

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NAS INDÚSTRIAS PRODUTORAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN BIOFUELS INDUSTRY IN BRAZIL

Carmen Rosa Loayza Rollano* E-mail: carmenloayzarollano@hotmail.com

Ava Santana Barbosa* E-mail: avasbarbosa@gmail.com

Cristiano Hora de O. Fontes* E-mail: cfontes@ufba.br

*Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BA

Resumo: Este trabalho apresenta uma avaliação do desenvolvimento sustentável no setor de produção de biocombustíveis. A ferramenta de Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) e a ferramenta de Indicadores de Sustentabilidade da Associação Global para a Bioenergia (GBEP) foram aplicadas. Realizando uma comparação dos indicadores em cada desempenho (econômico, social e ambiental), encontrou-se que a produção dos biocombustíveis no Brasil apresenta valores positivos na maioria deles. Os biocombustíveis apresentaram uma evolução favorável nos indicadores econômicos, não só em termos de custo, mas também através da utilização da energia disponibilizada para o mercado consumidor. Os indicadores ambientais apresentaram uma melhoria no uso mais eficiente da terra, da água e dos recursos energéticos, enquanto as aplicações de pesticidas são relativamente baixas em relação aos limites permitidos. Além disso, verifica-se que as indústrias de biocombustíveis têm contribuído positivamente para as economias rurais, uma vez que os indicadores sociais demonstraram um aumento relativamente significativo e positivo na oferta laboral e no nível salarial do mercado de trabalho neste setor. Verifica-se também que as ferramentas existentes são complementares e os resultados fornecem uma base para futuras discussões e para o desenvolvimento de avaliações de sustentabilidade em sistemas e projetos relacionados à bioenergia.

Palavras-chave: Bioenergia. Biocombustíveis. Indicadores de Sustentabilidade. Relatórios de Sustentabilidade.

Abstract: This paper presents an evaluation of sustainable development in the biofuel production sector. The Energy Indicators Tool for Sustainable Development (EISD) and the Sustainability Indicators Tool Global Association for Bioenergy (GBEP) were applied. Performing a comparison of indicators in each performance (economic, social and environmental), it was found that the production of biofuels in Brazil is positive in most of them. Biofuels showed a favorable trend in economic indicators, not only in terms of cost, but also through the use of energy available to the consumer market. Environmental indicators showed an improvement in the efficient use of land, water and energy resources, while pesticide applications are relatively low in relation to the limits. In addition, it appears that the biofuels industries have contributed positively to rural economies, since the social indicators showed a relatively significant and positive increase in labor supply and salary level of the labor market in this sector. Also appears that existing tools are complementary and the results provide a basis for future discussions and the development of sustainability assessments in systems and bioenergy-related projects.

Keywords: Bioenergy. Biofuels. Sustainability Indicators. Sustainability Reports.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Energia e sustentabilidade

Segundo Hall D. et al. (2005), a escassez de combustíveis fósseis como a gasolina e o diesel, associado ao alto custo da energia envolvido no processamento destes derivados, e os impactos ambientais gerados pelo uso destes combustíveis estabelecem o desenvolvimento de fontes de energia alternativas, o que torna a produção de energia renovável uma opção no futuro abastecimento de energia. Nesse contexto, é importante salientar que existem várias fontes de energia renovável, sendo a biomassa sólida (resíduos orgânicos) e os biocombustíveis (biodiesel, etanol anidro e etanol hidratado) uma fonte de energia renovável mundialmente reconhecida.

A utilização da energia renovável como fonte de produção pode ser uma alternativa para o Brasil já que este é o oitavo maior consumidor de energia e o décimo maior produtor do mundo. Desta forma, em face à necessidade de aumentar o seu produto interno bruto e de reduzir a dependência do país em relação às importações de petróleo, o Brasil implementou políticas de incentivo a produção e consumo de bioetanol a partir de 1970, porque existia um superávit na produção de cana-de-açúcar, e no consumo e produção de biodiesel a partir do ano 2005 (U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION- EIA, 2013).

2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O principal aspecto a ser observado é a emergência de uma nova base de informação da sustentabilidade empresarial no Brasil. A barreira desta falta de informação impossibilita a realização de uma análise comparativa do desempenho sustentável, de sua evolução em relação a outros países produtores de biocombustíveis, a análise das perspectivas de sustentabilidade, segurança energética e viabilidade econômica. A partir de um conjunto de conhecimentos disponíveis pelas organizações e nos dados utilizados pelos cientistas na formulação de critérios e dos indicadores de avaliação da sustentabilidade em

sistemas de produção de biocombustíveis busca-se suprir essa lacuna neste trabalho.

2.1 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 desenvolvimentos 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 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 test. Pilotos e estudos de caso 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 procura 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 se pesquisou as ferramentas, com modelos consolidados na aplicação do desenvolvimento sustentável, onde o Brasil teve maior atuação com a produção de biocombustíveis com a finalidade de obter as tendências dos impactos ambientais, econômicos e sociais além de comparar a disponibilidade de medição das variáveis que compõem a métrica e verificar se as ferramentas são complementares.

3 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é apresentar a evolução do desenvolvimento sustentável nas indústrias produtoras de biocombustíveis no Brasil através da aplicação dos Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

propostos por cinco 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 os Indicadores de Sustentabilidade propostos pela Associação Global para a Bioenergia (GBEP) pertencente ao grupo de trabalho formado por 21 países e 11 organizações internacionais.

4 METODOLOGIA UTILIZADA

Na primeira etapa do trabalho a metodologia utilizada foi a quantitativa, ou seja, as variáveis que compõem a métrica serão aplicadas em cada ferramenta, para depois aplicar a qualitativa, onde se forneceu uma análise mais detalhada sobre as tendências de cada indicador. Finalmente na segunda etapa se analisou em cada ferramenta a disponibilidade de obtenção das variáveis nos desempenhos ambientais, econômicos e sociais.

O trabalho considera a produção total de biocombustíveis em todas as indústrias que produzem biocombustíveis no Brasil dentro do período de 2002 a 2011, mas caso tivera-se informação atualizada trabalhou-se até o ano 2013. Para evitar os efeitos inflacionários trabalhou-se com valores econômicos em moeda constante para todas as métricas.

4.1 Indicadores de energia para o desenvolvimento sustentável (EISD)

Os indicadores de energia para o desenvolvimento sustentável (EISD) são o resultado de uma iniciativa internacional visando definir o conjunto de instrumentos para o acompanhamento do desenvolvimento sustentável associado às metodologias e orientações correspondentes. Essa proposta é a consequência de um intenso esforço liderado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), em cooperação com o Departamento das Nações Unidas de Assuntos Econômicos e Sociais (DESA), a Agência Internacional de Energia (IEA), o Eurostat e a Agência Europeia do Ambiente (EEA). Atualmente o relatório interinstitucional identifica e descreve 30 Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD), os

quais fornecem diretrizes e metodologias específicas sobre como construí-las. Os indicadores são divididos em três grandes dimensões do desenvolvimento sustentável; social, econômica e ambiental; além de serem classificados em sete temas e 19 sub-temas (UNDESA 2005).

No Quadro 1, apresentam-se as siglas dos (EISD) e as métricas utilizadas para encontrar cada indicador segundo as cartilhas metodológicas disponíveis nas bibliotecas da organização United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). No ANEXO 1A pode-se encontrar o quadro completo destes indicadores.

