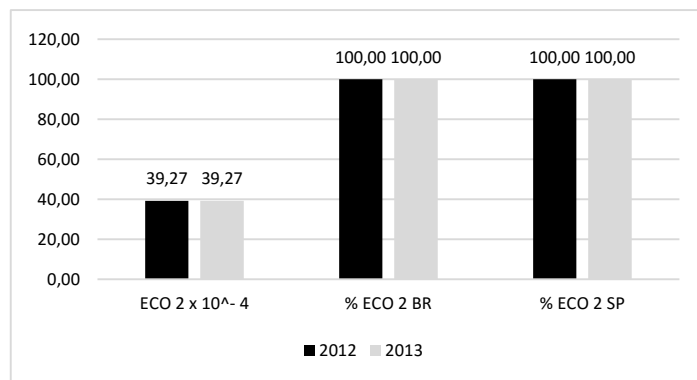


Gráfico 4.1: Resultados do indicador Intensidade Energética por Unidade Produzida de Biocombustível (ECO2) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O resultado dos indicadores de Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11), Percentual de Geração de Energia Elétrica Proveniente de Fontes não Emissoras de Carbono para o processo de Produção do Biocombustível (ECO 12) e Percentual de Geração de Energia Elétrica de Fontes Renováveis para a Produção do Biocombustível (ECO 13) têm valores iguais já que a fonte de energia primária que utiliza a indústria de bioetanol no Brasil é proveniente do bagaço de cana-de-açúcar (HALMEMAN, 2012). Os resultados do indicador no Gráfico 4.2 a seguir, foram:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de energia gerada com o bioetanol por unidade de energia consumida no processo de produção, o indicador é desfavorável para a Bahia já que este valor é menor

- que 1. Isto que significa que se utiliza mais energia da que se produz. Realizando comparação do ano 2012 ao ano 2013 o indicador apresenta valores estáveis por existir um crescimento de apenas 0,50% para o ano 2013.
- b)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 um valor de 99,23%. Isto significa que o indicador de eficiência energética é o favorável por estar próximo do valor percentual do Brasil. Realizando a avaliação vertical de crescimento percentual de o ano 2012 ao ano 2013, o indicador apresenta valores próximos por apenas ter um decréscimo ao longo do tempo de 0,42%.
- c)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo, apresenta no ano 2013 um valor de 99,47%. Isto significa que o valor percentual da eficiência energética do indicador da Bahia em função dos valores de São Paulo é favorável por estar próximo dos valores do Estado de maior produção de bioetanol, São Paulo. Realizando a avaliação vertical o indicador apresenta valores similares por ter um decréscimo ao longo do tempo de apenas 0,39%.

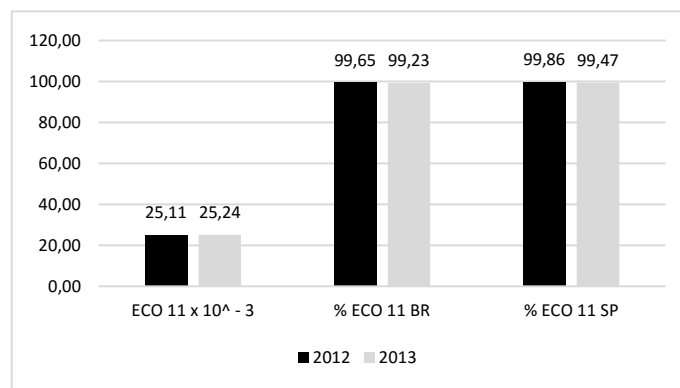


Gráfico 4.2: Resultados do indicador Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador de Preço Final de Venda do Biocombustível (ECO14) foi apresentado apenas para fins comparativos, já que o preço ao consumidor final está a cargo das distribuidoras deste biocombustível e não assim das indústrias produtoras do Brasil (ANP, 2013). O Gráfico 4.3 a seguir, apresenta os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise dos dados *in natura* do valor das vendas do etanol hidratado e anidro por unidade de volume vendido do ano 2012 ao ano 2013, o indicador apresenta valores próximos. Isto pode ser causado por uma queda nas vendas no ano 2013 e segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2013), os meses de outubro, novembro e parte de dezembro os preços destes biocombustíveis registraram a maior queda do ano, ocasionando um menor ingresso das vendas.
- b) No ano 2013, os indicadores do etanol hidratado e etanol anidro em função aos valores do Brasil são favoráveis, por apresentar um valor de 89,16% e 98,43% respectivamente. Isto quer dizer que os preços do etanol hidratado e anidro são 10,84% e 1,57% mais caros que os preços do Brasil. Mas os indicadores apresentam valores desfavoráveis na avaliação vertical por ter um decréscimo de 2,71% para o etanol hidratado e 1,41% para o etanol anidro do ano 2012 para o ano 2013.
- c) Os indicadores do etanol hidratado e etanol anidro em função aos valores de São Paulo são favoráveis no ano 2013, pois o etanol hidratado e o etanol anidro apresentam um valor de 77,53% e 94,01% respectivamente. Isto quer dizer que os preços do etanol hidratado e etanol anidro são 22,47% e 5,99% mais caros que os preços de São Paulo respectivamente. Mas realizando a avaliação vertical do ano 2012 para o 2013, os indicadores apresentam valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 9,57% para o etanol hidratado e de 2,51% para o etanol anidro.

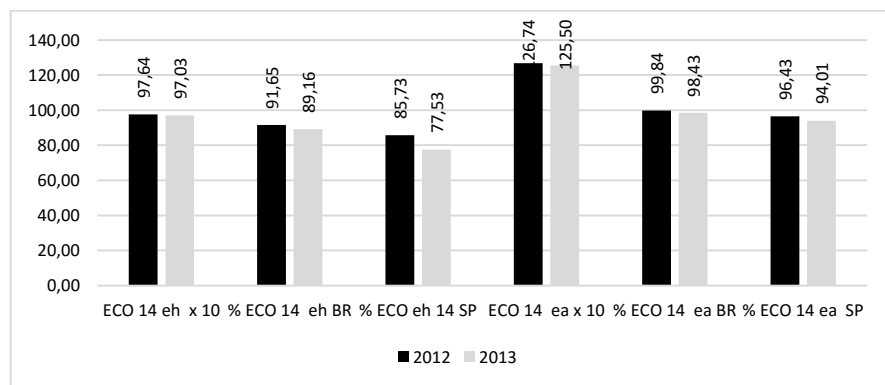


Gráfico 4.3: Resultados do indicador Preço Final de Venda do Biocombustível (ECO14) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Total de Estoques e Consumo de Biocombustível (ECO16) é apresentado no Gráfico 4.4 a seguir, com os seguintes resultados:

- a)** Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de volume produzido de etanol hidratado e anidro por unidade volume consumido no mercado, o indicador é desfavorável para ambos biocombustíveis na Bahia, pois possuem um valor menor que 1. Isto significa que o indicador não consegue abastecer ao mercado consumidor de combustíveis no setor de transportes, é dizer que o setor produtor de etanol anidro e hidratado deveria produzir igual ou maior ao consumo destes biocombustíveis para satisfazer a seu mercado consumidor e assim minimizar as importações dos combustíveis derivados do petróleo e biocombustíveis. Realizando comparação do ano 2012 ao ano 2013 o indicador do etanol hidratado apresenta valores desfavoráveis por existir um decréscimo de 3,77% ocasionado pelo decréscimo da produção deste biocombustível, e o etanol anidro apresenta valores estáveis pois apenas apresenta um crescimento de 0,50%.
- b)** O indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 para o etanol hidratado e o etanol anidro, valores desfavoráveis de 38,89% e 17,38% respectivamente. Isto significa a Bahia não conseguiu abastecer o seu mercado consumidor do etanol hidratado em 61,11 % e anidro em 82,62% quando são comparados com os valores do Brasil. Os indicadores apresentam na avaliação vertical valores iguais tanto para o etanol hidratado como para o etanol anidro, pois existe uma mínima mudança de crescimento do valor percentual de 0.03% e 0,07% ao longo do tempo.
- c)** O Indicador em função aos valores de São Paulo no ano 2013, apresenta para o etanol hidratado e o etanol anidro valores percentuais de 38,46% e 8,02%, respectivamente. Isto significa que os indicadores são desfavoráveis por não abastecer o seu mercado consumidor do etanol hidratado em 61,54 % e o etanol anidro em 91,98% quando são comparados com os valores de São Paulo. Os indicadores apresentam na avaliação vertical a mesma tendência que o anterior inciso, pois existe mudança mínima do valor percentual.

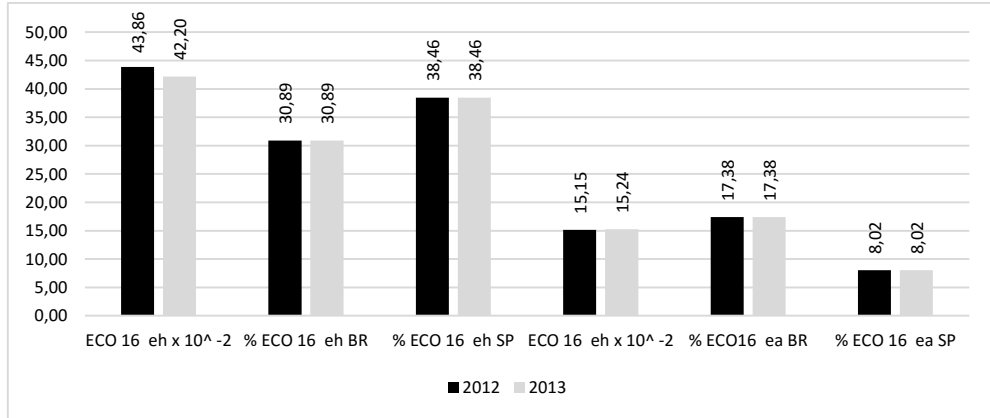


Gráfico 4.4: Resultados do indicador Total de Estoques e Consumo de Biocombustível (ECO16) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

4.1.2 Resultados dos Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol

Os Gráficos 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 apresentam os resultados dos indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) dentro do período de 2013 a 2012. No Apêndice B encontra-se a tabela com esses resultados *in natura* e no Apêndice C encontra-se a tabela com os resultados percentuais para cada indicador.

Como é possível apreciar no Gráfico 4.5 a seguir, os resultados do indicador Produtividade das Matérias-Primas Plantadas (IND 17.1) foram:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de matérias primas produzidas por unidade de área plantada, o indicador é desfavorável na Bahia pois possuem um decréscimo de 5,38% do ano 2012 ao ano 2013. Isto pode ser causado segundo a informação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), quando as chuvas acima da média proporcionaram o bom desenvolvimento dos canaviais, mas, no Nordeste há uma redução na qualidade da matéria-prima porque as chuvas não chegaram acima desta média alguns meses do ano 2013, o que provavelmente acarretou uma redução na produção de matérias primas plantadas.
- b) O indicador em função aos dados do Brasil no ano 2013, apresenta um valor de 80,95%. Isto significa que o rendimento na obtenção das matérias primas

por hectare plantado na Bahia em função dos valores do Brasil é favorável. Mas realizando a avaliação vertical, o indicador apresenta valores desfavoráveis por ter um decréscimo da quantidade de matéria prima de 11,52% por unidade de área plantada quando é comparado com os valores do Brasil.

- c)** Realizando a avaliação horizontal do em função aos dados de São Paulo, no ano 2013 apresenta um valor de 74,37%. Isto significa que o indicador é desfavorável pois está mais de 25% menor que os valores de seu principal competidor, São Paulo. Realizando a avaliação vertical o indicador apresenta também valores desfavoráveis por ter um decréscimo do rendimento da quantidade de matéria prima de 12,50% por unidade de área plantada quando é comparado com os valores do São Paulo.

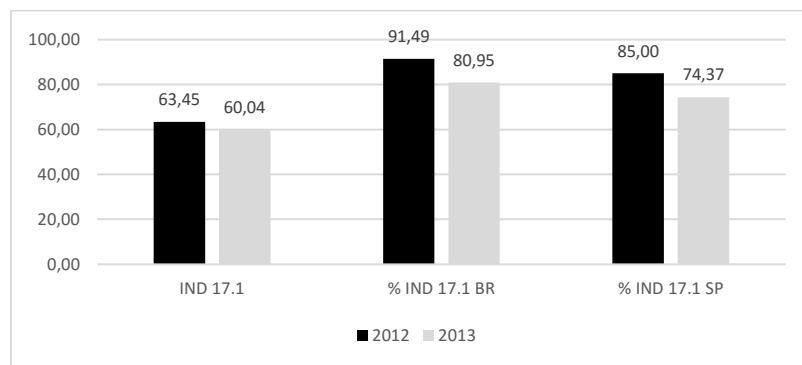


Gráfico 4.5: Resultados do indicador Produtividade das Matérias-Primas Plantadas (IND 17.1) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Produtividade das Matérias-Primas Colhidas (IND 17.2) é apresentado no Gráfico 4.6 a seguir, com os seguintes resultados:

- a)** Realizando uma análise independente, da quantidade de matéria prima colhida por unidade de energia utilizada para a produção de bioetanol do ano 2012 ao ano 2013, o indicador apresenta valores desfavoráveis pois teve um decréscimo de 7,63%. Isto significa que a Bahia, ao longo do tempo, está consumindo mais energia no processo de produção do bioetanol por unidade de matéria prima colhida, mas analisando os resultados das métricas isto foi a causa da baixa produtividade dos biocombustíveis no ano 2013.

- b)** A análise horizontal do indicador em função dos valores do Brasil para o ano 2013, apresenta um valor favorável de 76,72%, mas realizando a avaliação vertical, o indicador apresenta valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 2,01% ao longo do tempo.
- c)** A análise horizontal do indicador em função dos valores de São Paulo para o ano 2013, apresenta um valor desfavorável de 68,58%. Realizando a avaliação vertical, o indicador apresenta também valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 3,35%.

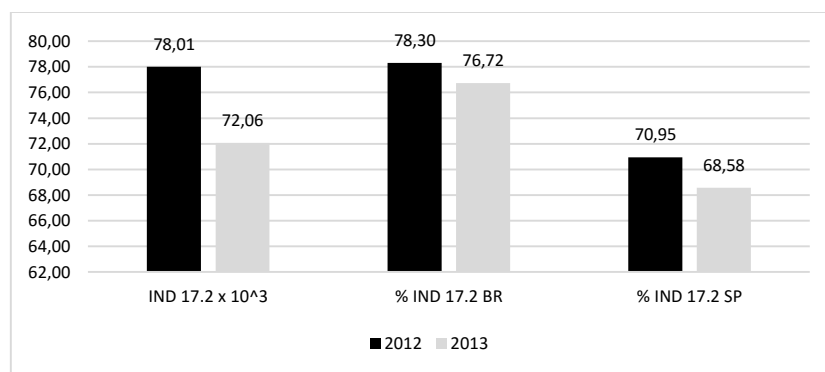


Gráfico 4.6: Resultados do indicador Produtividade das Matérias-Primas Colhidas (IND 17.2) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Produtividade Energética do Biocombustível (IND 17.3) é apresentado no Gráfico 4.7 a seguir, com os seguintes resultados:

- a)** Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de bioetanol produzidas por unidade de área plantada, o indicador é desfavorável na Bahia pois possuem um decréscimo de 2,81% do ano 2012 ao ano 2013. Isto significa que a Bahia está produzindo menos energia por unidade de área plantada para o ano 2013 e possivelmente é causado pelos valores do indicador IND 17.1.
- b)** A análise do indicador em função dos valores do Brasil no ano 2013, apresenta um valor de 105,53%. Isto significa que o indicador apresenta valores ótimos, já que a quantidade de energia produzida na Bahia está 0,53% a mais que a energia produzida no Brasil, mas realizando a comparação ao longo do tempo, o indicador apresenta valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 10,04%,

o que significa que a Bahia está produzindo menos energia por unidade de área plantada no ano 2013 quando é comparada com os valores do Brasil ao longo do tempo.

- c)** A análise do indicador em função dos valores de São Paulo no ano 2013, apresenta um valor de 108,81%. Isto significa que o indicador é ótimo, já que a quantidade de energia produzida na Bahia está 0,53% a mais que os valores de São Paulo. Ao longo do tempo, o indicador apresenta valores similares por ter apenas um decréscimo de 0,24% quando é comparada com os valores de São Paulo.