Quadro 1- Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) (continua)

Área	Sigla do Indicador	Métricas	Fonte para o estudo
Desempenho Econômico	ECO1	Razão entre o consumo de energia em joules (J) e a população total. Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	ECO2	Razão entre o consumo de energia elétrica do setor produtor de biocombustíveis em joules (J) e o PIB do setor produtor de biocombustíveis em dólar constante (EUA \$).	BEN, 2013; PIA, 2002-2011
	ECO3	Razão entre a eficiência da bioenergia para a geração de energia elétrica (%) e o período em estudo (anos).	BEN, 2013; Alves, 2010
	ECO4	Taxa de esgotamento das reservas energéticas derivadas do petróleo em porcentagem (%). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	ECO5	Vida útil dos recursos energéticos derivados do petróleo em anos. Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	ECO6	Razão entre o consumo total de energia (elétrica mais bioenergia gerada com o bagaço) do setor produtor de biocombustíveis em joules (J) e o valor agregado do setor produtor de biocombustíveis em dólar constante (EUA \$).	Alves, 2010; BEN, 2013; PIA, 2002-2011
	ECO7	Razão entre o consumo total de energia do setor agrícola em joules (J) e o valor agregado do setor agrícola em dólar constante (EUA \$). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	ECO8	Razão entre o consumo total de energia do setor de serviços e comércio em joules (J) e o valor agregado do setor de serviços e comércio em dólar constante (EUA \$). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-

Quadro 1- Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

(continuação)

Área	Sigla do Indicador	Métricas	Fonte para o estudo
	ECO9	Razão entre o consumo total de energia do setor residencial e comércio em joules (J) e o valor agregado do setor residencial em dólar constante (EUA \$). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	ECO10	Razão entre o consumo total de energia do setor transporte em joules (J) e o valor agregado do setor transporte em dólar constante (EUA \$). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	ECO11	11.1) Razão entre o consumo de energia elétrica do setor biocombustível (Joules) e o período em estudo (anos) 11.2) Razão entre o consumo de energia gerada pela biomassa e o período em estudo (anos).	Alves, 2010; EIA, 2013; BEN, 2013; ÚNICA, 2013
	ECO12	Participação da energia não baseada no carbono em energia e eletricidade em porcentagens (%). Não se tem dados desagregados de este indicador no setor industrial.	-
	ECO13	Razão entre a energia elétrica gerada da biomassa em joules (J) e a energia elétrica consumida em tudo o setor industrial também em joules (J).	Alves, 2010; BEN, 2013; Donzelli, 2005
	ECO14	Razão entre os preços dos combustíveis misturados com biocombustíveis e o etanol hidratado em dólares constantes (EUA \$) e o período em estudo (anos).	EIA, 2013; BEN, 2013
	ECO15	Razão entre o crescimento das importações dos biocombustíveis para mistura em porcentagens (%) e o período em estudo (anos).	Farinelli, 2009; EIA, 2013; BEN, 2013
	ECO16	Stocks de combustíveis críticos por combustível consumido porcentagens (%) e o período em estudo (anos). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo	-
Desempenho Ambiental	ENV1	1.1) Razão entre as Emissões de CO ₂ em tudo o ciclo de vida do biocombustível em quilogramas (Kg) e o período em estudo (anos) 1.2) Razão entre Emissões prevenidas de CO ₂ em tudo o ciclo de vida do biocombustível em quilogramas (Kg) e o período em estudo (anos).	LSPA, 2011; Buchholz, 2009; ÚNICA, 2013
	ENV2	Razão entre as Emissões de CO ₂ em tudo o ciclo de vida do biocombustível em quilogramas (Kg) e a as áreas urbanas (Km ²). Não se tem dados desagregados de este indicador no setor industrial.	-
	ENV3	3.1) Razão entre as Emissões de CH ₄ em tudo o ciclo de vida do biocombustível em quilogramas (kg) e o período em estudo (anos) 3.2) Razão entre Emissões prevenidas de NO ₂ em tudo o ciclo de vida do biocombustível em quilogramas (Kg) e o período em estudo (anos).	Donzelli, 2005; Hall, 2005
	ENV4	Razão entre o consumo de Defensivos Agrícolas gerado na produção de biocombustíveis em quilogramas (Kg) e o período em estudo (anos).	Leal, 2010; Macedo, 2005; ÚNICA, 2013; MAPA, 2010

Quadro 1- Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

(conclusão)

Área	Sigla do Indicador	Métricas	Fonte para o estudo
	ENV5	Razão entre a Área de solo onde a acidificação excede carga crítica (m ²) e o período em estudo (anos). Não se tem dados desagregados de este indicador no setor industrial.	-
	ENV6	Razão entre o crescimento porcentual do cultivo de matéria prima para a obtenção de biocombustíveis (%) e o período em estudo (anos).	Macedo, 2005; MAPA, 2010
	ENV7	Razão entre a quantidade de bagaço de cana usada para a produção de vapor em quilogramas (kg) e a geração de energia (quilowatts- hora).	Santander, 2010; Macedo, 2005
	ENV8	Razão entre a quantidade de resíduos sólidos descartados adequadamente (Milhões de toneladas) e o período em estudo (anos).	Macedo, 2005; Verdi, 2013
	ENV9	Razão entre os resíduos sólidos radioativos gerados (TM) por unidades de energia produzida (M Watt-h) Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	ENV10	Razão entre os resíduos sólidos radioativos descartados adequadamente e os resíduos sólidos radioativos gerados em porcentagem (%). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
Desempenho Social	SOC1	Participação das famílias (ou população) sem energia elétrica ou energias comerciais, ou fortemente dependentes de energia não comercial em porcentagem (%). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	SOC2	Renda familiar gasto com combustível e eletricidade em dólares constantes (EUA \$) e o período em estudo (anos). Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	CNAE 2.0, 2006; CNAE 1.0, 2003; PIA, 2002-2011
	SOC3	Razão entre o consumo de energia em toneladas equivalentes de petróleo (tep) por ano por família. Não se aplica este indicador porque não está diretamente envolvido no estudo.	-
	SOC4	Razão entre a quantidade de acidentes mortais registrados no setor produtor de biocombustíveis e o período em estudo (anos).	CNAE 2.0, 2006; CNAE 1.0, 2003; MPS, 2013

Fonte: Adaptado pela autora de UNDESA (2005)

4.2 Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)

Em 2005, no encontro composto pelos governantes dos 8 países mais poderosos do mundo, o Grupo dos Oito (G8), e a participação de outros cinco países (Brasil, China, Índia, México e África do Sul) criou-se a Associação Mundial de

Bioenergia (GBEP) para promover o desenvolvimento de biomassa e de biocombustíveis um quadro voluntário internacional de sustentabilidade para bioenergia. A GBEP atualmente compreende 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, o Fundo Internacional de desenvolvimento Agrícola (IFAD), Agência Internacional das Energias Renováveis (IRENA), a Comissão Europeia, o Banco Mundial, o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, entre outros.

A GBEP apresenta 24 indicadores de sustentabilidade em relação à produção e uso de bioenergia moderna. Estes indicadores foram desenvolvidos para fornecer aos analistas de decisão política e outras partes interessadas, um conjunto de ferramentas analíticas que podem informar o desenvolvimento de políticas e de programas nacionais de bioenergia, além de monitorar o impacto dessas políticas e de seus programas.

Os indicadores foram desenvolvidos pelos parceiros e observadores da GBEP, e visam avaliar a relação entre a produção e uso de bioenergia moderna no desenvolvimento sustentável. Os indicadores foram propostos com base em aspectos ambientais, sociais e econômicos associados ao desenvolvimento sustentável (*Global Bioenergy Partnership*, 2009).

No Quadro 2 apresenta-se os Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) e as métricas utilizadas para encontrar cada indicador segundo as cartilhas metodológicas disponíveis nas bibliotecas da organização *GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP*. No ANEXO 1B pode-se encontrar o quadro completos dos indicadores.