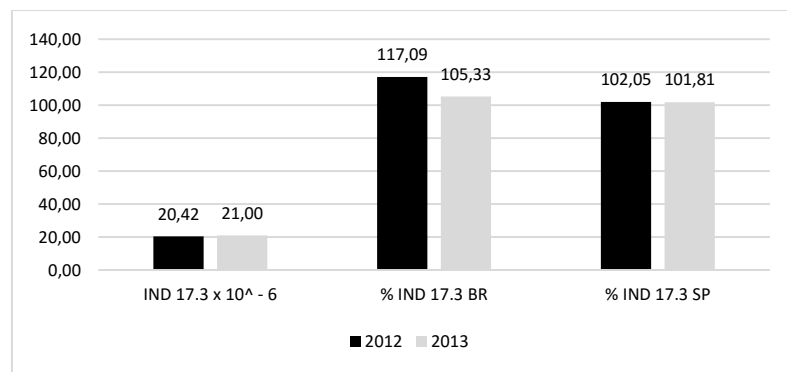


Gráfico 4.7: Resultados do indicador Produtividade Energética do Biocombustível (IND 17.3) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Colhida (IND 18.1) e o Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Processada para a Produção de Biocombustível (IND 18.2) possuem o mesmo valor, porque toda a cana-de-açúcar que é colhida é processada (CONAB, 2009). O Gráfico 4.7 a seguir, apresenta os seguintes resultados:

- a)** A análise independente dos dados *in natura* da quantidade de energia das matérias primas colhidas e processadas por unidade de energia consumida no processo, o indicador é favorável na Bahia pois o valor é maior que 1. É importante mencionar que a quantidade de energia que ingressa com as matérias primas processadas não é apenas para a produção do bioetanol, mas também para a produção de outros co-produtos como açúcar, então é esta a razão pela que o indicador apresenta valores superiores que 1. Realizando a

avaliação vertical do ano 2012 ao ano 2013, o indicador apresenta valores desfavoráveis pois teve um decréscimo de 7,51%. Isto significa que a Bahia, ao longo do tempo, está consumindo mais energia no processo de produção.

- b)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 um valor de 13,80%. Isto significa que o indicador é desfavorável, porque a quantidade de energia de entrada primária consumida para a produção dos biocombustíveis em relação à energia da matéria prima colhida na Bahia está 76,20% maior do que os valores do Brasil. Na avaliação vertical, o indicador apresenta também valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 1,24% quando é comparada com os valores do Brasil.
- c)** Para o ano 2013 a avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo apresenta um valor de 12,43%. Isto significa que o indicador é desfavorável por que quantidade de energia de entrada primaria consumida para a produção dos biocombustíveis em relação à energia da matéria prima colhida na Bahia está 77,57% menor que os valores de São Paulo. Realizando a avaliação vertical o indicador apresenta também valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 2,12% ao longo do tempo.

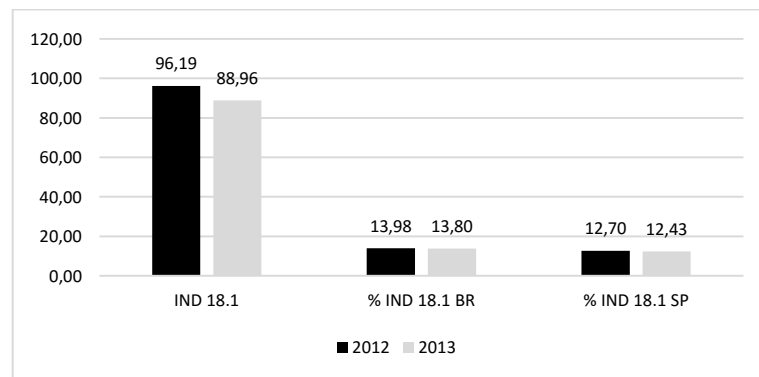


Gráfico 4.8: Resultados do indicador Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Colhida (IND 18.1) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Balanço Energético Líquido Energético do Biocombustível (IND 18.3) é igual ao indicador de Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11) possuem as mesmas métricas nas Equações

(16) e (5) apresentadas, razão pela que não se apresentou este indicador para não ocasionar duplicidade dos resultados.

O indicador Valor da Substituição de Combustíveis Fósseis por unidade de Biocombustível (IND 20.1a) é apresentado no Gráfico 4.9 a seguir, com os seguintes resultados:

- a)** O indicador refere-se à produção de bioetanol por unidade vendida de combustível derivado do petróleo com o que é misturado, neste caso seria a gasolina, além disso este indicador não necessariamente deveria chegar ao valor de 1, pois segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis na Figura 2.1 da seção 2.3, o valor para o ano 2013 deveria ser em torno 20% e 25%. A análise independente dos dados *in natura* do indicador apresenta valores desfavoráveis pois chega a um valor do 6,08%. Na avaliação vertical também o indicador apresenta valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 18,60%. Isto significa que a Bahia está produzindo menos bioetanol para o mercado local e pode ser a consequência do indicador ECO 16, já que nos resultados deste indicador a Bahia não conseguiu satisfazer a todo seu mercado local consumidor.
- b)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor desfavorável de 12,31%. Isto significa que o volume do bioetanol substituído por cada metro cúbico de combustível derivado de petróleo vendido na Bahia está quase 87% menor que os valores do Brasil. Na avaliação vertical o indicador apresenta também valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 15,25%. Isto significa que a Bahia está produzindo menos bioetanol para o mercado local quando é comparada com os valores do Brasil.
- c)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo apresenta para o ano 2013 um valor desfavorável de 6,39%. Isto significa que o volume do bioetanol substituído por cada metro cubico de combustível derivado de petróleo vendido na Bahia está quase 94% menor que os valores de São Paulo. Realizando a avaliação entre o ano 2012 e 2013, o indicador apresenta também valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 14,68%. Isto significa que a Bahia está produzindo menos bioetanol para o mercado local ao longo do tempo quando é comparada com os valores de São Paulo.

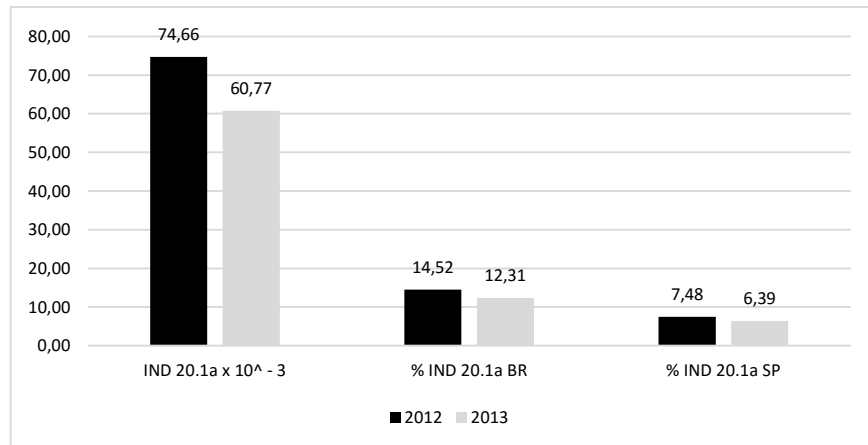


Gráfico 4.9: Resultados do indicador Valor da Substituição de Combustíveis Fósseis por Unidade de Biocombustível (IND 20.1a) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Valor da Economia Anual das Compras Reduzidas de Combustíveis Fósseis pela Produção do Biocombustível (IND 20.1b) é apresentado no Gráfico 4.10 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da economia anual pelas compras reduzidas na substituição de bioetanol por combustíveis fósseis por unidade por unidade vendida de combustível derivado do petróleo, o indicador é desfavorável na Bahia pois possui um decréscimo de 2,25% do ano 2012 ao ano 2013. Isto pode ser causado segundo o indicador ECO 14 onde o valor das vendas destes biocombustíveis, tiveram um decréscimo o ano 2013.
- b) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 um valor de 78,55%. Isto significa o indicador é favorável, porque a Bahia está quase 21% próximo aos valores do Brasil. Na avaliação vertical indicador apresenta valores similares por ter apenas um decréscimo de 0,64%.
- c) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo apresenta no ano 2013 um valor de 75,58%. Isto significa o indicador é favorável, porque a Bahia está quase 22% próximo aos valores de São Paulo. Mas o indicador apresenta valores favoráveis ao longo do tempo por ter um crescimento de 4,02%.

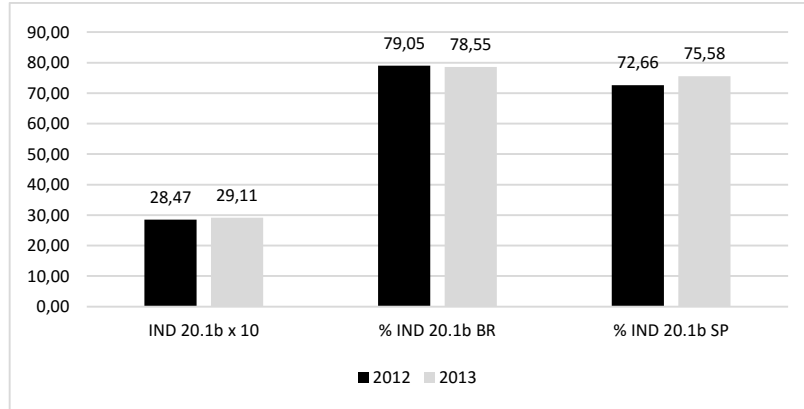


Gráfico 4.10: Resultados do indicador Valor da Economia Anual das Compras Reduzidas de Combustíveis Fósseis pela Produção do Biocombustível (IND 20.1b) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Porcentagem Participante da Quantidade de Biocombustíveis Produzidos na Oferta Total de Energia Primária (IND 22) é apresentado no Gráfico 4.11 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de energia gerada do bioetanol por unidade de energia primária ofertada, as métricas estão em porcentagem para este indicador, e apresenta um valor desfavorável de 1,35% para a Bahia. Isto que significa que se produz apenas 0,0135 unidades de energia gerada dos biocombustíveis por unidade de energia primária ofertada no mercado local da Bahia. Realizando comparação do ano 2012 ao ano 2013 o indicador apresenta valores estáveis por existir um crescimento de apenas 0,50% para o ano 2013.
- b) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 um valor de 21,31%. Isto significa que participação da produção de bioetanol das indústrias produtoras da Bahia na oferta total de energia primária no mercado local baiano em função dos valores do Brasil é desfavorável por estar quase 88% menor que os valores do Brasil. Mas realizando a avaliação vertical, o indicador apresenta valores favoráveis por ter um crescimento de 2,13% o que significa que ao logo do tempo o bioetanol da Bahia está participando mais da oferta local quando é comparado com os valores do Brasil.

- c) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo apresenta no ano 2013 um valor de 7,51%. Isto significa que participação da produção de bioetanol das indústrias produtoras da Bahia na oferta total de energia primária no mercado local baiano em função dos valores de São Paulo é desfavorável por estar quase 93% menor que os valores da principal competência em produção, mas estes valores entre o ano 2012 e 2013 apresentam valores favoráveis por ter um crescimento de 15,91% o que significa que ao longo do tempo o bioetanol da Bahia está participando mais da oferta local quando é comparado com os valores de São Paulo.

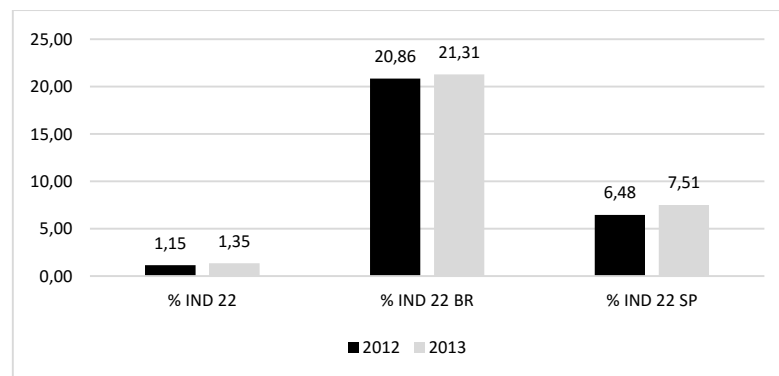


Gráfico 4.11: Resultados do indicador Porcentagem Participante da Quantidade de Biocombustíveis Produzidos na Oferta Total de Energia Primária (IND 22) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

4.1.3 Resultados dos Indicadores complementares para o bioetanol

Os Gráficos 4.12, 4.13 e 4.14 apresentam os resultados dos indicadores complementares (ICE), dentro do período de 2013 a 2012. No Apêndice B encontra-se a tabela com esses resultados *in natura* e no Apêndice C encontra-se a tabela com os resultados percentuais para cada indicador.

O indicador Difusão Tecnológica com Projetos Investidos para a Investigação e Desenvolvimento do Biocombustível (ICE 2) é apresentado no Gráfico 4.12 a seguir, com os seguintes resultados:

- a)** Realizando a avaliação dos dados *in natura* do número de projetos investidos em Investigação e Desenvolvimento por unidade de bioetanol produzida, o indicador é desfavorável na Bahia pois possui um decréscimo de 11,04% do ano 2012 ao ano 2013. Isto pode ser causado pelos valores do indicador IND 17.1, onde a quantidade de matérias primas produzidas destes biocombustíveis, tiveram um decréscimo o ano 2013.
- b)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor desfavorável de 72,74%. Isto significa que a quantidade de projetos de Investigação e Desenvolvimento destinada a este setor industrial na Bahia está 27,26% menor que os valores do Brasil, mas o indicador apresenta valores favoráveis ao longo do tempo por ter um crescimento de 5,49%, o que significa que a Bahia está investindo mais na área de Investigação quando é comparada com os valores do Brasil.
- c)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo apresenta para o ano 2013 um valor ótimo de 121,09%. Isto significa que a quantidade de projetos de Investigação e Desenvolvimento destinada a este setor industrial na Bahia está 21% maior que os valores do Brasil. Realizando a avaliação vertical o indicador apresenta valores favoráveis ao longo do tempo por ter um crescimento de 4,86%, o que significa que a Bahia está investindo mais na área de Investigação quando é comparada com os valores de São Paulo.

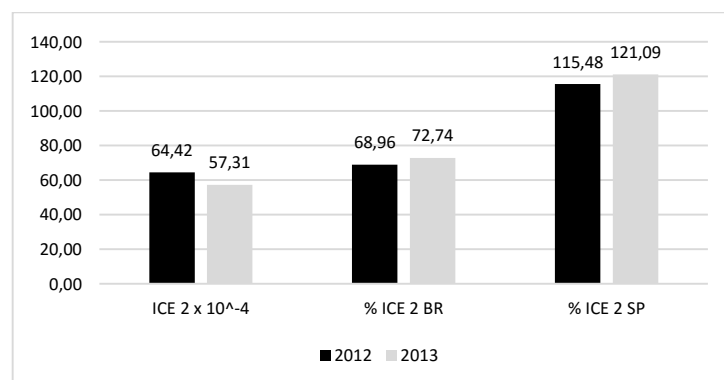


Gráfico 4.12: Resultados do indicador Difusão Tecnológica com Projetos Investidos para a Investigação e Desenvolvimento do Biocombustível (ICE 2) dos Indicadores Complementares para o bioetanol

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Difusão Tecnológica com Projetos Piloto de Pesquisa e Desenvolvimento Energético Terminados do Biocombustível (ICE 3) é apresentado no Gráfico 4.13 a seguir, com os seguintes resultados:

- a)** Realizando a avaliação dos dados *in natura* do número de projetos de pesquisa da área energética completos do setor industrial de bioetanol por unidade de bioetanol produzida na Bahia, o indicador é desfavorável pois possui um decréscimo de 11,04% do ano 2012 ao ano 2013. Isto pode ser causado, ao igual que o indicador ICE 2, pelos valores do indicador IND 17.1, onde a quantidade de matérias primas produzidas destes biocombustíveis, tiveram um decréscimo o ano 2013.
- b)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor desfavorável de 69,94%. Isto significa que o número de projetos de pesquisa da área energética completos do setor industrial de bioetanol na Bahia é desfavorável por estar em torno 30% menor que os valores do Brasil. Mas o indicador apresenta valores favoráveis ao longo do tempo por ter um crescimento de 5,50%, o que significa que a Bahia está acrescentando o número de projetos completos na área energética quando é comparada com os valores do Brasil.
- c)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo apresenta para o ano 2013 um valor de 65,91%. Isto significa que o número de projetos de pesquisa da área energética completos do setor industrial de bioetanol na Bahia é desfavorável por estar em torno 35% menor que os valores de São Paulo. Mas o indicador apresenta valores favoráveis na avaliação vertical por ter um crescimento de 4,85%, o que significa que a Bahia está acrescentando o número de projetos completos na área energética quando é comparada com os valores de São Paulo.

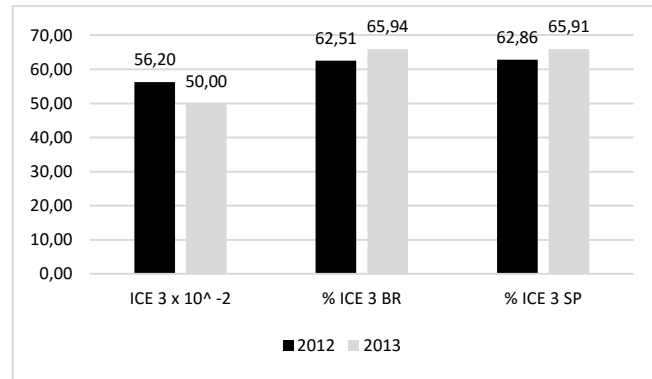


Gráfico 4.13: Resultados do indicador Difusão Tecnológica com Projetos Piloto de Pesquisa e Desenvolvimento Energético Terminados do Biocombustível (ICE 3) dos Indicadores Complementares para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Balanço Energético do Volume Produzido do Biocombustível por Unidade da Área Plantada (ICE 4) é apresentado no Gráfico 4.14 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de bioetanol produzido por unidade de área plantada, o indicador é desfavorável na Bahia pois possuem um decréscimo de 2,30% do ano 2012 ao ano 2013. Isto pode ser causado segundo a informação do indicador IND 17.1, onde as chuvas não chegaram acima desta média alguns meses do ano 2013, o que provavelmente acarretou uma redução na produção de matérias primas plantadas.
- b) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor ótimo de 104,53%. Isto significa que a quantidade de biocombustível produzido por unidade de área plantada na Bahia é 4,53% mais que os valores do Brasil. Mas o indicador apresenta valores desfavoráveis por ter um decréscimo de 10,41% ao logo do tempo, o que significa que a Bahia está abaixando o rendimento de biocombustível por hectare plantado quando é comparada com os valores do Brasil.
- c) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores de São Paulo apresenta para o ano 2013 um valor ótimo de 106,66%. Isto significa que a quantidade de biocombustível produzido por unidade de área plantada na Bahia é 6,66% mais que os valores de São Paulo. Mas o indicador apresenta valores desfavoráveis na avaliação vertical por ter um decréscimo de 10,60%,

o que significa que a Bahia está abaixando o rendimento de biocombustível produzido por hectare plantado ao longo do tempo, quando é comparada com os valores de São Paulo.

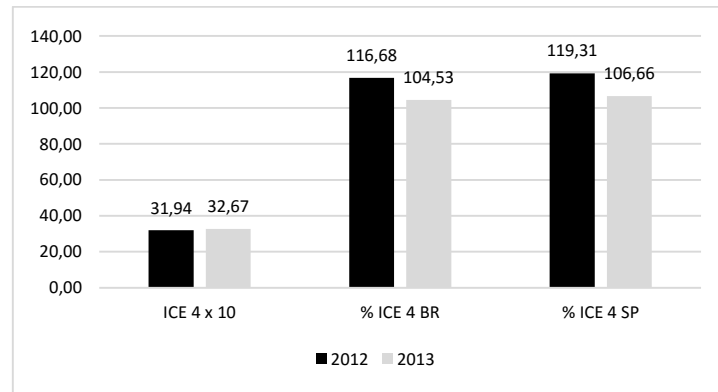


Gráfico 4.14: Resultados do indicador Balanço Energético do Volume Produzido do Biocombustível por Unidade da Área Plantada (ICE 4) dos Indicadores Complementares para o bioetanol

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

4.1.4 Resultados dos modelos propostos para avaliar a eficiência energética do bioetanol

O Gráfico 4.15 apresenta os grupos de indicadores entre o valor percentual de crescimento médio dos indicadores do bioetanol na Bahia em função aos valores dos indicadores de eficiência energética do Brasil e o Gráfico 4.16 apresenta os grupos de indicadores entre o valor percentual de crescimento médio dos indicadores de eficiência energética do bioetanol da Bahia em função aos valores do Estado de São Paulo.

Como pode-se apreciar nos indicadores EISD e na seção 4.1.1 a tendência da maioria dos indicadores é favorável quando são comparados com os valores do Brasil e São Paulo e o crescimento da eficiência energética em comparação com o ano 2012 é também favorável já que os valores apenas têm uma diminuição leve. Realizando a comparação com os indicadores GBEP na seção 4.1.2 esta tendência se inverte, porque a maioria dos resultados nesta ferramenta são desfavoráveis, além de apresentar um decréscimo dos valores ao longo do tempo. Claramente estas

tendências podem ser apreciadas por influenciar aos valores finais em cada grupo proposto.

Como pode-se apreciar no Gráfico 4.15 a seguir, o Grupo 1 pertencente aos indicadores EISD; e o Grupo 2 pertencentes aos indicadores EISD mais os indicadores ICE apresentam uma eficiência energética favorável por estar em torno de 79%, da eficiência energética em função aos valores do Brasil. Mas o Grupo 3 pertencentes aos indicadores GBEP; Grupo 4 pertencentes aos indicadores GBEP mais os indicadores complementares são ineficientes por estar em torno de 50 e 58 % respectivamente. Estes resultados influenciam diretamente ao Grupo 5 que é a unificação de todos os indicadores, e com um valor entorno de 67%. Isto significa que o bioetanol produzido na Bahia possui uma eficiência energética desfavorável tanto entre comparações com os grupos de indicadores e ao longo do tempo por apresentar um decréscimo também do ano 2012 ao ano 2013.

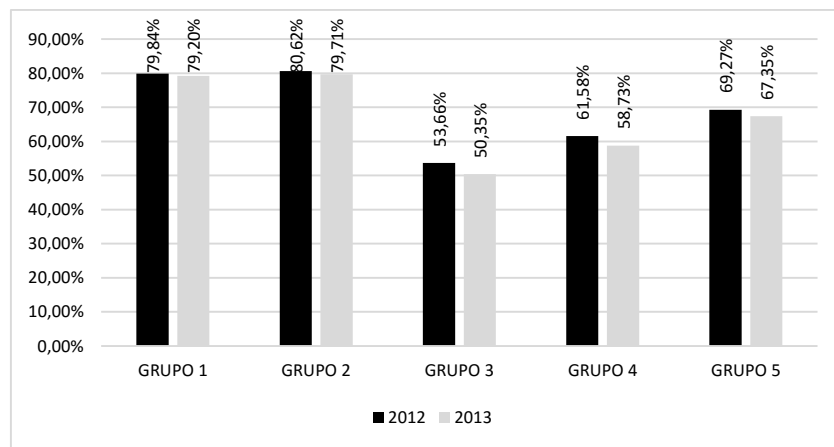


Gráfico 4.15: Resultados dos grupos de indicadores da eficiência energética em função aos valores do Brasil para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice D.

Como pode-se apreciar no Gráfico 4.16 a seguir, o Grupo 6 pertencente aos indicadores EISD; e o Grupo 7 pertencentes aos indicadores EISD mais os indicadores ICE, apresentam uma eficiência energética favorável em função aos valores de São Paulo por estar em torno de 78% e 84% respectivamente. Mas o Grupo 8 pertencentes aos indicadores GBEP; Grupo 9 pertencentes aos indicadores GBEP mais os indicadores complementares, são ineficientes por estar em torno de 46 e 60 %

respectivamente. Estes resultados influenciam diretamente ao Grupo 10 que é a unificação de todos os indicadores, e com um valor entorno de 68%. Isto significa que o bioetanol produzido na Bahia possui uma eficiência energética desfavorável quando é comparada com os valores de São Paulo. Mas analisando os resultados de cada grupo por separado e ao longo do tempo apresentam um crescimento favorável.

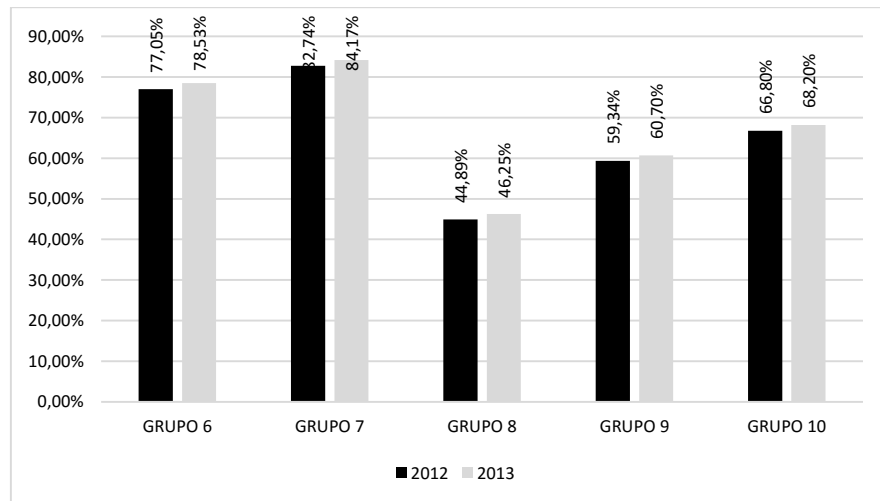


Gráfico 4.16: Resultados dos grupos de indicadores da eficiência energética em função aos valores de São Paulo para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice D.

4.2 RESULTADOS PARA O BIODIESEL

4.2.1 Apresentação da empresa

A usina produtora de biodiesel para o estudo de caso é apresentada abaixo. Como forma de proteger a privacidade da empresa pesquisada optou-se por não a identificar. Além disso, na fase inicial do trabalho, houve o compromisso ético, manifestado pela responsável pela pesquisa, em garantir o sigilo de documentos e de informações que tivessem caráter confidencial para a empresa. Assim, a usina é tratada neste ponto como empresa X.

A empresa X está localizada em Bahia e surgiu há seis anos no mercado baiano. O principal escopo da empresa é produção de biodiesel, além da produção de glicerina e ela possui atualmente 76 funcionários na usina. A pesquisa de campo

ocorreu nos meses de dezembro de 2014 e a coleta de dados foi feita a partir da aplicação de um questionário nos meses de outubro 2014 e março 2015.

4.2.2 Resultados dos indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) para o biodiesel

Os Gráficos 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21 apresentam os resultados dos indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) do estudo de caso do biodiesel da empresa X dentro do período de 2013. No Apêndice B encontra-se a tabela com esses resultados *in natura* e no Apêndice C encontra-se a tabela com os resultados percentuais para cada indicador.

O indicador Intensidade Energética por Unidade Produzida de Biocombustível (ECO₂), para este estudo utilizou-se o consumo de energia da usina produtora de biodiesel da Bahia por cada metro cúbico de biodiesel produzido. O indicador é apresentado no Gráfico 4.17 a seguir, com os seguintes resultados:

- a)** Este indicador apresenta valores desfavoráveis pois encontrar-se com um valor de 44,32%. Isto significa que a usina consome mais energia da que se produz quando é comparado com os valores do Brasil. Mas realizando uma visita técnica para complementar este indicador, a usina informou que se tem uma porcentagem de matérias primas de baixa qualidade na cadeia produtiva além de possuir problemas na região onde está instalada a usina como ser a baixa produtividade dos cultivos da matéria prima vendida à usina.
- b)** A usina atualmente mudou o uso de uma de suas fontes de energia para Gás Natural, além disso no ano 2014 a usina acrescentou 40% a mais a produção do biodiesel, é dentro deste contexto que este indicador pode mudar realizando novas pesquisas.

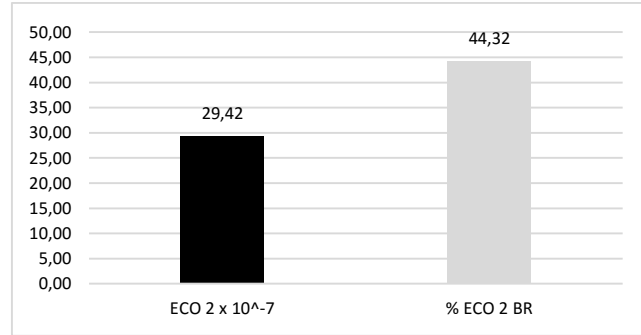


Gráfico 4.17: Resultados do indicador Intensidade Energética por Unidade Produzida de Biocombustível (ECO2) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11) é apresentado no Gráfico 4.18 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de energia gerada com o biodiesel por unidade de energia consumida no processo de produção, o indicador é desfavorável para a usina já que este valor é menor que 1. Isto que significa que a usina utiliza mais energia no processo de produção da que se produz com a produção de biodiesel.
- b) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor desfavorável de 40,42%. Isto significa que a usina consome mais energia da que se produz quando é comparado com os valores do Brasil.
- c) Este indicador pode mudar em futuras pesquisas, porque a empresa respondeu na Pergunta No 10 do questionário de caracterização no Apêndice A, que entre as melhorias que a empresa fez na área energética, realizou projetos para recuperação do vapor flash, além disso informou na visita técnica que atualmente está em pronta execução de outro projeto para economizar até 10% do consumo de uma das fontes de energia. É dentro deste contexto que este indicador pode mudar realizando novas pesquisas.

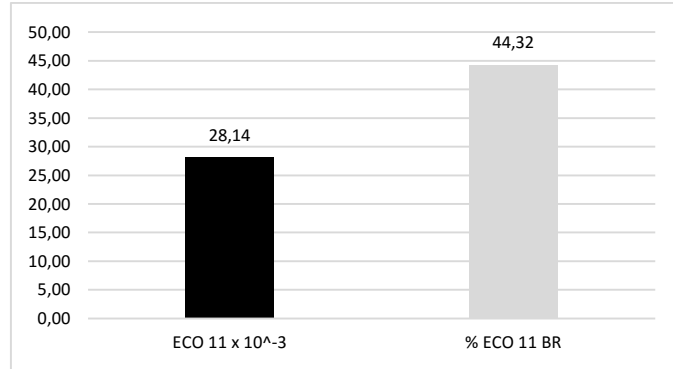


Gráfico 4.18: Resultados do indicador Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Percentual de Geração de Energia Elétrica Proveniente de Fontes não Emissoras de Carbono para o processo de Produção do Biocombustível (ECO12), é apresentado no Gráfico 4.19 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de energia gerada com o biodiesel por unidade de energia não derivada do petróleo consumida no processo de produção, o indicador apresenta valores ótimos pois por cada unidade de energia elétrica consumida se produz em torno 150 unidades de energia com o biodiesel.
- b) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor favorável de 81,72%. Isto significa que a energia elétrica consumida pela usina é próximo 28,68% aos valores do Brasil.

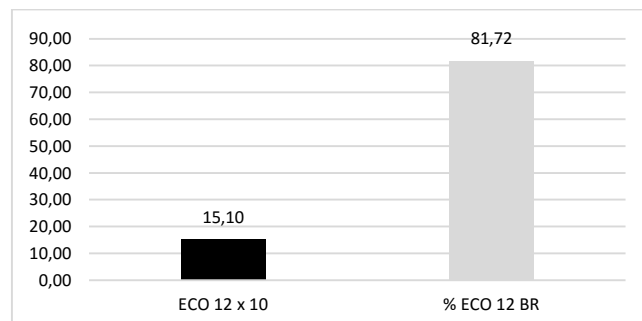


Gráfico 4.19: Resultados do indicador Percentual de Geração de Energia Elétrica Proveniente de Fontes não Emissoras de Carbono para o processo de Produção do Biocombustível (ECO12) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Preço Final de Venda do Biocombustível (ECO 14) não foi possível encontra-lo com o questionário, já que a usina vende em leilões a uma refinaria que mistura o biodiesel com o diesel e finalmente revender o diesel misturado para distribuidoras que se encarregam de vender ao consumidor final, mas apenas para fins de pesquisa apresentam-se resultados com valores encontrados em bancos de dados do Estado da Bahia e o Brasil. O indicador é apresentado no Gráfico 4.20 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) O valor dos preços de venda ao consumidor final, em moeda constante por metro cúbico (dólar constante US\$/m³) do biodiesel na Bahia é ótimo, já que o mesmo é menor em comparação com o Brasil em torno 1,75%. Isto quer dizer que os preços de venda do biodiesel da Bahia são menores que os preços do Brasil para o ano 2013.
- b) A usina informou no questionário na Pergunta No 21 com a regularização das atividades de distribuição e revenda de combustíveis pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a empresa obteve fluxos de investimento nacionais e internacionais, e caso a empresa regularize as atividades de mistura, distribuição e venda do biodiesel, os impactos positivos seriam um ganho logístico e a possibilidade de integração da atividade e os impactos negativos seriam a concentração do poder econômico e o risco regulatório em função ao poder econômico. Isto leva a analisar que caso existir uma independência do mercado de demanda e a usina passe a regular a venda do biodiesel ao consumidor final o indicador ECO 14 poderia ser aplicado e analisado com este tipo de questões.