Quadro 2- Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) (continua)

Área	Sigla	Métricas	Fonte para o estudo
Desempenho Econômico	IND 17	<p>17.1) Razão entre a produção de matérias-primas (toneladas) e a plantação (hectares).</p> <p>17.2) Razão entre a quantidade de energia utilizada no processo de produção em Giga joules (GJ) e a quantidade de matéria-prima colhida em tonelada (toneladas)</p> <p>17.3) Razão entre a quantidade do volume de biocombustível produzido (m3) e o conteúdo de energia por hectare por ano.</p> <p>17.4) Razão entre custo de produção dos biocombustíveis em dólares constantes (EUA \$) por unidade de bioenergia produzida em Tonelada equivalente de petróleo (tep).</p>	ÚNICA, 2013; EIA, 2013; BEN, 2013; Oliveira, 2007
	IND 18	Razão entre a quantidade de energia produzida com os biocombustíveis em Joules (J) e o período em estudo (anos).	EIA, 2013; BEN, 2013
	IND 19	<p>19.1) Razão entre o valor agregado do setor produtor de biocombustíveis em dólar constante (EUA \$) e a bioenergia produzida em Tonelada equivalente de petróleo (tep).</p> <p>19.2) Percentagem do valor agregado do setor produtor de biocombustíveis participantes no produto interno bruto total (PIB total)</p>	PIA, 2002-2011; EIA, 2013; BEN, 2013
	IND 20	<p>20.1a) A substituição de combustíveis fósseis por bioenergia doméstica medida pelo teor de energia ou quantidade de energia de combustível fóssil substituído em Mega Joules (MJ). Não se tem dados desagregados de este indicador no setor industrial.</p> <p>20.1b) Razão entre a economia anual pelas compras reduzidas na substituição de bioenergias por combustíveis fósseis em dólares constantes (EUA \$).</p> <p>20.2) Razão entre a quantidade de uso de biomassa tradicional que substitui outras fontes de energia derivadas do petróleo em terá watts-horas e o período em estudo (anos).</p>	ÚNICA, 2013; EIA, 2013; BEN, 2013; Macedo, 2005; Farago, 2007
	IND 21	<p>21.1) Percentual de empregados treinados no setor de bioenergia da força de trabalho total.</p> <p>21.2) Proporção de trabalhadores requalificadas em relação ao número total de empregos perdidos no setor de bioenergia.</p> <p>Não se tem dados desagregados de este indicador no setor industrial.</p>	-
	IND 22	Porcentagem participante da quantidade de bioenergia produzida dos biocombustíveis (%) na oferta total de energia primária.	ÚNICA, 2013; BEN, 2013; Castiglioni, 2004

Quadro 2- Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)(continuação)

Área	Sigla	Métricas	Fonte para o estudo
	IND 23	Quantidade de bioenergia transportada em rotas de abastecimento crítico e sistemas de distribuição (MJ, MW, m ³ e toneladas) e o período em estudo (anos). Não se tem dados desagregados deste indicador no setor industrial.	-
	IND 24	Razão entre a quantidade que pode-se usar da bioenergia com outras fontes de combustível em porcentagens (%) e o período em estudo (anos). Não se tem dados desagregados deste indicador no setor industrial.	-
Desempenho ambiental	IND 1	Razão entre as Emissões de CO ₂ da biomassa queimada para a obtenção de energia elétrica (g) e a energia produzida pela biomassa em Giga joules (GJ).	Macedo, 2005; Matsuoka, 2009;
	IND 2	Erosão de Solos: Razão entre a quantidade de solo afetada no cultivo de matéria prima para os biocombustíveis (toneladas) e o período em estudo (anos).	OLIVEIRA, 2009; Rocha, 2003;
	IND 3	Resíduos florestais utilizadas para a produção de bioenergia (milhões de toneladas) e o período em estudo (anos).	Scandiffio, 2005; MAPA, 2010
	IND 4	Emissões de poluentes atmosféricos não incluindo –GEE: 4.1) Razão entre as Emissões de CH ₄ em todo o ciclo de vida do biocombustível em quilogramas (kg) e o período em estudo (anos) 4.2) Razão entre Emissões previstas de NO ₂ em tudo o ciclo de vida do biocombustível em quilogramas (Kg) e o período em estudo (anos).	Santander, 2010; Macedo, 2005
	IND 5	Razão entre a quantidade de água utilizada no processo de produção dos biocombustíveis em volume (m ³) e a quantidade de matérias primas processadas em toneladas(t).	Macedo, 2005; Leal, 2010; Farago, 2007
	IND 6	Razão entre o consumo de Defensivos Agrícolas gerado na produção de biocombustíveis em quilogramas (Kg) o período em estudo (anos).	Macedo, 2005; Leal, 2010;
	IND 7	Razão entre as áreas reconhecidas nacionalmente de alto índice de biodiversidade ou ecossistemas críticos convertidos para bioenergia (Km ²) e o período em estudo (anos). Não se tem dados desagregados deste indicador no setor industrial.	-
	IND 8	Razão entre a área plantada (hectares) e o período em estudo (anos).	MAPA, 2010; Macedo, 2005; Coutinho, 2012
Desempenho Social	IND 9	Porcentagem de terra total usado para nova produção de bioenergia (%) e o período em estudo (anos). Não se tem dados desagregados deste indicador no setor industrial.	-

Quadro 2- Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) (conclusão)

Área	Sigla	Métricas	Fonte para o estudo
	IND 10	Razão entre o valor dos alimentos envolvidos na produção de biocombustíveis em moeda constante (EUA \$) e a quantidade consumida pela população (toneladas).	Verdi, 2013; FAOSTAT, 2012
	IND 11	Razão entre os pagamentos dos salários no setor dos biocombustíveis em moeda constante (EUA \$) e o número de empregados deste setor.	PIA, 2011
	IND 12	Razão entre o número de empregados do setor produtor de biocombustíveis e o período em estudo (anos).	PIA, 2011
	IND 13	Razão entre as horas por semana por família investidas para a recolocção de biomassa e o período em estudo (anos). Não se tem dados desagregados deste indicador no setor industrial.	-
	IND 14	Razão entre o consumo de biocombustíveis em volume (m ³) e o período em estudo (anos).	BEN, 2013
	IND 15	Razão entre o número de mortalidade e carga de doença atribuível ao fumo do interior em porcentagens e o período em estudo (anos). Não se tem dados desagregados deste indicador no setor industrial.	-
	IND 16	Razão entre a quantidade de acidentes do trabalho registrados no setor produtor de biocombustíveis e o período em estudo (anos).	CNAE 2.0, 2006; CNAE 1.0, 2003; MPS, 2013

Fonte: Adaptado pela autora da Global Bioenergy Partnership (GBEP, 2009)

4.3 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 avaliar todas as energias tanto tradicionais como bioenergias (UNDESA, 2005).

Cabe mencionar que o Brasil desde o ano 2002 apresentou estudos de caso aplicando os EISD e relatórios utilizando estes indicadores desde o ano 2004 até o último relatório do ano 2010 nas bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, disponibilizando à sociedade um conjunto de informações sobre a realidade brasileira, em suas dimensões ambiental, social, econômica e institucional (IBGE, 2012). Já os indicadores GBEP, ainda não foram apresentados em relatórios de sustentabilidade pelas organizações encarregadas para este fim como ser o

IBGE em bancos de dados estadísticos ou o 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. Este trabalho utilizou distintos bancos de dados, como pode ser apreciado no ponto 4.4, já que para chegar a apresenta os indicadores EISD no setor de biocombustíveis não foi suficiente os bancos de dados estadísticos do IBGE, por não ter as métricas desagregadas. Além disso também demonstrou-se, no ponto 4.6, uma falta de informação que complementaria aos indicadores EISD com os indicadores GBEP.

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).