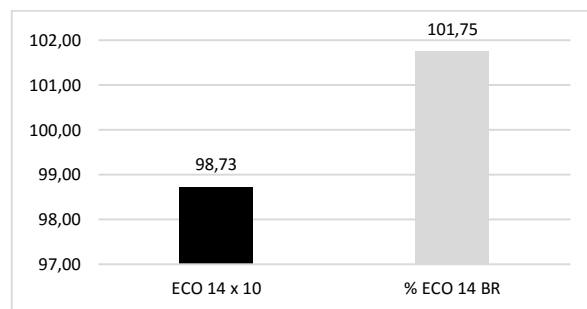


Gráfico 4.20: Resultados do indicador Preço Final de Venda do Biocombustível (ECO14) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Total de Estoques e Consumo de Biocombustível (ECO 16) é apresentado no Gráfico 4.21 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de volume produzido de biodiesel na usina por unidade volume consumido no mercado, o indicador é desfavorável com um valor de 0,74. Isto significa que o biodiesel produzido pela usina pode conseguir satisfazer a demanda em até 74% do total demandado na Bahia.
- b) O indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 um valor de 70,58%. Isto significa que é desfavorável, porque o volume do biodiesel substituído por cada metro cubico de combustível derivado de petróleo vendido na Bahia está 29,42% menor que os valores do Brasil.
- c) A usina informou no questionário na Pergunta No 17, que entre os principais problemas da região em que se instalou está a falta estabilidade climática, poucas cooperativas que abasteçam a demanda de matérias primas da usina e a baixa produtividade dos cultivos. Isto significa que a quantidade produzida de biodiesel é afetada por este tipo de problemáticas.

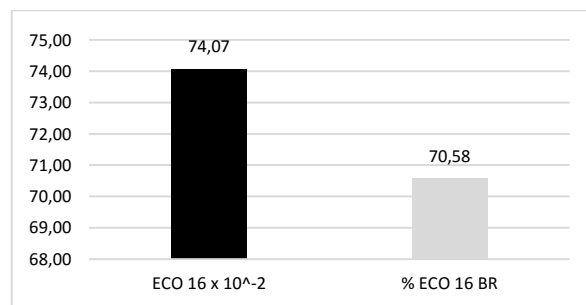


Gráfico 4.21: Resultados do indicador Total de Estoques e Consumo de Biocombustível (ECO16) do Desenvolvimento Sustentável Energético (EISD) para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

4.2.3 Resultados dos Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel

Os Gráficos 4.22, 4.23, 4.24 e 4.25 apresentam os resultados dos indicadores de Sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) do estudo de caso da empresa X dentro do período de 2013. No Apêndice B encontra-se a tabela com

esses resultados *in natura* e no Apêndice C encontra-se a tabela com os resultados percentuais para cada indicador.

O indicador Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Processada para a Produção de Biocombustível (IND 18.2), é apresentado no Gráfico 4.22 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) A análise independente dos dados *in natura* da quantidade de energia das matérias primas processadas por unidade de energia consumida no processo, o indicador é desfavorável na usina pois o valor é menor que 1. É importante mencionar que a quantidade de energia que ingressa com as matérias primas processadas não é apenas para a produção do biodiesel, mas também para a produção de outros co-produtos como glicerina.
- b) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 um valor de 41,29%. Isto significa que a o indicador é desfavorável por que quantidade de energia de entrada primária consumida para a produção do biodiesel é 68,71% maior que os valores do Brasil. Este valor desfavorável pode ser causado pela baixa produtividade nos cultivos que está por volta de 25 e 75%, que são os problemas que a empresa informou da região onde instalou-se.

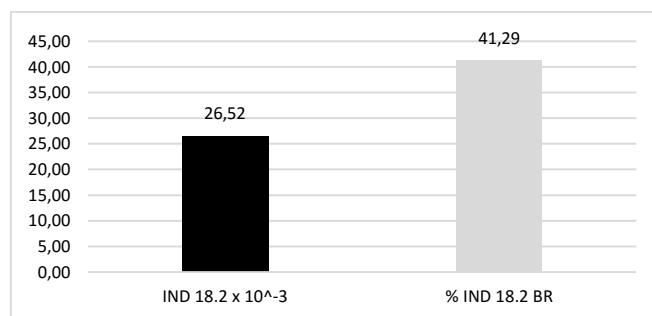


Gráfico 4.22: Resultados do indicador Balanço Energético Líquido da Matéria-Prima Processada para a Produção de Biocombustível (IND 18.2) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Balanço Energético Líquido Energético do Biocombustível (IND 18.3) é igual ao indicador de Participação do Total de Energia para o Processo de Produção do Biocombustível (ECO11) possuem as mesmas métricas nas Equações

(16) e (5) apresentadas, razão pela que não se apresentou este indicador para não ocasionar duplicidade dos resultados.

O indicador Valor da Substituição de Combustíveis Fósseis por Unidade de Biocombustível (IND 20.1a) é apresentado no Gráfico 4.23 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) O indicador refere-se à produção de biodiesel por unidade vendida de combustível derivado do petróleo com o que é misturado, neste caso seria a diesel mineral, além disso este indicador não necessariamente deveria chegar ao valor de 1, pois segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis na Figura 2.1 da secção 2.3, o valor para o ano 2013 deveria ser em torno 5%. A análise independente dos dados *in natura* do indicador apresenta valores desfavoráveis pois chega a um valor do 4,05%.
- b) A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor favorável de 88,78%. Isto significa que o volume do biodiesel substituído por cada metro cubico de combustível derivado de petróleo vendido na Bahia está 11,22% menor que os valores do Brasil.

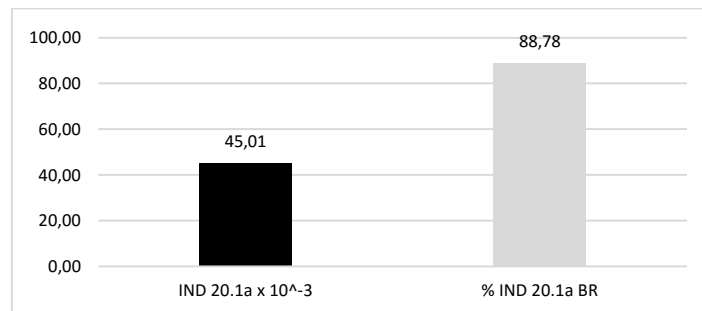


Gráfico 4.23: Resultados do indicador Valor da Substituição de Combustíveis Fósseis por Unidade de Biocombustível (IND 20.1a) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

No indicador Percentagem de Trabalhadores Treinados no Setor Produtor de Biocombustíveis (IND 21.1) apresentado no Gráfico 4.24 a seguir com os seguintes resultados:

- a) A análise independente dos dados *in natura*, a usina informou por meio dos questionários que o percentual de empregados treinados no setor de bioenergia da força de trabalho total é de 100%, já que todos os empregados da usina recebem treinamentos em cursos de formação para cada atividade de executam. Isto significa que este indicador é favorável, além disso a usina informou na Pergunta No 25 que a empresa tem opções para o crescimento do emprego.
- b) Realizando a comparação com os valores do Brasil este indicador é ótimo pois apresenta o valor de 163,37%, o que significa que a usina tem 63,37% mais trabalhadores treinados no setor produtor de biodiesel que o Brasil.

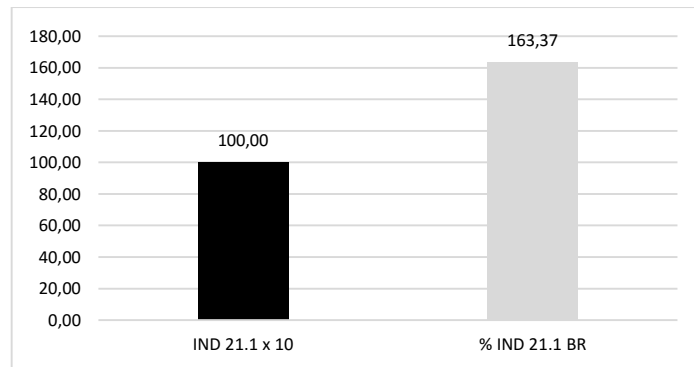


Gráfico 4.24: Resultados do indicador Percentagem de Trabalhadores Treinados no Setor Produtor de Biocombustíveis (IND 21.1) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

O indicador Percentagem dos Trabalhadores Requalificados do Setor Produtor de Biocombustíveis (IND 21.2) foi zero já que a usina informou que não teve empregos perdidos neste período.

O indicador Porcentagem Participante da Quantidade de Biocombustíveis Produzidos na Oferta Total de Energia Primária (IND 22), é apresentado no Gráfico 4.25 a seguir, com os seguintes resultados:

- a) Realizando uma análise independente dos dados *in natura* da quantidade de energia gerada do biodiesel por unidade de energia primária ofertada, as métricas estão em porcentagem para este indicador, e apresenta um valor desfavorável de 21,06 x 10⁻⁹ % para a Bahia. Isto que significa que se produz

apenas $0,21 \times 10^{-7}$ unidades de energia gerada do biodiesel por unidade de energia primária ofertada no mercado local da Bahia.

- b)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta no ano 2013 um valor ótimo de 138,11%. Isto significa que participação da produção de biodiesel da usina da Bahia na oferta total de energia primária no mercado local baiano em função dos valores do Brasil é favorável por estar 38% maior que os valores do Brasil.

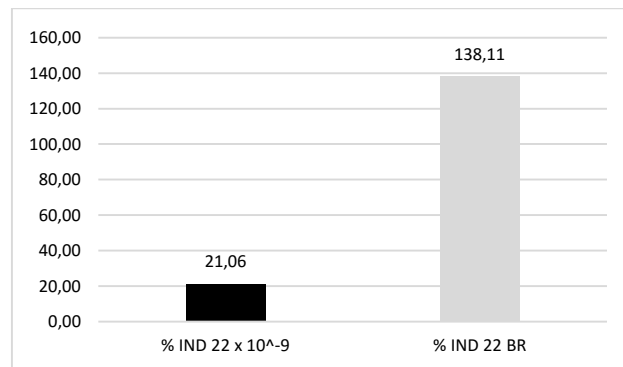


Gráfico 4.25: Resultados do indicador Porcentagem Participante da Quantidade de Biocombustíveis Produzidos na Oferta Total de Energia Primária (IND 22) da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o biodiesel
Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

4.2.4 Resultados dos indicadores complementares para o biodiesel

O Gráfico 4.26 apresenta apenas um valor de crescimento percentual dos indicadores complementares (ICE) para o biodiesel dentro do período de 2013 já que a informação que se precisava para encontrar o resto dos indicadores não se encontrava atualizada nem desagregada para realizar a avaliação em função aos dados do Brasil. No Apêndice B encontra-se a tabela com esses resultados *in natura*.

Como pode-se apreciar no Gráfico 4.26 a seguir, os resultados para o indicador Difusão Tecnológica com Projetos Piloto de Pesquisa e Desenvolvimento Energético Terminados do Biocombustível (ICE3):

- a)** Realizando a avaliação dos dados *in natura* do número de projetos de pesquisa da área energética completos do setor industrial de bioetanol por unidade de biodiesel produzido na Bahia, o indicador é ótimo para o estudo de caso na Bahia pois conseguiu desenvolver e completar os projetos planejados para esse período. Além disso a usina informo na Pergunta No 24 no questionário

de caracterização, que estimula a investigação e desenvolvimento de pesquisas e promove a pesquisa acadêmica e industrial na usina.

- b)** A avaliação horizontal do indicador em função aos valores do Brasil apresenta para o ano 2013 um valor ótimo de 131,88%. Isto significa que o número de projetos de pesquisa da área energética completos da usina de biodiesel na Bahia está em torno 30% maior que os valores do Brasil.

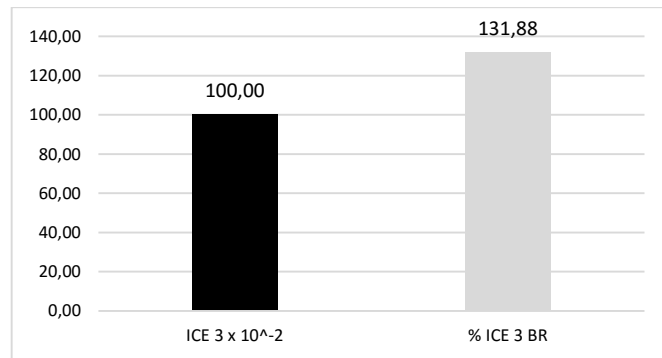


Gráfico 4.26: Resultados do indicador Difusão Tecnológica com Projetos Piloto de Pesquisa e Desenvolvimento Energético Terminados do Biocombustível (ICE 3) dos Indicadores Complementares para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice B e C.

4.2.5 Resultados dos modelos propostos para avaliar a eficiência energética do biodiesel

O Gráfico 4.27 apresenta os grupos de indicadores entre o valor percentual de crescimento meio dos indicadores do biodiesel do estudo de caso da empresa X na Bahia em função aos valores dos indicadores de eficiência energética do Brasil.

Como pode-se apreciar nos indicadores EISD e na seção 4.2.2 a porcentagem de indicadores favorável é de 50% quando são comparados com os valores do Brasil. Realizando a comparação com os indicadores GBEP na seção 4.2.3 esta tendência melhora, porque a porcentagem de indicadores favoráveis é de 80%. Claramente estas tendências podem ser apreciadas por influenciar aos valores finais em cada grupo proposto além de também possuir um valor favorável no indicador complementar ICE 3.

Como pode-se apreciar no Gráfico 4.27 a seguir, o Grupo 1 pertencente aos indicadores EISD apresentam uma eficiência energética desfavorável em torno um 68% da eficiência energética em função aos valores do Brasil, isto significa que assim

estes valores não são os desejados estão perto de ser parte da tendência favorável. Em futuras pesquisas o Grupo de indicadores 1 pode mudar a favoráveis, já que a empresa apresenta perspectivas de melhorias na eficiência energética e na cadeia produtiva por atualmente acrescentar em torno de 40% a produção do biodiesel, além de trabalhar as 24 horas do dia e os 7 dias da semana, capacitar constantemente empregados na área de produção e possuir um consultor específico na área de bioenergia que colabora com o controle de qualidade da matéria prima e o produto final além da capacitação aos novos empregados da área.

O Grupo 2 pertencentes aos indicadores EISD mais os indicadores complementares ICE, são eficientes por estar em torno um 79% da eficiência energética em função aos valores do Brasil.

O Grupo 3 pertencentes aos indicadores GBEP; Grupo 4 pertencentes aos indicadores GBEP mais os indicadores complementares são eficientes por estar em torno um 108% e 113% respectivamente. Estes resultados influenciam diretamente ao Grupo 5 que é a unificação de todos os indicadores, e com um valor entorno 90%. Isto significa que a usina produtora de biodiesel na Bahia possui uma eficiência energética favorável na maioria dos grupos.

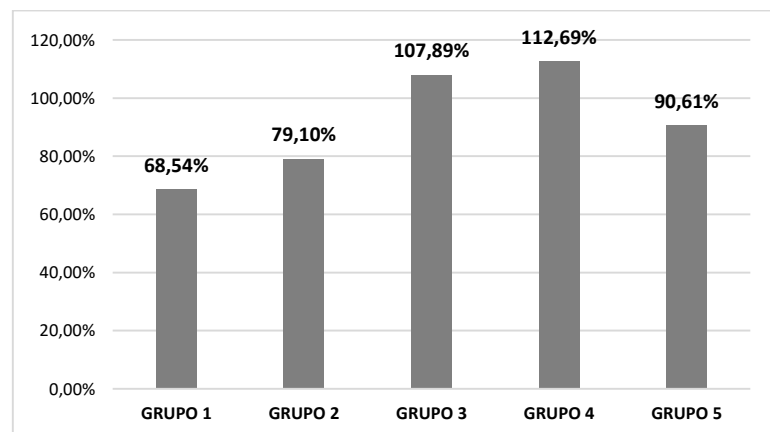


Gráfico 4.27: Resultados dos grupos de indicadores da eficiência energética em função aos valores do Brasil para o biodiesel

Fonte: Elaboração com base ao Apêndice D.

4.3 DISCUSSÕES

Os Gráficos 4.28 e 4.29 apresentam a quantidade de indicadores encontrados, indicadores não encontrados e os indicadores que não se aplicam para o bioetanol e biodiesel respectivamente, e em seguida serão apresentadas as discussões para este estudo.