4.4 Análise dos indicadores

Para que os indicadores serem confiáveis e úteis, eles devem ter uma base sólida em dados estadísticos válidos e consistentes, então resgatou-se a disponibilidade na obtenção da informação em cada ferramenta. A finalidade desta análise é apresentar o nível de importância que dão os governos federais e as instituições internacionais, da área estatística, aos dados do Brasil com o objetivo de encontrar possíveis lacunas nas disponibilidades de informação para a aplicação de ferramentas do desenvolvimento sustentável.

Em todas as métricas trabalhou-se com bancos de dados com alta disponibilidade da informação para todo período em estudo, mas caso não se encontrar dados para vários períodos a métrica não foi apresentada neste trabalho. Desta forma, identificou-se na procura de informação, fontes de informação para cada variável. Os seguintes bancos de dados são utilizados para analisar a disponibilidade de medição das variáveis que compõem a métrica:

- instituições governamentais;
- organismos internacionais;
- artigos científicos.

e os bancos de dados foram associados aos seguintes graus de disponibilidade para a obtenção das métricas:

- a) alta;
- b) média;
- c) baixa.

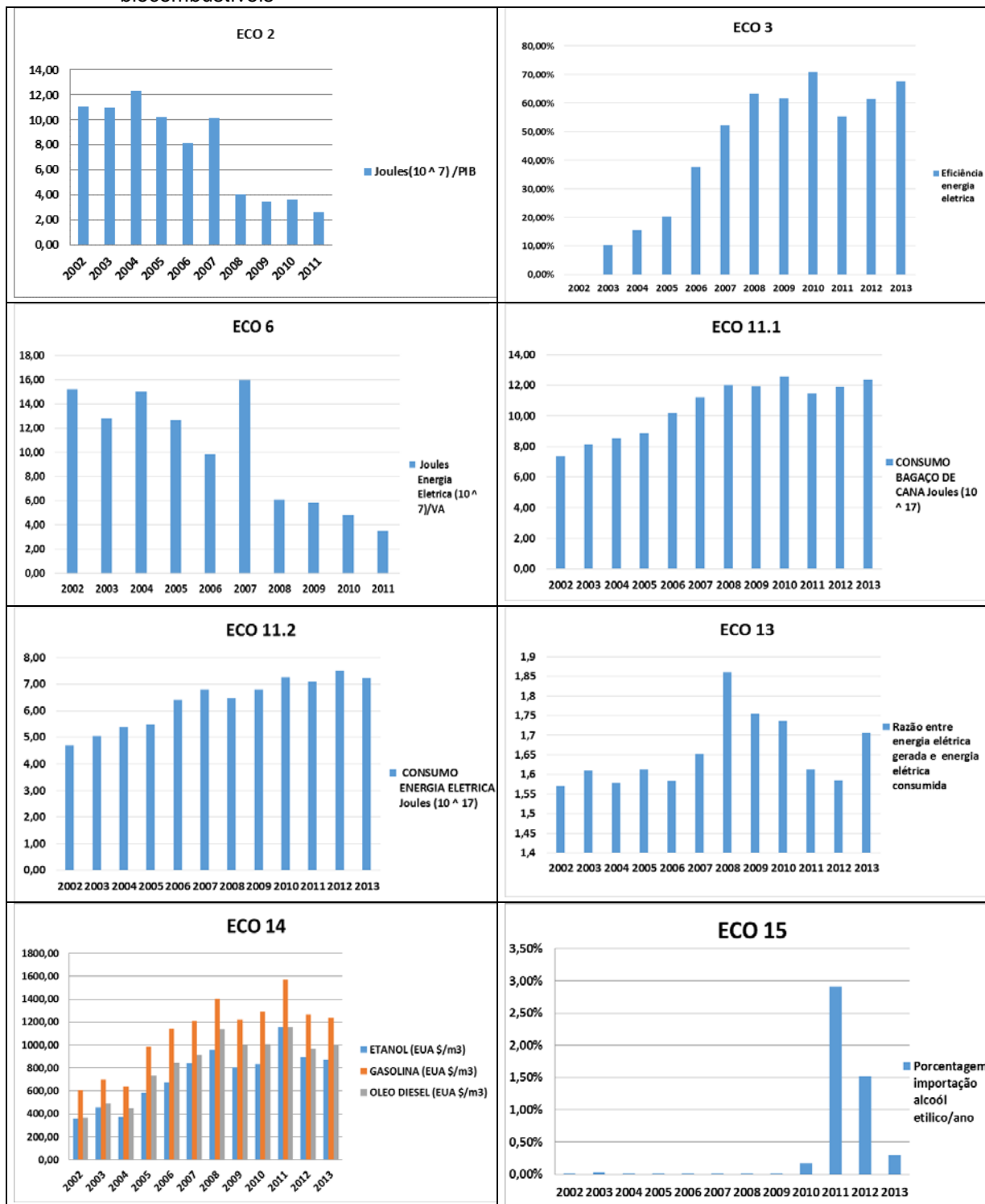
5 RESULTADOS

5.1 Resultados obtidos nos indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD)

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam os indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) com relação aos aspectos econômico, social e ambiental respectivamente para as indústrias de biocombustíveis no Brasil dentro do período de 2002 a 2011.

Na Figura 1 o desempenho econômico descrito pelos indicadores apresenta na maioria dos indicadores valores aceitáveis eficientes ao longo do tempo, mas pode-se também apreciar que os indicadores ECO 14 e ECO 15 aumentam negativamente neste desempenho, mas realizando a comparação dos mesmos com outros países produtores das mesmas bioenergias como são os Estados Unidos e a Alemanha e atualizando os dados até o ano 2013 tem um rendimento mais eficiente (EIA, 2013). No Quadro 3 realiza-se uma análise de cada indicador encontrado na Figura 1.

Figura 1- Evolução dos indicadores EISD de desempenho econômico para o setor produtor de biocombustíveis



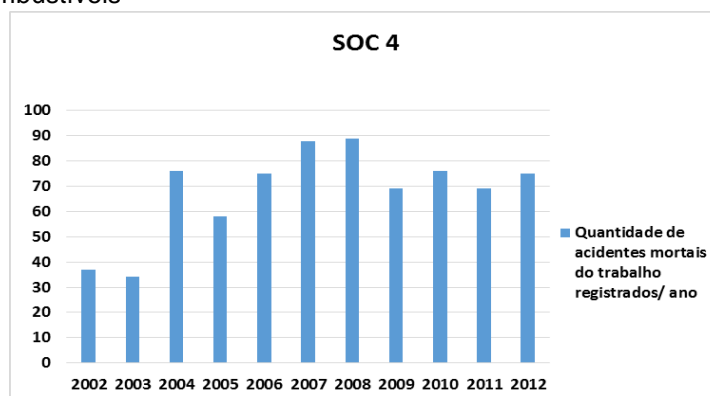
Quadro 3 - Resumo dos resultados nos indicadores EISD do desempenho econômicos para o setor produtor de biocombustíveis

Indicador	Sigla	Resultados
O consumo de energia por unidade do PIB	ECO 2	A tendência dos valores está reduzindo ao longo do tempo, isso significa um salto positivo para a eficiência energética. Em termos gerais, o Brasil está gastando menos energia para produzir a mesma riqueza e mais riqueza em relação ao tempo.
Eficiência de conversão e distribuição de energia	ECO 3	A eficiência da bioenergia para a geração de energia elétrica estava crescendo significativamente até o ano 2008, mas a partir do ano 2010 estes valores estão diminuindo em porcentagens menos eficientes até o 2011 mas atualizando a informação até o ano 2013 estes valores estão voltando a serem mais eficientes, isto significa que a eficiência na conversão e distribuição de energia tem valores positivos nesta e favoráveis.
Intensidades energéticas setor Industrial	ECO 6	A tendência dos valores está reduzindo ao longo do tempo, isso significa um salto positivo para a intensidades energética já que significa que o setor produtor de biocombustíveis está gastando menos energia para produzir a mesma riqueza e mais riqueza em relação ao tempo.
Ações de combustível em energia e eletricidade	ECO11.1 ECO11.2	O consumo da biomassa aumenta de forma mais acentuada a partir do ano 2004 já que a utilização dos resíduos sólidos (bagaço) está sendo aproveitado pelo setor industrial na geração de energia elétrica. O consumo de energia elétrica é menor que o consumo de biomassa já que existe segundo informações dos balanços energéticos do Brasil existe um excedente de energia elétrica proveniente das indústrias produtoras de bioetanol que é vendido para as empresas elétricas.
Quota de energias renováveis em energia e eletricidade	ECO 13	A produção da energia elétrica por todo o setor industrial está crescendo ao longo do tempo e o consumo de energia elétrica é menor ao gerado, então isto significa um salto positivo para a eficiência energética.
Preços da energia por combustível e por setor	ECO 14	O valor dos custos na produção acrescentou igual que os preços de venda, em moeda constante por metro cubico (dólar constante EUA \$/m3), dos biocombustíveis em mais de um 200%, mas realizando uma comparação com outros países produtores de biocombustíveis, como a Alemanha e os Estados Unidos, estes apresentam valores muito menores chegando a uma quarta parte de seu valor (EIA, 2013). O EIA (2013) informou que os combustíveis do Brasil não têm subsídios nos custos e tem valores de produção menores que o resto dos produtores de biocombustíveis, então isto significa que o Brasil é mais competitivo que os outros países por gastar menos para produzir a mesma quantidade de produto, além de também ser um substituto para a gasolina e o diesel.
Dependência da Energia líquida importada	ECO15	As importações de biocombustíveis mantem-se quase insignificantes, mas a partir do ano 2011 estas sofreram um crescimento muito alto, pesquisando em informações da matriz energética no Balanço Energético Nacional BEM (2013) os seguintes anos este aumento continua. Isto significa um aumento nas dependências por combustíveis possivelmente causado pelo aumento da demanda da gasolina automotiva e o óleo diesel, mas quando realizou-se as atualizações ao ano 2013 estes valores estão com tendência de baixa.

Fonte: Elaboração própria com base na interpretação da Figura 1.

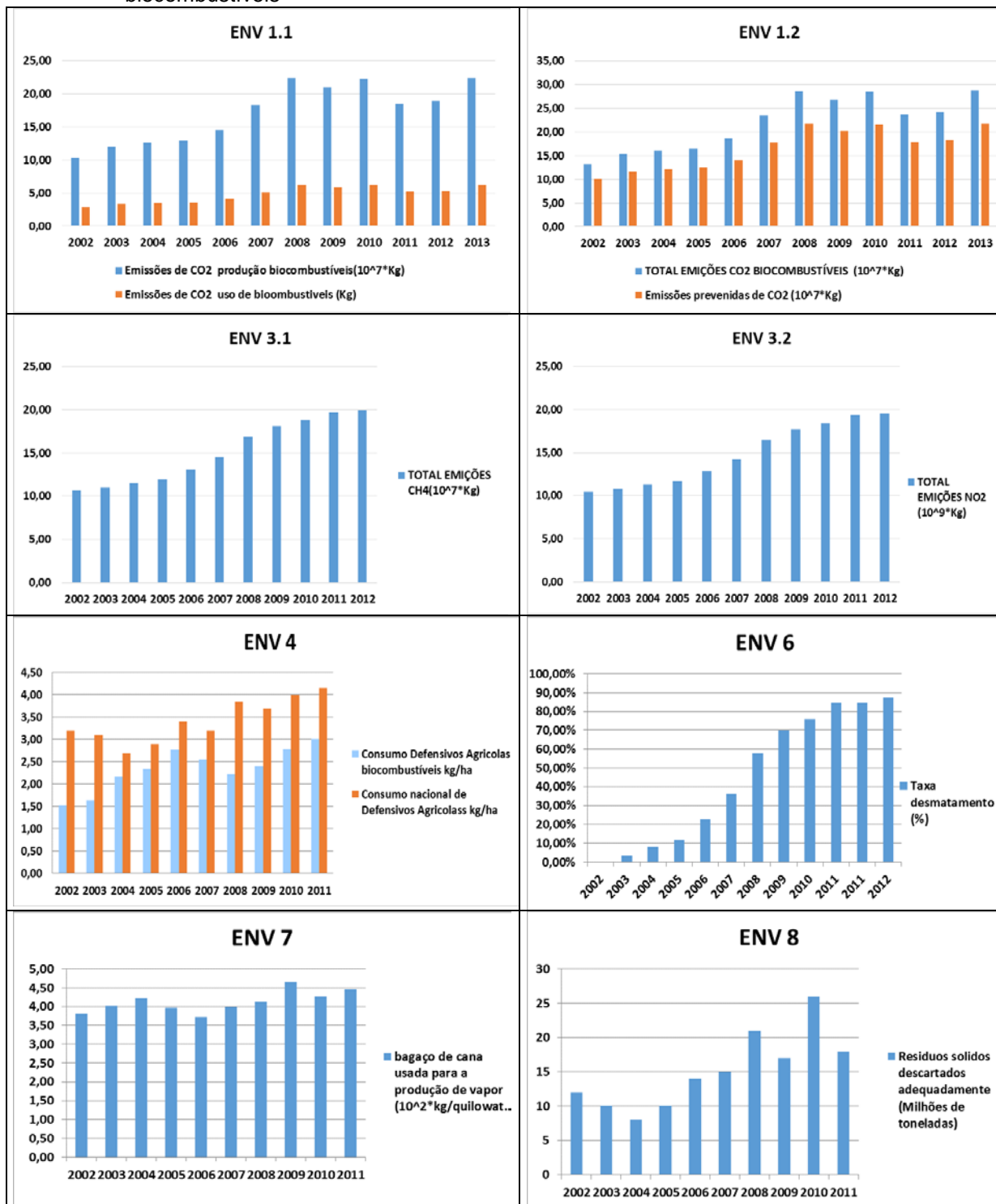
Na Figura 2 o desempenho social descrito pelo indicador Número de acidentes Mortais na área de Trabalho (SOC4). Os mesmos têm um crescimento alarmante a partir do ano 2003 duplicando-se no seguinte ano e aumentando ao longo do tempo. Pesquisando-se no Anuário Brasileiro de Proteção (REVISTA PROTEÇÃO, 2010) se realiza a incorporação, na metodologia, do número de acidentes de trabalho sem Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) registrada a partir do ano 2007. Além disso, também se pesquisou que a partir do ano 2005 nos Anuários Brasileiros de Proteção incorporaram-se uma nova versão da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0 (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2006), onde aumentaram o número de atividades industriais que utilizam biocombustíveis, ocasionando então o aumento do número de acidentes do trabalho. Esta pode ser a causante deste aumento e sua manutenção em valores quase constantes a partir desse ano.

Figura 2- Evolução dos indicadores EISD de desempenho social para o setor produtor de biocombustíveis



Na Figura 3, o desempenho ambiental descrito pelos indicadores apresenta na maioria dos indicadores apresentam valores aceitáveis ao longo do tempo, além disso, também se pode apreciar no indicador ENV 6 um aumento progressivo ao longo do tempo, mas os mesmos também estão dentro dos valores aceitáveis pesquisados neste estudo já que o aumento da taxa de desmatamento pela agricultura é muito menor da causada pela área de criação de animais (ORTIZ, L., 2006). No Quadro 4 realiza-se os resultados de cada indicador.