Como pode-se apreciar de maneira geral no Gráfico 4.28, para o bioetanol está em primeiro lugar os indicadores encontrados, seguidos dos indicadores que não foram aplicados por não formar parte deste estudo, e finalizando com os indicadores que não foram encontrados; para o biodiesel no Gráfico 4.29 está em primeiro lugar os indicadores que não foram aplicados, seguidos dos indicadores encontrados e finalizando com os indicadores que não foram encontrados. A discussão desta análise é relevante por que ambas ferramentas e indicadores complementares apresentam lacunas na disponibilidade de informação o que dificulta apresentar de forma completa este estudo, já que a falta desta informação afeta diretamente aos resultados dos grupos propostos neste estudo.

Além de tudo, em caso de acontecer uma mudança da atual administração que se encarrega da distribuição e venda de biocombustíveis ao consumidor final no Brasil, pelas usinas de biocombustíveis, ocorreria uma mudança da análise dos resultados finais nos grupos de indicadores da eficiência energética em ambas ferramentas e indicadores complementares, já que estes valores poderiam mudar, caso uma porcentagem dos indicadores que não foram aplicados para este estudo foram aplicáveis.

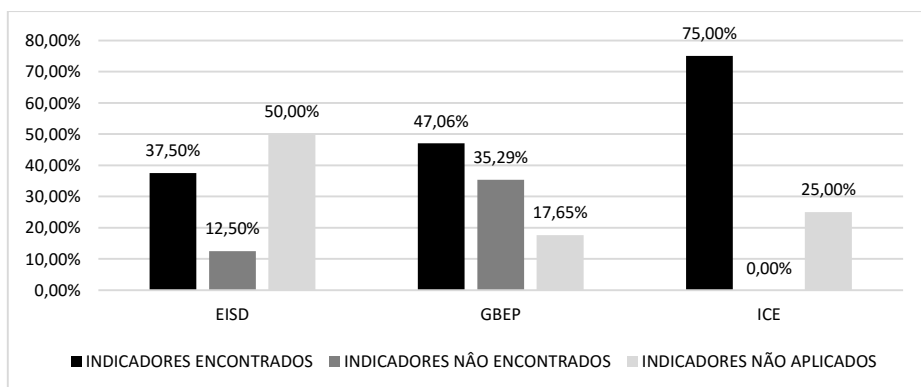


Gráfico 4.28: Obtenção de dados dos indicadores para o bioetanol
Fonte: Elaboração com base na interpretação do APÊNDICE E.

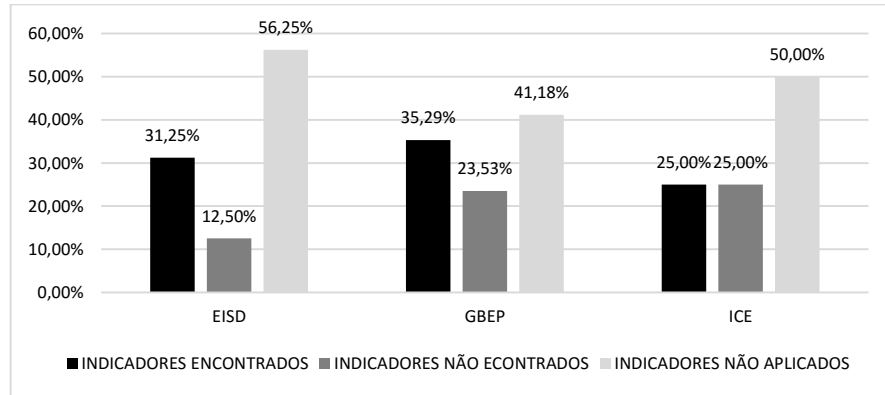


Gráfico 4.29: Obtenção de dados dos indicadores para o biodiesel
 Fonte: Elaboração com base na interpretação do APÊNDICE E.

Além de tudo, foi percebido uma similaridade na tendência dos resultados do bioetanol na avaliação horizontal com o Brasil e São Paulo, isto pode ser causado por trabalhar com as mesmas características físicas da matéria prima a qual além de produzir bioetanol e açúcar também produz energia para o processo de produção. Neste contexto, recomenda-se para futuras pesquisas trabalhar com estudos de caso em distintas empresas, assim como foi realizado com a análise do biodiesel, ou caso for possível a partir de um banco de dados que especifique o tipo de matéria prima de maior uso em cada Estado produtor de bioetanol e o análise dos co-produtos resultantes nos processos de produção destes biocombustíveis como serem açúcar e bagaço de cana no caso do bioetanol e glicerina no caso do biodiesel.

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais relacionadas com o trabalho de investigação relatado neste trabalho e distribuídas de acordo com os seguintes itens:

- a) Objetivos da pesquisa;
- b) Limitações da proposta;
- c) Sugestões para futuros trabalhos.

5.1 SOBRE OS OBJETIVOS DA PESQUISA

A partir dos resultados obtidos, através da avaliação da eficiência energética nos biocombustíveis estudados, os objetivos principais e específicos propostos foram alcançados e a seguir serão apresentadas as conclusões deste projeto.

Dos 14 indicadores apresentados neste trabalho para analisar a eficiência energética do bioetanol, apenas dois indicadores apresentam valores favoráveis. Isto significa que um 86% dos indicadores apresentou eficiência energética desfavorável, esta tendência pode ser causada pela falta de chuvas que afetaram o rendimento da produção das matérias primas e o decréscimo do preço deste biocombustível no ano 2013.

O bioetanol produzido na Bahia quando é comparado com os valores percentuais do Brasil e São Paulo apresenta na maioria dos indicadores valores favoráveis nos indicadores do EISD e ICE, e desfavoráveis nos indicadores GBEP. Realizando a comparação dos grupos propostos com ambas ferramentas e os indicadores complementares, apenas 40% dos grupos apresenta valores favoráveis para a eficiência energética por encontrar-se entre 80 e 85% do valor, além disso a tendência dos grupos de indicadores ao longo do tempo é invertida, já que para grupos que estão em função dos valores do Brasil existe um crescimento negativo e os grupos de indicadores que estão em função dos valores de São Paulo têm um crescimento positivo do ano 2012 ao ano 2013. Isto leva a concluir que o bioetanol produzido na Bahia possui uma eficiência energética eficiente e favorável através do tempo quando é comparado com os valores de São Paulo.

Dos dez indicadores apresentados neste trabalho para analisar a eficiência energética do biodiesel, dois indicadores apresentam valores favoráveis e dois apresentam valores ótimos. Isto significa que 60% dos indicadores apresentou eficiência energética desfavorável, mas esta tendência pode ser causada tem-se uma porcentagem de matérias primas de baixa qualidade na cadeia produtiva além de possuir problemas na região onde está instalada a usina como ser a baixa produtividade dos cultivos da matéria prima vendida à usina. Entre os resultados favoráveis e ótimos destes indicadores cabe mencionar que a usina pode conseguir satisfazer a demanda em até 74% do total demandado na Bahia, todos os empregados são treinados, estimula a investigação e desenvolvimento de pesquisas e promove a pesquisa acadêmica e industrial na usina. Além de tudo, a indústria de biodiesel têm sido uma grande ajuda para as economias rurais e pequenos agricultores em várias regiões porque existem empresas na região que fornecem matéria prima e insumos, além de existir empresas associadas à usina na região, apoio à estrutura da cadeia produtiva com a agricultura familiar e acordos para fornecimento de assistência técnica nas agriculturas.

O biodiesel apresenta na maioria dos indicadores valores favoráveis tanto nos indicadores EISD e os indicadores GBEP, e nos indicadores complementares ICE estes valores foram ótimos. Realizando a comparação dos grupos de indicadores propostos com ambas ferramentas e os indicadores complementares 80% apresenta valores favoráveis para a eficiência energética por encontrar-se entre 75 e 100% do valor, mas o resto dos grupos está perto do valor desejado. Isto leva a concluir que a eficiência energética do biodiesel produzido na usina do estudo de caso na Bahia é eficiente e em futuras pesquisas estes resultados podem apresentar valores mais favoráveis pois a usina acrescentou 40% mais a produção para o ano 2015.

Chegou-se também à conclusão, para os dois biocombustíveis analisados neste estudo, que um dos principais objetivos da eficiência energética não é apenas ser igual aos valores médios do país onde se realiza a produção (Brasil) ou estar perto do principal competidor (São Paulo no caso do bioetanol), um dos principais objetivos também é acrescentar em função ao tempo demonstrando uma melhoria ao longo deste, assim como foi demonstrado com a análise do bioetanol. Neste contexto leva a afirmar que a desagregação e atualização de métricas envoltas neste trabalho

ajudariam a apresentar o comportamento do estudo de caso do biodiesel entre diferentes períodos assim como foi demonstrado no caso do bioetanol.

Os principais indicadores não são considerados melhores ou mais importantes do que os indicadores complementares, eles são simplesmente o primeiro passo na busca de medidas comuns para encontrar a eficiência energética em uma indústria. Os resultados de seus testes piloto vão demonstrar que indicadores precisam ser modificados e quais trabalharam bem para a maioria das indústrias produtoras de biocombustíveis. Isto leva a afirmar que a união dos indicadores EISD, GBEP e com os complementares ICE que avaliam segurança energética, difusão de tecnologia e a organização do mercado consumidor, podem-se complementar uns com os outros, além de apresentar um estudo mais detalhado e desagregado da avaliação da eficiência energética de um Estado produtor de bioenergia.

Se demonstrou com as perguntas abertas do questionário e as visitas técnicas que os indicadores qualitativos ajudam a complementar os indicadores quantitativos além de responder possíveis faltas de informação ou a ineficiência de alguns dos indicadores, isto pode ser uma possível alternativa na mudança de questionários futuros por instituições encarregadas deste tipo de pesquisas e ajudar em pontos específicos à eficiência energética nas indústrias, já que com a desagregação de indicadores quantitativos e qualitativos é possível apresentar relatórios com explicações das áreas a melhorar, demonstrando que o caminho para conseguir as certificações internacionais, para a produção e comercialização de biocombustíveis, podem ser uma visão a curto prazo. Dentro deste contexto, com as informações complementares no questionário pode-se não apenas obter valores quantitativos se não também qualitativos que ajudem a explicar a tendência de cada indicador.

Os resultados da pesquisa fornecem uma base para futuras discussões e desenvolvimento de avaliações da eficiência energética para sistemas produtores de biocombustíveis e também pode fornecer uma base para avaliar projetos de bioenergia individuais dentro de seu contexto e escala geográfica e econômica.

A intenção deste trabalho foi examinar se o modelo aqui proposto é viável e aplicável não só para a avaliação de uma empresa individual, mas também para a

avaliação e comparação de duas ou mais empresas produtoras de biocombustíveis, mas como já foi explicado na secção 3.2 isto não foi possível pela falta de aceitação nas indústrias.

5.2 LIMITAÇÕES DA PROPOSTA

A proposta desenvolvida, relatada e aplicada neste trabalho, apresenta, ao lado da confirmação da hipótese e dos resultados obtidos, uma faixa de limitações que deixa em aberto as perspectivas para o seu aprimoramento. Nesta subsecção serão discutidas as limitações da proposta nos seus vários aspectos, a saber:

- a) Limitações do instrumento de avaliação;
- b) Limitações do questionário de caracterização;
- c) Limitações do tamanho da amostra;

5.2.1 Limitações do instrumento de avaliação

Não foi possível encontrar 8 indicadores para o bioetanol e 6 para o biodiesel pela falta de informação desagregada por Estados e produtoras destes biocombustíveis, além disso também não foram consideradas as evoluções do ano 2012 para o biodiesel e os co-produtos resultantes do processo de produção como ser glicerina no caso do biodiesel e açúcar no caso do bioetanol. Este tipo de falta de informação pode mudar os resultados, limitando assim o que possibilitaria um conhecimento mais próximo da realidade investigada nesta pesquisa.

5.2.2 Limitações do questionário de caracterização

A revisão bibliográfica foi a principal fonte de informações para a construção do questionário de caracterização. Através dele buscou-se coletar informações sobre possíveis lacunas na informação da eficiência energética, então posto dessa forma, a possível ausência de informações relevantes para a pesquisa constitui-se uma limitação desse questionário.

Reitera-se, aqui, que isso pode ser superado em outras pesquisas sobre essa mesma temática e que venham a adotar, como ponto de partida, as limitações hoje existentes.

Embora seja importante para avaliar a eficiência energética com diversos indicadores, às vezes pode ser difícil fazer comparações entre empresas com um grande número produtos e subprodutos.

5.2.3 Limitações do tamanho da amostra

A amostra de apenas uma indústria de biodiesel não é suficiente para fazer a extrapolação dessas características para todas as indústrias desse tipo. Os resultados que foram obtidos nesta pesquisa apenas avaliam como atualmente encontra-se esta indústria na eficiência energética e vão servir como ponto de apoio para discussões futuras.

Em contrapartida, esses resultados podem servir de modelo e ponto de partida para futuras pesquisas nesta área, além de ser aplicadas numa mostra maior neste Estado ou outros, ou ser aplicada em outro tipo de setor industrial.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

A partir do conhecimento adquirido durante o desenvolvimento desse estudo, algumas sugestões podem ser feitas para serem aproveitadas em trabalhos futuros. As sugestões são as que seguem:

- a)** Aplicar essa proposta a número maior de empresas, de forma a confirmar ou contestar as informações obtidas com essa pesquisa;
- b)** O trabalho não avaliou a qualidade do produto final apenas avaliou a energia e a quantidade de produto processado e obtido em cada processo, mas isto pode ser significativo e estar relacionada com a eficiência energética, então pode-se aplicar uma proposta que inclua esse tipo de métricas;
- c)** Adaptar esse modelo para que possa ser aplicado em outros tipos de empresas;

- d)** Aplicar este modelo a outros países produtores destas bioenergias com a finalidade de apresentar modelos comparativos do Brasil com os países de maior produção de biocombustíveis.
- e)** Os indicadores que apresentaram resultados ótimos na aplicação deste estudo apenas apresentam esta conclusão na parte econômica, ainda faltaria avaliar os dois pilares faltantes da sustentabilidade que são a avaliação ambiental e social das ferramentas utilizadas;
- f)** Não foi avaliado os valores de outros produtos resultantes como ser glicerina no caso do biodiesel e açúcar no caso do bioetanol, então os resultados destes dados podem mudar em vários indicadores, mas não foram considerados para este estudo por não ter dados desagregados deste produto, mas se recomenda inclui-los em futuras pesquisas onde o aceite das empresas de bioetanol participantes for maior e em Estados de alta produção de biodiesel no Brasil;
- g)** Atualmente se tem na instituição do Ministério de Minas e Energia (MME) notas técnicas onde pode-se encontrar o tratamento para encontrar a informação da metodologia utilizada nos balanços energéticos na produção de bioetanol e com esta ajuda se conseguiu encontrar a maioria dos indicadores econômicos para aplicar este trabalho, mas para futuros trabalhos onde se englobaria os biocombustíveis produzidos no Brasil, recomenda-se fazer notas técnicas para o biodiesel e a matéria prima de maior utilização neste setor;
- h)** Os biocombustíveis atualmente são comercializados ao consumidor final por meio de distribuidoras, razão pela que não foram aplicados alguns indicadores neste estudo, então pode-se elaborar manuais para as empresas produtoras de biocombustíveis possam aplicar indicadores adaptados à realidade do país onde se comercializa esta bioenergia.
- i)** Adaptar este modelo com ajuda de softwares em buscadores de dados confiáveis, com a finalidade de englobar a informação necessária para aplicar cada ferramenta de forma fidedigna e eficiente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANG BW, LIU FL. *Eight methods for decomposing the aggregate energy-intensity of industry*. **Applied Energy**. 2003; 76(2003): p15–23.

ANG BW. *Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?*. **Energy Policy**. 2004; Vol 32(9). Pg1131–9.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Dados Estatísticos. Brasília, 2014*. Disponível em < <http://www.anp.gov.br/?pg=60468&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1389659429015>> acesso em 17/03/2014.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Preço do etanol cai em 12 Estados; BA registra maior queda*. 2013. Disponível em < <http://atarde.uol.com.br/economia/materias/1546141-preco-do-etanol-cai-em-12-estados-ba-registra-maior-queda>> acesso em 10/08/2015.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Biocombustíveis*.2011 Disponível em < <http://www.anp.gov.br/?id=470>> acesso em 23/10/2014.

AQUINO DE LBOQUERQUE, et.al. *Eficiência energética do sistema de cultivo da mamoneira consorciada com feijão*. 3er Congresso Nacional de Mamona E Bioquímica. **Artigo em anais do congresso** 2013. Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276976/1/BD03.pdf>> acessado em 10/05/2014.