Figura 3- Evolução dos indicadores EISD de desempenho ambiental para o setor produtor de biocombustíveis



Quadro 4- Resumo dos resultados nos indicadores EISD do desempenho ambiental para os setores industriais que produzem biocombustíveis

Indicador	Sigla	Resultados
Emissões de gases de efeito estufa provenientes da produção	ENV 1.1 ENV 1.2	As emissões de CO ₂ em todo o ciclo de vida do biocombustível estão aumentando segundo a figura, mas a quantidade de CO ₂ poupados para o ambiente também está crescendo. Segundo (SANDER C. ET. AL, 2010) ao longo deste período existiram melhoras nos processos de plantação, colheita, queima e processos de produção nos biocombustíveis com a finalidade de acompanhar as emissões de CO ₂ com as emissões poupadas no sistema.
Emissões de poluentes atmosféricos provenientes dos sistemas de energia	ENV 3.1 ENV 3.2	As emissões de CH ₄ e o NO ₂ em todo o ciclo de vida do biocombustível estão aumentando segundo a figura, mas a segundo (SANDER C. ET. AL, 2010) ao longo deste período existiram melhoras nos processos de plantação, colheita, queima com a finalidade de reduzir a quantidade de emissões provocadas aos ecossistemas com o CH ₄ e o NO ₂ .
Descargas de contaminantes em efluentes líquidos a partir de sistemas de energia	ENV4	O consumo de agrotóxicos gerado na produção de biocombustíveis apresenta valores menores que o consumo meio nacional dos mesmos. A cana-de-açúcar no Brasil tem um nível baixo de utilização de fertilizantes, seguido da soja, quando é comparada a outros países. Isso não implica redução de produtividade, mas significa a otimização do uso de fertilizantes na produção agrícola (DONZELLI, 2005).
Taxa de desmatamento atribuído ao consumo de energia.	ENV6	O crescimento percentual do cultivo de matéria prima para a obtenção de biocombustíveis apresenta valores aceitáveis, já que 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 (ORTIZ, L., 2006).
Proporção de resíduos sólidos por unidades de energia produzida	ENV 7	A quantidade de bagaço de cana usada para a produção de vapor está se mantendo quase constante, isto significa que existe uma eficiência energética no uso desta bioenergia já que como pode-se apreciar no indicador ECO 2 está aumentando a geração de energia elétrica usando biomassa.
Quantidade de resíduos sólidos descartados adequadamente ao total de resíduos sólidos gerados	ENV 8	A quantidade de resíduos sólidos descartados adequadamente é favorável, já que está aumentando em função do tempo.

Fonte: Elaboração própria com base na interpretação da Figura 3.

5.2 Resultados obtidos nos GBEP

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam os Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP) com relação aos aspectos econômico, social e ambiental respectivamente para as indústrias de biocombustíveis no Brasil dentro do período de 2002 a 2011.

Na Figura 4 o desempenho econômico apresenta valores favoráveis com uma tendência crescente e positiva na utilização dos recursos naturais para a produção de biocombustíveis na maioria dos indicadores, além disso, na Figura 5 também apresenta uma melhoria na incorporação dos mesmos na matriz energética do Brasil a partir do ano 1975 (ANP, 2012). No Quadro 5 realiza-se os resultados de cada indicador do desempenho econômico.

Figura 4- Evolução dos indicadores GBEP de desempenho econômico para o setor produtor de biocombustíveis (continua)

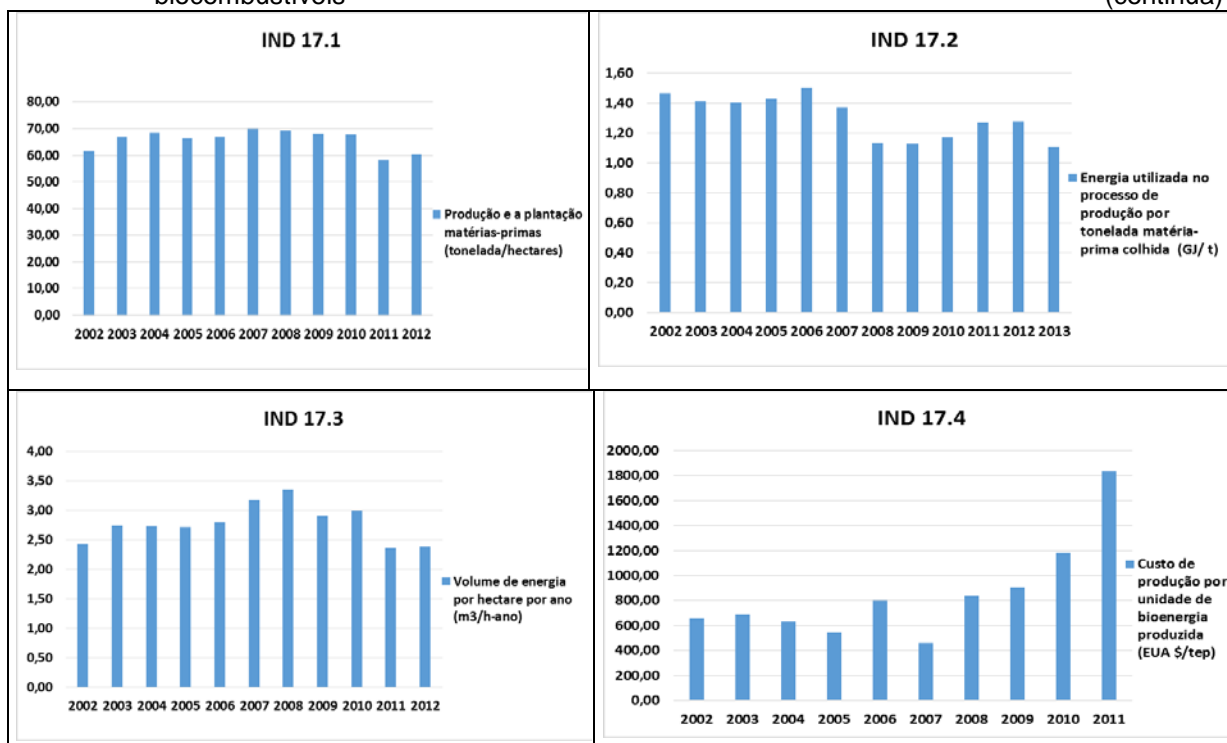


Figura 4- Evolução dos indicadores GBEP de desempenho econômico para o setor produtor de biocombustíveis (conclusão)