AZADEH, A. *et al. An integrated DE PCA numerical taxonomy approach for energy efficiency assessment and consumption optimization in energy intensive manufacturing sectors*. **Energy Policy**, v. 35, p. 3792–3806, 2007.

BAELEMANS A, MUYS B. *A critical evaluation of environmental assessment tools for sustainable forest management*. In: Proceedings of the International Conference on Life Cycle Assessment in Agriculture. 1998.

BAJAY, Sérgio Valdir; CARVALHO, E. B. *Planejamento indicativo: Pré-requisito para uma boa regulação do setor elétrico*. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. São Paulo, 1998. **Anais**. UNICAMP/USP/EFEO/SE-SP/SBPE. São Paulo, 1998, p.324-8.

BERNARD J.T, CÔT E. B. L. *'Intensite Energétique du Sector Manufacturier de 1976 à 1996*. **Chaire los Economique de L'En ERGIE Eletrique VERDE**. Département d'Economique, Universit ELaval, Quebec / Canadá, de 2002.

BIODIESEL. Site da Internet. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>> acesso em: 15/05/2014.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o Desenvolvimento Sustentável*. Relatório técnico, 2008.

BORGES, U., FREITAG, H., HURTIENNE, T., NITSCH, M. *PROALCOOL: economia política e avaliação socioeconômica do programa brasileiro de biocombustível*. Aracaju. 1988.

BOYD, G. A.; PANG, J. X. *Estimating the linkage between energy efficiency and productivity*. **Energy Policy**, v. 28, p. 289–296, 2000.

BRANCO R. *O que é sustentabilidade energética*. **Revista Manutenção e Suprimentos**. 2013

BRASIL. Biblioteca da Presidência da República. *Resenha energética brasileira: exercício de 2011: resultados preliminares*. Brasília. 2011. 16 – 20 p.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Seção 1, p. 8.

BUCHHOLZ T. ET. AL. *Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey*. **The Elsevier journal**, (2009), pp 586-598 EUA.

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. *Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo*. **AVANCES en Ingeniería Agrícola**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2000. p. 477-482.

BUYTAERTA V.; MUYSB B. *Towards integrated sustainability assessment for energetic use of biomass: A state of the art evaluation of assessment tools*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2011, Vol.15, pp.3918-3933. Administração. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1998.

BUYTAERTA, V. et. al. *Towards integrated sustainability assessment for energetic use of biomass: A state of the art evaluation of assessment tools*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n15 (2011). p 3918–3933.

CADERNOS NAE. *Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República*. No. 2 (jul. 2004). Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2004.

CARNEIRO, R. F; ROCHA, P.K. *Políticas públicas e energias renováveis: propostas de ações de indução à diversificação da matriz energética na Bahia*. **Bahia Análise & Dados**. Salvador, v. 16, n. 1, p.23-36, jun.2006. Disponível em: <http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/337.pdf> > acesso: 20/06/ 2014.

CARVALHO, Simone Pereira de; CARRIJO, Ed Licys de Oliveira. *A Produção de Alcool: Do Proálcool ao Contexto Atual*. Sober, Londrina, 2007 julho.

CEINBO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. *Biomassa moderna versus biomassa tradicional*. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/versus.htm>> acesso em: 25/10/ 2013.

COMITRE, V. *Avaliação energética e aspectos econômicos da soja na região de Ribeirão Preto-SP*. 1993. 152 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Dissertação. Florianópolis-SC, 2001. Disponível em: <<http://projetos.inf.ufsc.br> > acesso em: 15/05/2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Levantamento safra cana-de-açúcar 2008/2009*. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/GO/3_lev_cana_08.pdf > acesso em: 25/10/2014.

DUBEUX, C. B. S. *Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa por Municípios Brasileiros: Metodologias para Elaboração de Inventários Setoriais e Cenários de Emissões como Instrumentos de Planejamento*. Tese de doutorado. PPE/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro – RJ, 2007. 247p

EIA - Energy Information Administration. *Country Analysis Brief Overview- Brazil*. 2013. Disponível em: <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=BR> > acessado em 10/04/2014.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). *Plano Nacional de Energia 2030*. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

ESMAP – Energy Sector Management Assistance Program. *Energy Efficiency Indicators: Best practice and potential use in developing country policy making*. Washington D.C., USA, 2010.

EUROSTAT - International Atomic Energy Agency, United Nations Department of Economic and Social Affairs, International Energy Agency, Eurostat, and European Environment Agency. *Energy indicators for sustainable development: guidelines and methodologies*. Vienna: IAEA; 2005.

EUROSTAT - International Atomic Energy Agency, United Nations Department of Economic and Social Affairs, International Energy Agency, Eurostat, and European Environment Agency. *International Atomic Energy Agency, International Energy Agency, Indicators for sustainable energy development*. A report prepared for the ninth session of the United Nations commission on sustainable development, New York, 2001.

FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (Brasil). *Rumo à Credibilidade: Uma pesquisa de relatórios de sustentabilidade no Brasil*. Programa Global Reportes, 2008. Disponível em:

<http://www.fbds.org.br/Relatorio_Rumo_a_Credibilidade.pdf > acessado em 16 /10/2013.

FERREIRA, J. R.; CRISTO, C. M. P. N. *O futuro da indústria: biodiesel*. Brasília, DF: MDIC-STI/IEL, 2006, 145p.

FREEMAN S.L., NIEFER M.J., ROOP J.M. **Medir a intensidade energética industrial: aspectos práticos e problemas**. *Polce Energy* de 1997; 25 (7-9): 703 - 14.

GASPARATOS, A., EL-HARAM, M., HORNER, M. *A critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability*. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, 286–311. 2008.

GBEP- Global Bioenergy Partnership. *Development of a set of relevant, practical, science-based, voluntary indicators regarding the sustainability of bioenergy*. Disponível em: <<http://www.globalbioenergy.org/>> acessado em 16 /11/2013.

GIAMPIETRO, M.G.; CERRETELLI, G.; PIMENTEL, D. *Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.38, n.3, p.219-244, 1992.

GONÇALVES, D. B. *Mar de cana, deserto verde? Dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 2005.

HALL, D.O.; HOUSE, J. I.; SCRASE, I. *Visão geral de energia e biomassa. "Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira"*. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2005.

HALMEMAN M.C. *Determinação de indicadores de eficiência e racionalidade energética na produção de etanol com a aplicação da lógica fuzzy*. São Paulo, 2012. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Campus de Botucatu, São Paulo, 2012.

HARRISON J.; VONMALTITZ G; TIWARI S. *Developing a sustainability framework for assessing bioenergy projects*. In: **Proceedings of the 17th European biomass conference and exhibition**, 2009.

HEITSCHMIDT, R. K., SHORT, R. E., GRINGS, E. E. *Ecosystems, sustainability, and animal agriculture*. **Journal of Animal Science Champaign**, v. 74, p. 1395-1405, 1996.

HERNANDEZ, Dora I. M. *Efeitos da Produção de Etanol e Biodiesel na Produção Agropecuária do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008. 34-37 p.

HOLANDA, A. *Biodiesel e inclusão social. Série cadernos de altos estudos*. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004.

HU, J. L.; KAO, C. H. *Efficient energy-saving targets for APEC economies. Energy Policy*, v. 35, p. 373–382, 2007.

HU, J. L.; WANG, S. C. *Total-factor energy efficiency of regions in China. Energy Policy*, v. 34, p. 3206-3217, 2006.

IAEA - International Atomic Energy Agency. *Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodology*. Vienna (Áustria): IAEA, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). *Pesquisa Industrial Anual PIA 2002-2012*. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=31/> acessado em 21/03/2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). *Estatística da Produção Agrícola*. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201309.pdf> acessado em 15/08/2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA 2011*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201208.pdf> acessado em 21/05/2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2012.shtm> acessado em 01/08/2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). *Pesquisa de Inovação 2011*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2012.shtm> acessado em 11/06/2014.

IBP - Instituto Brasileiro de Gás, Petróleo e Biocombustíveis (Brasil). *Informações e Estatísticas da Industrial*. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://200.189.102.61/siee> acesso em: 2/04/2015.

IEA - International Atomic Energy Agency, International Energy Agency. *Indicators for sustainable energy development. A report prepared for the ninth session of the United Nations commission on sustainable development*. New York, UNDESA, 2001.

IEA - International Atomic Energy Agency, International Energy Agency. *Indicators for sustainable energy development. A report prepared for the ninth session of the United Nations commission on sustainable development*. New York, UNDESA, 2005.

ILLICH I. *Energia e Equidade*. Livraria Sá de Costa Editora; 1975.

IONTA F. *Análise da evolução dos indicadores de intensidade energética do gênero química do Brasil – 1996 a 2005*. Santo André: Universidade Federal do ABC, 2009.

JBIC - JAPAN BANK FOR INTERNATIONAL, COOPERATION/MAPA (Brasil). *Estudos Prospectivos para Fomento dos Biocombustíveis no Brasil. Relatório Final*, Abril, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.2006.

JOÃO, Nildo; VIANNA, Magda Eva ; WEHRMANN, Laura. *A produção de biodiesel no Brasil: a contribuição da soja e de outras oleaginosas*. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília. Brasília 2009. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/2/682.pdf>> acesso em: 5/06/2014.

LEE, W. S. *Benchmarking the energy efficiency of government buildings with data envelopment analysis*. **Energy and Buildings**, v. 40, p. 891–895, 2008.

LEI 11.097/2005. *Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira*. Brasília, 13 de janeiro de 2005.

LEWANDOWSKI I., A.P.C. FAAIJ. *Steps towards the development of a certification system for sustainable bio-energy trade*. **Biomass and Bioenergy**, v. 30 (2) (2006), pp. 83–104

MACEDO I.C. *Sugar cane's energy: Twelve studies on Brazilian sugar cane agribusiness and its sustainability*. **UNICA**, 2005. p. 237.

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

MACHADO, G. V. *Meio ambiente e comércio exterior: impactos da especialização comercial Brasileira sobre o uso de energia e emissões de carbono no país*. Tese de Doutorado em Planejamento Energético da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2002. Disponível em: <<http://www.ppo.ufrj/teses/gvmachado.pdf>> acessado em 18/03/2014.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). *Dendê: Evolução, Gargalos e Vantagens*. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/palestras/2011/bertone.pdf> > acessado em 18/03/2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). Secretaria de Produção e Agroenergia. *Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011*. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). *Anuário Estatístico de Agroenergia 2010*. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia/index.html> acessado em 10/04/2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de produção e Agroenergia. *Plano nacional de Agroenergia 2006-2011*. 2. ed.rev.– Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia (Brasil). *Plano Nacional de Agroenergia*. Brasília, 2005. 120p.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (Brasil). *Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 1.0*. Comissão Nacional de Classificação – Concla. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae1.0_2ed/estrutura_detalhada.pdf> acessado em 11/01/2015.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (Brasil). *Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 2.0*. Comissão Nacional de Classificação – Concla. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.cnae.ibge.gov.br/estrutura.asp?TabelaBusca=CNAE_200@CNAE%202.0> acessado em 11/01/2015.

MME - Ministério das Minas e Energia (Brasil). *Plano Energia Brasil – Eficiência Energética*. Brasília, 2001.

MME - Ministério das Minas e Energia (Brasil). *Resenha Energética Brasileira. Ministério de Minas e Energia, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>> acessado em 16/04/2014.

MME - Ministério das Minas e Energia, Brasil (Brasil). *Publicações e indicadores do balanço energético nacional: notas técnicas*. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional?_20_folderId=1143893&_20_displayStyle=descriptive&_20_viewEntries=1&_20_viewFolders=1&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview&_20_action=browseFolder&_20_entryEnd=20&_20_folderEnd=20&_20_expandFolder=0&_20_entryStart=0&_20_folderStart=0&p_p_id=20&p_p_lifecycle=0> acessado em 23/03/2015.

MONTEIRO, Joyce M. *et al. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para a Avaliação de Impactos Associados à Expansão da Cana-de-açúcar para a Produção de Biocombustíveis: Uma Análise Baseada no Indicadores de Desenvolvimento Sustentável da União Europeia*. São Carlos: EESC/USP, 2008. Disponível em: <http://hygeia.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/Anais_WIPIS%202008.pdf> acessado em 13/06/2013.

MOREIRA, E., TARGINO, I., PENHA, J. P. da, PEREIRA, M. P. B. *A visão dos atores sociais sobre a crise do emprego rural na zona canavieira da Paraíba. Revista brasileira de estudos do trabalho*. São Paulo, v. 1, n.1/2, p. 41-65, jan/dez 2001.

MPAS - Ministério da Previdência Social (Brasil). *Anuário Estatístico da Previdência Social 2002-2012*. Brasília, 2013. Disponível em: <
<http://www.previdencia.gov.br/estatisticas/>> acessado em 21/03/2014.

ODYSSEE. *Energy Efficiency Indicators in Europe*. Disponível em:
<http://www.odysseeindicators>> acessado em 10/06/2014.

OLIVEIRA, M. *Biodiesel em ascensão*. Disponível em:
<http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=3200&bd=1&pg=1&1g> > acessado em
 6/06/2014.

OLIVETTI, M.P.D.A. CAMARGO, A.M.P. CASER, D.V. CAMARGO, F.P. SIQUEIRA
 A.C.N. *Comportamento Regional da Área e da Produtividade Agrícola no Estado de
 São Paulo, 1983-2002. Análises e Indicadores do Agronegócio*. Instituto de
 Economia Agrícola. v. 3. n 6. junho 2003. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>
 acessado em 27/06/ 2014.

ONUT, S.; SONER, S. *Energy efficiency assessment for the Antalya Region hotels in
 Turkey*. **Energy and Buildings**, v. 38, p. 964–971, 2006.

ORTIZ L, RODRIGUES D. *Case study sugar cane ethanol from Brazil. Brazil: CREM,
 Núcleo Amigos da Terra (NAT), Vitea Civilis Institute; 2006. p. 49.*

PANGEA - Promoting Sustainable African Bioenergy. *O que é a bioenergia*.
 Disponível em: < <http://www.pangealink.org/pt/what-is-bioenergy> > acesso em:
 22/05/2014.

PARDO MARTÍNEZ C. *Energy efficiency developments in the manufacturing
 industries of Germany and Colombia, 1998–2005. Energy for Sustainable
 Development*. Pg. 189–201, 2009.

PATTERSON, M. *What is Energy Efficiency? - Concepts, Indicators and
 Methodological Issues*. **Energy Policy** v. 24, n.5, p. 377-390, 1996.

PENTEADO, M.C.P.S. *Identificação dos Gargalos e Estabelecimento de um Plano
 de Ação para o Sucesso do Programa Brasileiro de Biodiesel*. São Paulo, 2005, 159
 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Automotiva, Escola Politécnica da USP, São
 Paulo, 2005.

PINTO, A.C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M.J.C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES,
 E. A.; Lopes, WA ; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. *Biodiesel. An Overview*.
 v.16, n.6b, p. 1313-1330, 2005.

PRATES, C.P.T.; PIEROBON, E.C.; COSTA, R.C. *Formação do mercado de
 biodiesel no Brasil*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.25, p. 39-64, mar. 2007.

RAMANATHAN, R. *A holistic approach to compare energy efficiencies of different
 transport modes*. **Energy Policy**, v. 28, p. 743–747, 2000.

RATHMANN, R; BENEDETTI, O; PLÁ, J.A. & PADULA, A.D. *Biodiesel: uma
 alternativa estratégica na matriz energética brasileira?* In: I Congresso da Rede de

Tecnologia de Biodiesel, 2006. Disponível em:
<<http://www.biodiesel.gov.br/docs/ArtigoBiodieselGINCOB-UFRGS.pdf> > acesso em:
25/12/2014.

ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ L.A.B. *Towards Proalcool II: A review of the Brazilian Bioethanol Programme*. **Biomass and Bioenergy**, vol.14 (2). 1998. p115-124.

SAMPIERI, Roberto; COLLADO, Carlos; LUCIO, Pilar. *Metodologia de la Investigacion Cientifica*. 2da Ed. Mcgraw-Hill. Mexico. p 57-72.

SANDER C. *et. al. Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion techniques*. **The Elsevier journal**, (2010), pp 588-601 EUA.

SCARLAT, Nicolae; DALLEMAND, Jean-François. *Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview*. **Energy Policy**, Vol.39(3), pp.1630-1646, 2011.

SCHIPPER, L. *et al. Indicators of Energy Use and Carbon Emissions: Explaining the Energy Economic Link*. **Annual Review of Energy and the Environment** n. 26, p. 49-81, 2001.