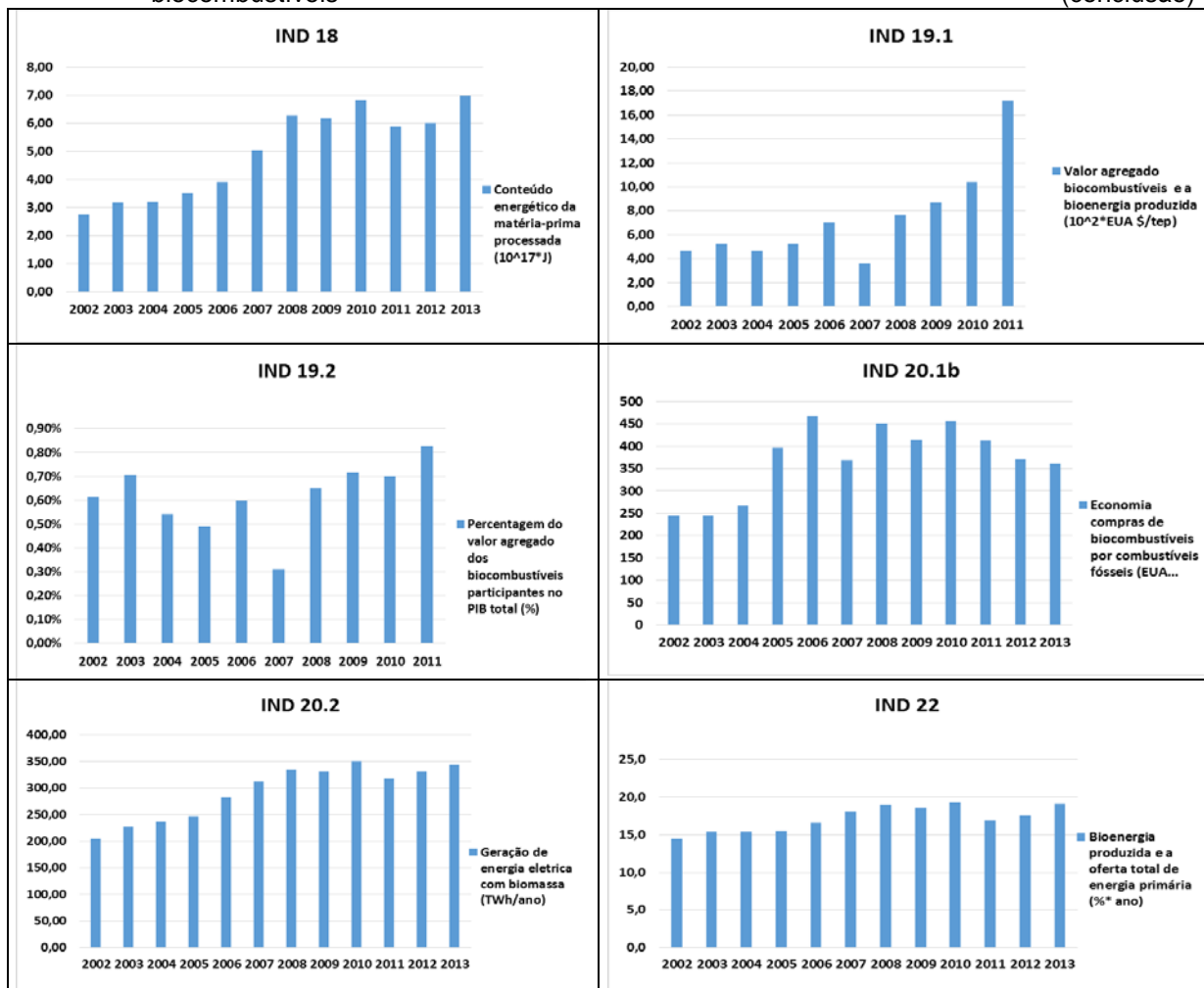
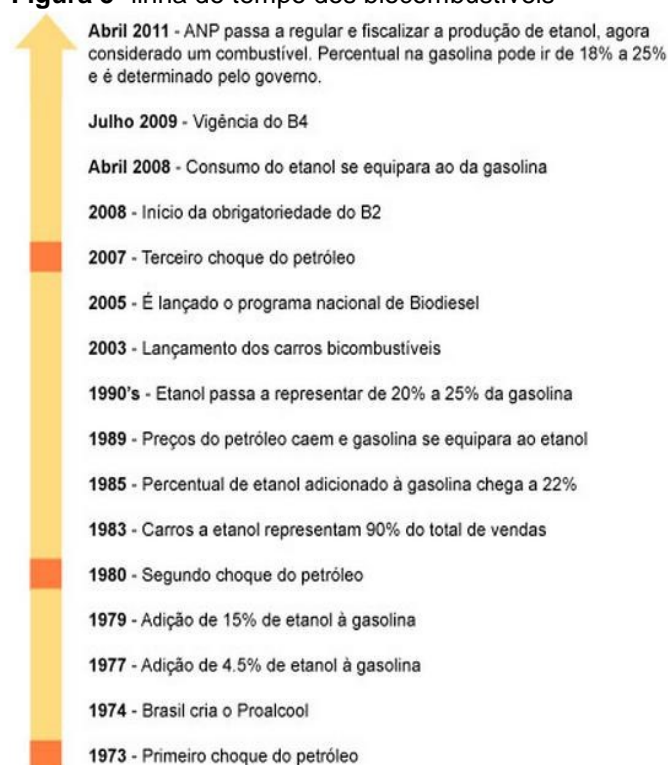


Figura 5- linha do tempo dos biocombustíveis



Fonte: ANP (2012)

Quadro 5- Resumo dos resultados nos indicadores GBEP do desempenho econômico para o setor produtor de biocombustíveis (continua)

Indicador	Sigla	Resultados
Produtividade de matérias-primas para a produção de bioenergia	IND 17.1 IND 17.3 IND 17.2 IND 17.4	O rendimento na obtenção das matérias primas e volume de energias está quase constante ao longo do tempo, este indicador não tem valores favoráveis já que segundo o indicador IND 8 a área plantada está acrescentando. A energia utilizada no processo de produção apresenta valores favoráveis já que está se diminuindo levemente ao longo do tempo. Os custos de produção não têm valores favoráveis já que os mesmos sofrem um aumento alarmante a partir do ano 2009, mas realizando uma comparação com outros países produtores de biocombustíveis, como a Alemanha e os Estados Unidos, estes apresentam valores muito menores chegando a uma quarta parte de seu valor (EIA, 2013).
Relação da cadeia de valor da bioenergia.	IND 18	O conteúdo energético da matéria prima processada apresenta valores favoráveis na produção de biocombustíveis, já que é mais eficiente acrescentando ao longo do tempo.

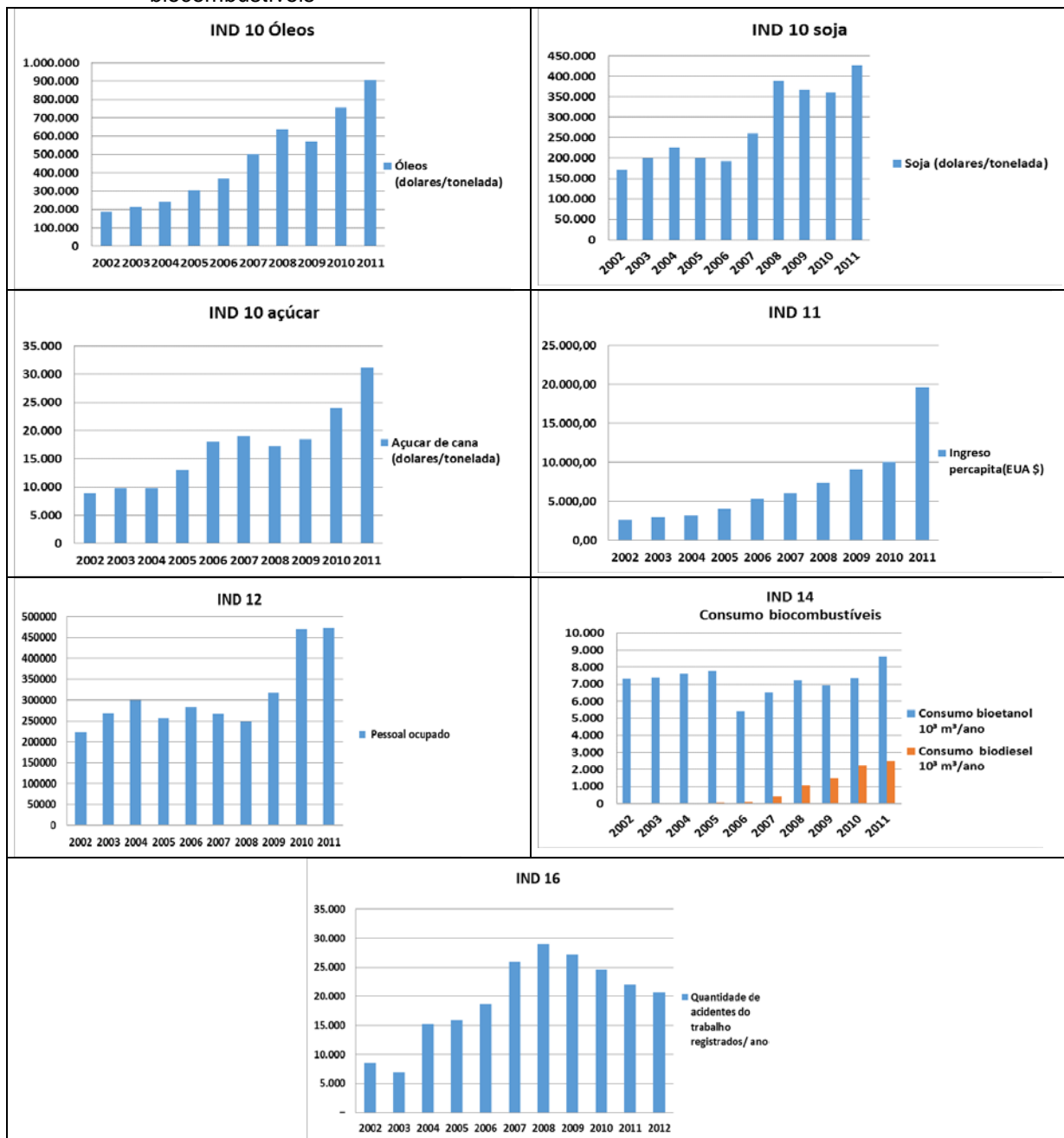
Quadro 5- Resumo dos resultados nos indicadores GBEP do desempenho econômicos para o setor produtor de biocombustíveis (conclusão)