SCOPINHO, R. A. *Pedagogia Empresarial de Controle do Trabalho e Saúde do Trabalhador: O Caso de uma Usina-Destilaria da Região de Ribeirão Preto*. Dissertação de Mestrado, São Carlos: Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos. 1995.

SILVA, M., GRIEBELER, N., BORGES, L. *Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, Vol. II, No. 1, p. 108-114, 2007.

THIOLLENT, Michel. *Pesquisa-ação nas Organizações*. São Paulo: **Atlas**, 1997.

TOLMASQUIM, M. *et al. Tendências da Eficiência Elétrica no Brasil: Indicadores de eficiência energética*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, ENERGE, 1998.

TORRES A.; TORRES DE CAMPOS A. *Balancos energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agro ecossistemas*. **Ciência Rural**, vol.34 no.6 Santa Maria Nov. Dec. 2004.

TRIPARTITE TASK FORCE BRAZIL, EUROPEAN UNION & UNITED STATES OF AMERICA . *WHITE Paper on Internationally Compatible Biofuel Standards: Tripartite Taskforce, Brazil, European Union and United States of America*. S.l.: s.n, 2007. 95p. Disponível em:<
http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/estudos_biocombustiveis.asp > acesso em
10/06/2014.

UDOP - União dos Produtores De Bioenergia. *Produção Brasileira*. Brasil, 2014. Disponível em < <http://www.udop.com.br/index.php?item=safra>> acesso em
28/03/2015.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar/Secretaria dos Transportes de São Paulo. *Produção e uso do Etanol combustível no Brasil: Respostas às questões mais frequentes*. São Paulo: Unica/Secretaria dos Transportes de São Paulo, 2007. Disponível em < [http:// www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)> acesso em 20/11/2013.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. *Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies*. Second ed. New York: UNDESA; 2001.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. *Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies*, Second ed. New York: UNDESA; 2001.

UNITED NATIONS. *Report of the world summit on sustainable development*. New York, 2002.

VANDERLEY, A. et. al. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC – Brasil. *Análise dos fatores determinantes para eficiência Energética*. **Revista Produção**. Vol. X/ Num. X/ 2005. Disponível em: <www.producaoonline.inf.br>. Acessado em 15/03/2014.

VEIGA FILHO, A. A.; SANTOS, Z. A. P. S.; VEIGA, J. E. R.; OTANI, M. N. & YOSHII, R. J. *Análise da mecanização do corte da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo*. Informações Econômicas. São Paulo, 1994. 43-58 p.

VERA, IVAN; LANGLOIS, Lucille. *Energy indicators for sustainable development*. **Science Direct**, v.32, pp.875-882,2007.

ZHANG, X. P. *et al. Total-factor energy efficiency in developing countries*. **Energy Policy**, v. 39, p. 644-650, 2011.

ZHOU, P.; ANG, B. W. *Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance*. **Energy Policy**, v. 36, p. 2911-2916, 2008.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; POH, K. L. *A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies*. **European Journal of Operational Research**, v. 189, p. 1–18, 2008.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; ZHOU D. Q. *Measuring economy-wide energy efficiency performance: A parametric frontier approach*. **Applied Energy**, v. 90, p.196-200, 2011. In press.

ZOCKUN, M.H.G.P. *A expansão da soja no Brasil: alguns aspectos da produção*. São Paulo, FEA-USP (Tese de Mestrado) 1978.

ANEXO A - QUADRO RESUMO DOS INDICADORES

Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

Área	Tema	Subtema	Indicador	Sigla
Desempenho Econômico	Padrões de uso e produção	Uso geral	O consumo de energia per capita	ECO1
		Produtividade geral	O consumo de energia por unidade do PIB	ECO2
		Eficiência de alimentação	Eficiência de conversão e distribuição de energia	ECO3
		Produção	Taxa de esgotamento das reservas energéticas.	ECO4
			Medida relativa da quantidade de tempo que as reservas energéticas iriam durar, se a produção fosse para continuar nos níveis atuais.	ECO5
		Uso Final	Intensidades energéticas setor Industrial	ECO6
			Intensidades energéticas setor Agrícola	ECO7
			Intensidades energéticas setor Serviço / comercial	ECO8
			Intensidades energéticas setor residencial	ECO9
			Intensidades energéticas setor Transporte	ECO10
		Diversificação (mistura de combustível)	Ações de combustível em energia e eletricidade	ECO11
			Participação da energia não carbono em energia e eletricidade	ECO12
			Quota de energias renováveis em energia e eletricidade	ECO13
		Preços	De uso final dos preços da energia por combustível e por setor	ECO14
	Segurança	Importações	Dependência da Energia líquida importada	ECO15
		Estoques Estratégicos de Combustíveis	Stocks de combustíveis críticos por combustível consumido.	ECO16
Desempenho ambiental	Atmosfera	Mudanças Climáticas	As emissões de gases de efeito estufa provenientes da produção e utilização de energia per capita e por unidade de PIB	ENV1
		Qualidade do Ar	As concentrações de poluentes do ar em áreas urbanas	ENV2
			Emissões de poluentes atmosféricos provenientes dos sistemas de energia	ENV3
		Qualidade da água	Descargas de contaminantes em efluentes líquidos a partir de sistemas de energia, incluindo descargas de petróleo.	ENV4

Área	Tema	Subtema	Indicador	Sigla
	Terra	Qualidade do solo	Área de solo onde a acidificação excede carga crítica	ENV5
		Floresta	Taxa de desmatamento atribuído ao consumo de energia.	ENV6
		Resíduos Sólidos Geração e Gestão	Proporção de resíduos sólidos por unidades de energia produzida	ENV7
			Quantidade de resíduos sólidos descartados adequadamente ao total de resíduos sólidos gerados	ENV8
			Relação dos resíduos sólidos radioativos gerados por unidades de energia produzida	ENV9
			Proporção de resíduos radioativos sólidos aguardando disposição para total de resíduos radioativos sólidos gerados	ENV10
Desempenho social	Equidade	Acessibilidade	Participação das famílias (ou população) sem energia elétrica ou energias comercial, ou fortemente dependentes de energia não comercial.	SOC1
		Acessibilidade	Compartilhar da renda familiar gasto com combustível e eletricidade.	SOC2
		Disparidades	Uso de energia de vida para cada grupo de renda e mistura de combustível correspondente.	SOC3
		Segurança	Fatalidades em acidentes por energia produzida por cadeia de combustível.	SOC4

Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)

Área	Indicador	Sigla
Desempenho Econômico	Produtividade	IND 17
	Balço de energia líquida	IND 18
	Valor adicionado bruto	IND 19
	Mudança no consumo de combustíveis fósseis e de uso tradicional da biomassa	IND 20
	Treinamento e requalificação da força de trabalho	IND 21
	Diversidade de Energia	IND 22
	Infraestrutura e logística para distribuição de bioenergia	IND 23
	Capacidade e flexibilidade de uso da bioenergia	IND 24
Desempenho ambiental	Emissões de GEE do ciclo de vida	IND 1
	Qualidade de solo	IND 2
	Níveis de colheita de recursos madeireiros.	IND 3
	As emissões de ar que não são GEE incluindo substâncias tóxicas do ar.	IND 4
	Uso da água e eficiência	IND 5
	Qualidade da água	IND 6
	Diversidade biológica na paisagem	IND 7

Área	Indicador	Sigla
	O uso da terra e mudança no uso da terra relacionada com a produção de matéria prima para a bioenergia.	IND 8
Desempenho social	Atribuição e posse da terra para nova produção de bioenergia	IND 9
	Preço e fornecimento de uma cesta de alimentos nacional	IND 10
	Mudança na renda	IND 11
	Empregos no setor de bioenergia	IND 12
	Mudança no tempo não remunerado gasto por mulheres e crianças de coleta de biomassa	IND 13
	Bioenergia usada para expandir o acesso a serviços modernos de energia	IND 14
	Mudança na mortalidade e carga de doença atribuível ao fumo do interior	IND 15
	Incidência de acidentes de trabalho, doenças e mortes	IND 16

ANEXO B - CARTILHAS METODOLÓGICAS

COBEN 03/88

TEMA: TRATAMENTO DA CANA-DE-AÇUCAR NO BEN

AUTOR: JOÃO ANTONIO MOREIRA PATUSCO

Fontes primárias:

- caldo de cana (somente para produção de álcool)
- melaço (somente para produção de álcool)
- bagaço (somente de uso energético)
- outras matérias primas para álcool
- pontas folhas e olhaduras

Fontes secundárias:

- álcool anidro
- álcool hidratado

Exemplo: Cálculo dos dados do ano de 1987, para o BEN.

Dados disponíveis:

- cana moída para álcool 150.163 x 10³ t
- melaço utilizado na produção de álcool 4.775 x 10³ t
- produção de álcool 12.340 x 10³ m³
- produção de açúcar 8.916 x 10³ t
- produção de álcool de caldo de cana 10.812 x 10³ t m³
- produção de álcool de melaço 1.514 x 10³ m³
- produção de álcool de outras matérias primas 14 x 10³ m³
- geração de eletricidade para produção do álcool e do açúcar 965 GWh

Parâmetros utilizados:

- 5,8 kg de vapor /kg de açúcar
- 5,0 kg de vapor /l álcool, via melaço
- 6,0 kg de vapor /l álcool, caldo de cana
- 2,0 kg de vapor /kg bagaço
- outras matérias primas para álcool com a mesma equivalência energética do álcool produzido
- 1 t de cana moída para álcool => 0,73t de caldo de cana

- 1 t de cana moída para álcool => 0,27t de bagaço
- bagaço para geração => 1 kg bagaço /Kwh gerado
- geração de eletricidade na produção de álcool e de açúcar proporcional à necessidade total de vapor para produzir álcool e açúcar.

Poderes caloríficos utilizados:

- caldo de cana 620 kcal /kg
- melação 1.930 kcal /kg
- bagaço 2.257 kcal /kg
- álcool anidro 7.090 kcal /kg
- álcool hidratado 6.650 kcal /kg

Densidades:

- álcool anidro 791,5 kg /m³
- álcool hidratado 809,3 kg /m³

Cálculos:

- bagaço necessário para produção de açúcar = quantidade de açúcar x consumo específico do bagaço

5,8 kg vapor /kg de açúcar e 2 kg de vapor /kg bagaço => 2,9kg bagaço de açúcar

logo:

8.916×10^3 t de açúcar x 2,9 => 25.857×10^3 t de bagaço

- bagaço necessário para produção de álcool a partir do melação = quantidade de álcool de melação x consumo específico do bagaço, logo, adotando-se critério anterior, têm-se:

1.528×10^3 l de álcool x 2,5 kg bagaço /l álcool => 3.820×10^3 t de bagaço.

- bagaço necessário para a produção de álcool a partir do caldo de cana = quantidade de álcool de caldo de cana x consumo específico do bagaço, logo:

10.812×10^3 m³ de álcool x 3 kg bagaço /l álcool = 32.436×10^3 t de bagaço.

- produção total de vapor:

para açúcar: $8.916 \times 5,8 = 51.713 \Rightarrow 42\%$

para álcool: $1.528 \times 5,0 = 7.640$

$10.812 \times 6,0 = \underline{64.812}$
124.225

72 512 \Rightarrow 58%

- bagaço para geração:

na geração (açúcar) = $965 \text{ GWh} \times 0,42 \Rightarrow 405 \text{ GWh} \Rightarrow 405 \times 10^3 \text{t}$. na geração (álcool)
= $965 \text{ GWh} \times 0,58 \Rightarrow 560 \text{ GWh} \Rightarrow 560 \times 10^3 \text{t}$.

Portanto:

bagáço para setor energético = 3.820 (melaço)

+32.436 (caldo de cana)

-560 (geração)

35.696

bagáço para alimentos e bebidas = 25.857 (açúcar)

- 405 (geração) 25.452

- caldo de cana = cana esmagada para produção de álcool $\times 0,73$, ou seja:

$150.163 \times 0,73 = 109.619 \times 10^3 \text{t}$

outras matérias primas para álcool = produção de álcool \times fator de conversão para tEP
do álcool anidro

$14 \times 10^3 \text{l} \text{ álcool} \times 0,520 = 7 \times 10^3 \text{tep}$

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO

Questionário de caracterização aplicado nas indústrias produtoras de biocombustíveis na Bahia

INFORMAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Nome da Empresa: _____

Nome do respondente: _____

Cargo do respondente: _____

Endereço: _____

Cidade: _____

Estado: _____

Fone: _____

E-mail: _____

Atividades Principal :

Secundária:

Ano de criação da unidade:

Ano de começo da produção de biocombustíveis pela unidade:

Participou da Construção e Instalação dessa unidade?

- Sim
- Não

MATERIAIS UTILIZADOS NA CADEIA PRODUTIVA

1. Para o ano 2013 qual foi o valor de cada item na área agrícola:

ITEM	DESCRIPTIVO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANTIDADE
1.	Número de hectares cultivados na própria área da usina	Hectares	
2.	Número de hectares arrendados pela usina	Hectares	
3.	Toneladas de matéria-prima cultivadas (área própria + área arrendada)	Toneladas	

ITEM	DESCRIPTIVO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANTIDADE
4.	Do total de área própria + arrendada (valor declarado no item 3) colhida pela usina, qual foi a porcentagem da colheita manual	Porcentagem	
5.	Total Matéria – prima processada ao final do ano	Toneladas	

2. Os insumos e matéria prima **utilizada** pela empresa o ano 2013 foram:

ITEM	DESCRIPTIVO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANTIDADE	RENDIMENTO
1.	Matéria – prima captada 1.....			
2.	Matéria – prima processada 1.....			
3.	Matéria – prima captada 2.....			
4.	Matéria – prima processada 2.....			
5.	Matéria – prima captada 3.....			
6.	Matéria – prima processada 3.....			
7.	Óleo e gordura residual comprado			
8.	Óleo e gordura residual recuperado			

3. Os produtos produzidos pela empresa o ano 2013 foram:

ITEM	DESCRIPTIVO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANTIDADE	DESTINO DO PRODUTO
1.				
2.				
3.				
4.				

4. Tipos de fontes de energia utilizados para o processo de produção na empresa o ano 2013 foram:

ITEM	DESCRIPTIVO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANTIDADE	PREÇO
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

INFRAESTRUTURA INSTALADA

5. Atualmente qual é a quantidade de:

ITEM	DESCRIPTIVO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANTIDADE
1.	Processamento diário da matéria prima 1.....		
2.	Processamento diário da matéria prima 2.....		
3.	Processamento diário da matéria prima 3.....		
4.	Processamento diário da matéria prima 4.....		
5.	Consumo de energia elétrica diária total		
6.	Quantidade de energia elétrica destinada à área de produção		
7.	Quantidade de energia elétrica destinada a outras áreas		
8.	Água utilizada em tudo o processo de produção		
9.	Água reciclada e reutilizada		
10.	Número de horas de funcionamento da unidade		
11.	Trabalhadores na área 1:		
12.	Trabalhadores na área 2:		
13.	Trabalhadores na área 3:		
14.	Número de rotas para sistemas de distribuição		
15.	Número de rotas para sistemas de abastecimento		

6. Atualmente a empresa tem disponibilidade de insumos essenciais para todo o processo produtivo? Como ser:

TEMA/ ETAPA DA GESTÃO	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Matérias – primas 1.....				
Matérias – primas 2.....				
Matérias – primas 3.....				
Matérias – primas 4.....				
Equipo na área 1:				
Equipo na área 2:				
Equipo na área 3:				
Equipo na área 4:				
Mão de obra				
Energia				

7. Existem rotas para sistemas de distribuição ou abastecimento crítico para o biocombustível

- Sim, quantos:
- Não, por que:

8. Caso a pergunta for SIM:

TIPO DE PROBLEMA CRITICA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%

ÁREA ENERGÉTICA

9. O ano 2013 quais foram os possíveis problemas em toda a cadeia produtiva que afetem a eficiência do processo produtivo.

TEMA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%

10. Até a data que melhoras a empresa fez na área energética:

TEMA/ ETAPA DA GESTÃO	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Mudanças da Fonte de Energia				
Equipamento				
Instalações Elétricas				
Capacitação no Pessoal				
Outros				

QUALIDADE DA MÃO DE OBRA

11. O ano 2013 a empresa teve:

- Trabalhadores no setor de bioenergia, que foram treinados em oficinas ou cursos de formação

Sim, quantos:

Não, por que:

- Trabalhadores que participaram na pesquisa.

Sim, quantos:

Não, por que:

- Trabalhadores qualificados do setor de bioenergia

Sim, quantos:

Não, por que:

- Trabalhadores requalificados do setor de bioenergia

Sim, quantos:

Não, por que:

- Empregos perdido no setor de bioenergia

Sim, quantos:

Não, por que:

IMPACTOS NA REGIÃO

12. Existem outras empresas na região que fornecem outros insumos?

- Sim : Quais insumos?
- Não

13. Existem outras empresas associadas à Usina na região?

- Sim : Quais são as empresas?
- Não

14. Qual a razão dessa associação?

TEMA/ ETAPA DA GESTÃO	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Comercialização de:				
Comercialização de:				
Comercialização de:				
Pesquisa de:				
Pesquisa de:				
Pesquisa de:				
Pesquisa de:				
Outras				
Outras				
Outras				

15. Existem acordos de cooperação ou outro tipo de acordo com outras empresas ou organizações da região?

- Sim
- Não

16. Caso for a resposta SIM, Qual é o acordo e nível de relacionamento com as empresas ou organizações na região?

TEMA/ ETAPA DA GESTÃO	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Comercialização de:				
Comercialização de:				
Comercialização de:				
Pesquisa de:				
Pesquisa de:				
Pesquisa de:				

17. Quais são os principais problemas que a empresa conhece da região em que se instalou?

TEMA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%

18. Quais os principais benefícios que a empresa trouxe para a região?

TEMA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%

INDEPENDENCIA DO MERCADO DE DEMANDA

19. Quais seriam os impactos positivos e negativos caso a empresa regularize as atividades de mistura, distribuição e venda dos combustíveis?

TEMA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Positivos				
Negativos				

20. Se a empresa regulariza as atividades de mistura, distribuição e venda dos combustíveis, será que vai levar a:

TEMA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Uma redução na escolha do consumidor				
Os preços mais elevados devido a uma menor concorrência				
A criação de barreiras para novos fornecedores e prestadores de serviços				
A facilitação do comportamento anticoncorrencial ou surgimento de monopólios e segmentação de mercado				
Outros: _____				

21. Com a regularização das atividades de distribuição e revenda de combustíveis pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a empresa obteve:

TEMA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Posição competitiva global das empresas do Brasil				
Barreiras comerciais				
Fluxos de investimentos nacionais				
Fluxos de investimentos internacionais				
Outros: _____				

22. Atualmente a empresa está obrigada a informar os resultados anuais com:

- Dados a instituições governamentais
- Dados a instituições privadas
- Relatórios
- Outros _____

23. Atualmente a aquisição e o uso dos de propriedades para o cultivo são limitados?

24.A Inovação e investigação geradas pela empresa:

TEMA	Valoração Percentual			
	0%	<25%	>25% e <75%	≥75%
Estimula a investigação e desenvolvimento de pesquisas				
Facilita a introdução e disseminação de novos métodos de produção, tecnologias e produtos.				
Afeta os direitos de propriedade intelectual (patentes, marcas, direitos autorais e outros direitos de know-how)				
Promove a pesquisa acadêmica ou industrial				
Promove uma maior eficiência a produtividade / recursos				
Outros: _____				

25.A empresa tem opções para o crescimento econômico e o emprego?

- Sim
- Não

Por que:

26.A empresa tem opções de contribuir para melhorar as condições para o investimento e o bom funcionamento dos mercados?

- Sim
- Não

Por que:

PERSPECTIVAS

27.Principais investimentos industriais em 2013.

Campo livre para observações e outros comentários do participante que permitem uma análise minuciosa do questionário.

28. Principais investimentos agroindustriais planejados para 2014.

Campo livre para observações e outros comentários do participante que permitem uma análise minuciosa do questionário.

29. Comentários sobre a produção do ano 2013.

Campo livre para observações e outros comentários do participante que permitem uma análise minuciosa do questionário.

30. Perspectivas para o ano 2014.

Campo livre para observações e outros comentários do participante que permitem uma análise minuciosa do questionário.

APÊNDICE B - RESULTADOS INDICADORES *IN NATURA*

Indicadores de Energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) para o setor produtor de bioetanol

Biocombustível	Indicador	Bahia	Brasil	São Paulo	Bahia	Brasil	São Paulo
		2013			2012		
Etanol hidratado e anidro	ECO 2	3,93E-03	3,93E-03	3,93E-03	3,93E-03	3,93E-03	3,93E-03
Etanol hidratado e anidro	ECO 3	-	-	-	-	-	-
Etanol hidratado e anidro	ECO 6	-	-	-	-	-	-
Etanol hidratado e anidro	ECO 11	2,524E-02	2,505E-02	2,511E-02	2,511E-02	2,503E-02	2,508E-02
Etanol hidratado e anidro	ECO 12	2,524E-02	2,505E-02	2,511E-02	2,511E-02	2,503E-02	2,508E-02
Etanol hidratado e anidro	ECO 13	2,524E-02	2,505E-02	2,511E-02	2,511E-02	2,503E-02	2,508E-02
Etanol Hidratado	ECO 14	9,703E+02	8,755E+02	7,923E+02	9,764E+02	8,948E+02	8,371E+02
Etanol Anidro	ECO 14	1,255E+03	1,236E+03	1,184E+03	1,267E+03	1,265E+03	1,222E+03
Etanol Hidratado e Anidro	ECO 15	-	-	-	-	-	-
Etanol Hidratado	ECO 16	4,220E-01	1,366	1,097	4,386E-01	1,420	1,140
Etanol Anidro	ECO 16	1,524E-01	8,764E-01	1,899	1,515E-01	8,715E-01	1,889

Indicadores de Energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) para a empresa X produtora de biodiesel

Indicador	Estudo de caso na Bahia	Brasil
ECO 2	2,94E-06	6,64E-06
ECO 3	-	-
ECO 6	-	-
ECO 11	0,028	0,063
ECO 12	1,51E+02	1,85E+02
ECO 14	987,30	1004,55
ECO 16	0,74	1,05

Indicadores de Sustentabilidade na área econômica da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para o bioetanol

Biocombustível	Indicador	Bahia	Brasil	São Paulo	Bahia	Brasil	São Paulo
		2013			2012		
Etanol Hidratado e Anidro	IND 17.1	6,004E+01	7,417E+01	8,072E+01	6,345E+01	6,936E+01	7,465E+01
Etanol Hidratado e Anidro	IND 17.2	7,206E+04	9,392E+04	1,051E+05	7,801E+04	9,963E+04	1,099E+05
Etanol Hidratado e Anidro	IND 17.3	2,100E-05	1,994E-05	1,958E-05	2,042E-05	1,744E-05	1,709E-05
Etanol Hidratado e Anidro	IND 17.4	-	-	-	-	-	-
Etanol Hidratado e Anidro	IND 18.1	8,896E+01	6,446E+02	7,158E+02	9,619E+01	6,883E+02	7,576E+02
Etanol Hidratado e Anidro	IND 18.2	8,896E+01	6,446E+02	7,158E+02	9,619E+01	6,883E+02	7,576E+02
Etanol Hidratado e Anidro	IND 18.3	-	-	-	-	-	-
Etanol Hidratado e Anidro	IND 19.1	-	-	-	-	-	-
Etanol Hidratado e Anidro	IND 19.2	-	-	-	-	-	-
Etanol Hidratado e Anidro	IND 20.1A	6,077E-02	4,937E-01	9,516E-01	7,466E-02	5,140E-01	9,975E-01
Etanol Hidratado e Anidro	IND 20.1B	2,911E+02	3,706E+02	3,851E+02	2,847E+02	3,601E+02	3,918E+02
Etanol Hidratado e Anidro	IND 21.1	-	-	-	-	-	-
Etanol Hidratado e Anidro	IND 21.2	-	-	-	-	-	-
Etanol Hidratado e Anidro	IND 22	1,35	6,35	18,02	1,15	5,52	17,77
Etanol Hidratado e Anidro	IND 23	-	-	-	-	-	-

Indicadores de Sustentabilidade na área econômica da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) para a empresa X produtora de biodiesel

Indicador	Estudo de caso na Bahia	Brasil
IND 17.4	-	-
IND 18.2	0,03	0,06
IND 18.3	-	-
IND 19.1	-	-
IND 19.2	-	-
20.1A	4,50E-02	5,07E-02
21.1	1,00	0,61
21.2	-	-
22	2,11E-08	1,53E-08
23	-	-

Indicadores Complementares para o bioetanol

Biocombustível	Indicador	Bahia	Brasil	São Paulo	Bahia	Brasil	São Paulo
		2013			2012		
Etanol Hidratado e Anidro	ICE 2	5,731E-03	7,879E-03	4,733E-03	6,442E-03	9,343E-03	5,579E-03
Etanol Hidratado e Anidro	ICE 3	5,000E-01	7,582E-01	7,586E-01	5,620E-01	8,991E-01	8,942E-01
Etanol Hidratado e Anidro	ICE 4	3,267	3,126	3,063	3,194	2,737	2,677

Indicadores Complementares para o biodiesel

Indicador	Estudo de caso na Bahia	Brasil
ICE 3	1	0,76

APÊNDICE C - RESULTADOS INDICADORES EM VALORES PERCENTUAIS

Resumo dos resultados nos indicadores EISD do desempenho econômicos para o bioetanol

Biocombustível	Indicador	Bahia vs. Brasil	Bahia vs. São Paulo	Bahia vs. Brasil	Bahia vs. São Paulo
		2013		2012	
Etanol hidratado e anidro	ECO 2	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Etanol hidratado e anidro	ECO 11	99,23%	99,47%	99,65%	99,86%
Etanol hidratado e anidro	ECO 12	99,23%	99,47%	99,65%	99,86%
Etanol hidratado e anidro	ECO 13	99,23%	99,47%	99,65%	99,86%
Etanol Hidratado	ECO 14	89,16%	77,53%	91,65%	85,73%
Etanol Anidro	ECO 14	98,43%	94,01%	99,84%	96,43%
Etanol Hidratado	ECO 16	30,89%	38,46%	30,89%	38,46%
Etanol Anidro	ECO 16	17,38%	8,02%	17,38%	8,02%

Resumo dos resultados nos indicadores EISD do desempenho econômicos para o biodiesel

Indicador	Bahia vs. Brasil
ECO 2	44,32%
ECO 11	44,32%
ECO 12	81,72%
ECO 14	101,75%
ECO 16	70,58%

Resumo dos resultados nos indicadores GBEP do desempenho econômicos para o bioetanol

Biocombustível	Indicador	Bahia vs. Brasil	Bahia vs. São Paulo	Bahia vs. Brasil	Bahia vs. São Paulo
		2013		2012	
Etanol hidratado e anidro	IND 17.1	80,95%	74,37%	91,49%	85,00%
Etanol hidratado e anidro	IND 17.2	76,72%	68,58%	78,30%	70,95%
Etanol hidratado e anidro	IND 17.3	105,33%	101,81%	117,09%	102,05%
Etanol hidratado e anidro	IND 18.1	13,80%	12,43%	13,98%	12,70%
Etanol hidratado e anidro	IND 18.2	13,80%	12,43%	13,98%	12,70%
Etanol hidratado e anidro	IND 20.1A	12,31%	6,39%	14,52%	7,48%
Etanol hidratado e anidro	IND 20.1B	78,55%	75,58%	79,05%	72,66%
Etanol hidratado e anidro	IND 22	21,31%	7,51%	20,86%	6,48%

Resumo dos resultados nos indicadores GBEP do desempenho econômico para o biodiesel

Indicador	Bahia vs. Brasil
IND 18.2	41,29%
IND 20.1A	88,78%
IND 21.1	163,37%
IND 22	138,11%

Resumo dos resultados Indicadores Complementares para o bioetanol

Biocombustível	Indicador	Bahia vs. Brasil	Bahia vs. São Paulo	Bahia vs. Brasil	Bahia vs. São Paulo
		2013		2012	
Etanol hidratado e anidro	ICE 2	72,74%	121,09%	68,96%	115,48%
Etanol hidratado e anidro	ICE 3	65,94%	65,91%	62,51%	62,86%
Etanol hidratado e anidro	ICE 4	104,53%	106,66%	116,68%	119,31%

APÊNDICE D - GRUPO DE INDICADORES

Grupos de indicadores do bioetanol

Modelo	Numero	2013	2012
Indicadores EISD da Bahia vs. Indicadores EISD do Brasil	GRUPO 1	79,20%	79,84%
Indicadores EISD da Bahia vs. Indicadores EISD de São Paulo	GRUPO 2	79,71%	80,62%
Indicadores EISD da Bahia + indicadores complementares vs. Indicadores EISD do Brasil + indicadores complementares	GRUPO 3	50,35%	53,66%
Indicadores EISD da Bahia + indicadores complementares vs. Indicadores EISD de São Paulo + indicadores complementares	GRUPO 4	58,73%	61,58%
Indicadores GBEP da Bahia vs. Indicadores GBEP do Brasil	GRUPO 5	67,35%	69,27%
Indicadores GBEP da Bahia vs. Indicadores GBEP de São Paulo	GRUPO 6	78,53%	77,05%
Indicadores GBEP da Bahia + indicadores complementares vs. Indicadores GBEP do Brasil + indicadores complementares	GRUPO 7	84,17%	82,74%
Indicadores GBEP da Bahia + indicadores complementares vs. Indicadores GBEP de São Paulo + indicadores complementares	GRUPO 8	46,25%	44,89%
Indicadores EISD + Indicadores GBEP da Bahia + indicadores complementares vs. Indicadores EISD + Indicadores GBEP do Brasil + indicadores complementares	GRUPO 9	60,70%	59,34%
Indicadores EISD + Indicadores GBEP da Bahia + indicadores complementares vs. Indicadores EISD + Indicadores GBEP de São Paulo + indicadores complementares	GRUPO 10	68,20%	66,80%

Grupos de indicadores do biodiesel

Modelo	Numero	2013
Indicadores EISD do estudo de caso na Bahia vs. Indicadores EISD do Brasil.	GRUPO 1	68,54%
Indicadores EISD do estudo de caso na Bahia + indicadores complementares do estudo de caso na Bahia vs. Indicadores EISD do Brasil + indicadores complementares do Brasil	GRUPO 2	79,10%
Indicadores GBEP do estudo de caso na Bahia vs. Indicadores GBEP do Brasil	GRUPO 3	107,89%
Indicadores GBEP do estudo de caso na Bahia + indicadores complementares do estudo de caso na Bahia vs. Indicadores GBEP do Brasil + indicadores complementares do Brasil	GRUPO 4	112,69%
Indicadores EISD do estudo de caso na Bahia + Indicadores GBEP do estudo de caso na Bahia + indicadores complementares do estudo de caso na Bahia vs. Indicadores EISD do Brasil + Indicadores GBEP do Brasil + indicadores complementares do Brasil	GRUPO 5	90,61%

APÊNDICE E - INDICADORES ENCONTRADOS, NÃO ENCONTRADOS E QUE NÃO SE APLICARAM

Indicadores de Energia na área econômica para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

Sigla do Indicado	BIOETANOL			BIODIESEL		
	INDICADORES			INDICADORES		
	Encontrados	Não encontrados	Não se aplicaram	Encontrados	Não encontrados	Não se aplicaram
ECO1			x			x
ECO2	x			x		
ECO3		x			x	
ECO4			x			x
ECO5			x			x
ECO6		x			x	
ECO7			x			x
ECO8			x			x
ECO9			x			x
ECO10			x			x
ECO11	x			x		
ECO12	x			x		
ECO13	x					x
ECO14	x			x		
ECO15			x			x
ECO16	x			x		
TOTAL	6	2	8	5	2	9

Indicadores de sustentabilidade na área econômica da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)

Sigla do Indicador	BIOETANOL			BIODIESEL		
	INDICADORES			INDICADORES		
	Encontrados	Não encontrados	Não se aplicaram	Encontrados	Não encontrados	Não se aplicaram
IND 17 .1	X					X
IND 17 .2	X					X
IND 17 .3	X					X
IND 17 .4		x			x	
IND 18.1	X					X
IND 18.2	X			x		
IND 18.3	X			x		
IND 19.1		x			x	
IND 19.2		x			x	
IND 20.1a	X			x		
IND 20.1b			x			x
IND 20.2			x			x
IND 21.1		x		x		
IND 21.2		x		x		
IND 22	X			x		
IND 23		x			x	
IND 24			x			x
TOTAL	8	6	3	6	4	7

Indicadores Complementares (ICE)

Sigla do Indicador	BIOETANOL			BIODIESEL		
	INDICADORES			INDICADORES		
	Encontrados	Não encontrados	Não se aplicaram	Encontrados	Não encontrados	Não se aplicaram
ICE1			x			x
ICE2	x				x	
ICE3	x			x		
ICE4	x					x
TOTAL	3	0	1	1	1	2

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