Indicador	Sigla	Resultados
Valor adicionado bruto	IND 19.1 IND 19.2	A tendência dos valores está aumentando ao longo do tempo, isso significa um salto positivo para a eficiência energética dos biocombustíveis. Em termos gerais, o Brasil está gastando menos energia para produzir a mesma riqueza e aumentando a riqueza em relação ao tempo.
Mudança no consumo de combustíveis fósseis e de uso tradicional da biomassa	IND 20.1b IND 20.2	A economia nas compras de biocombustíveis, estava sendo favorável até o ano 2006 mas o resto dos anos estas economias sofrem variações além de apresentar um decréscimo nos anos atualizados para este estudo. Já com a geração de energia elétrica com a biomassa este indicador apresenta valores favoráveis já que está-se mantendo quase constante e aumentando nos anos atualizados.
Diversidade de Energia	IND 22	Na Figura 5 pode-se apreciar que a incorporação dos biocombustíveis na matriz energética foi acrescentando ao longo do período em estudo. Isto significa um salto positivo na utilização de recursos naturais para a produção de bioenergias além disso as bioenergias produzidas estão acompanhando de maneira quase constante o crescimento da oferta das energias primarias no mercado consumidor brasileiro.

Fonte: Elaboração própria com base na interpretação da Figura 4

Na figura 6 pode-se apreciar que uma parte dos indicadores apresentam valores favoráveis no desempenho social, mas os indicadores IND10 e IND16 apresenta valores negativos na parte de segurança alimentar pelo aumento dos preços dos alimentos cultivados para a produção de biocombustíveis e o aumento do número de acidentes na segurança do trabalho respectivamente. No Quadro 6 realiza-se os resultados de cada indicador no desempenho social.

Figura 6- Evolução dos indicadores GBEP de desempenho social para o setor produtor de biocombustíveis



Quadro 6 - Resumo dos resultados nos indicadores GBEP do desempenho social para o setor produtor de biocombustíveis

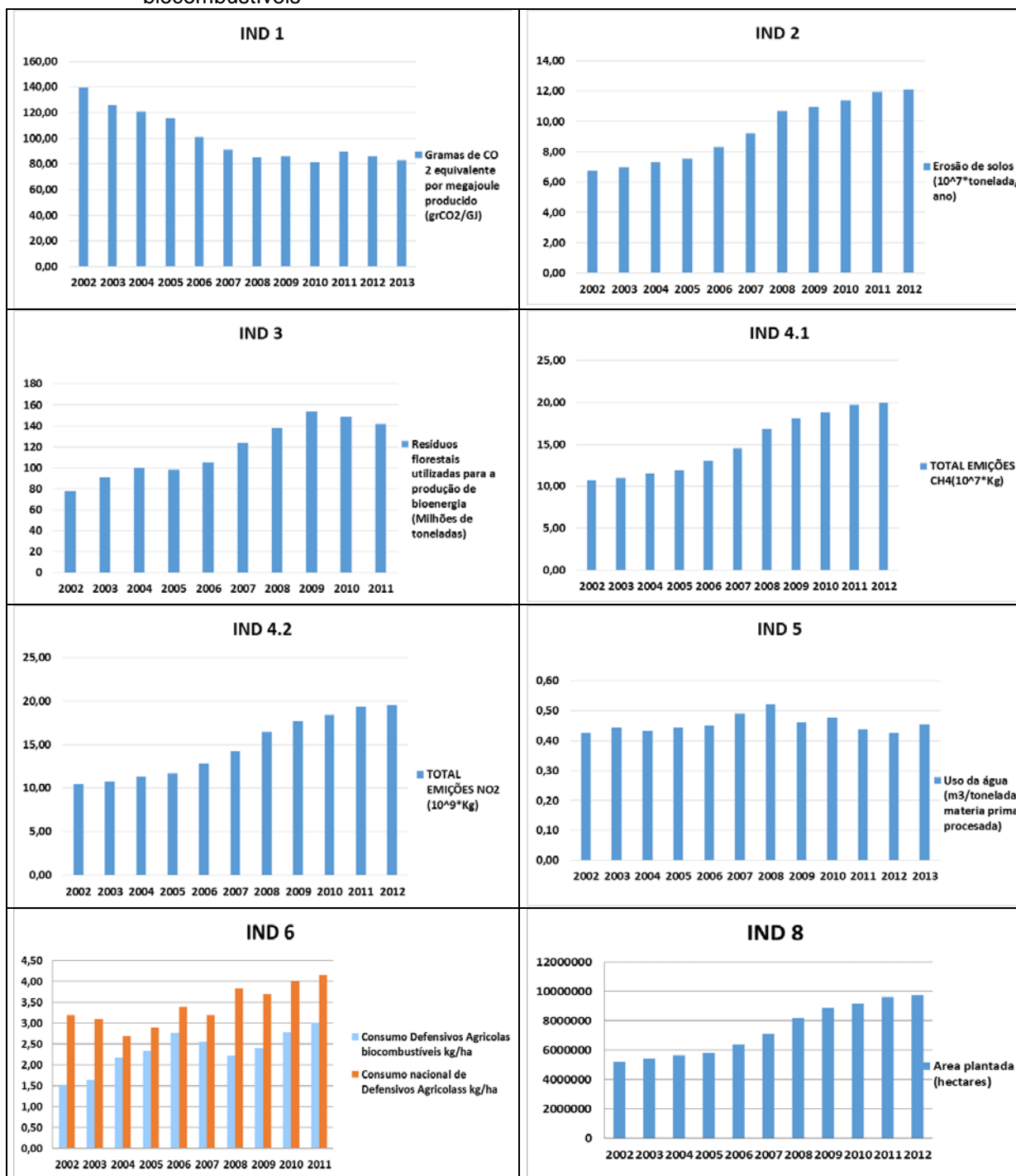
Indicador	Sigla	Resultados
Preço e fornecimento de uma cesta de alimentos nacional	IND 10	Os valores dos alimentos envolvidos na produção de biocombustíveis têm crescimentos em distintos anos, mas a soja e o açúcar têm um crescimento parecido entre o ano 2005 e 2006. Este indicador tem valores negativos em segurança alimentar pelo acrescentamento dos preços para a população consumidora.
Mudança na renda	IND 11	Os pagamentos do salário do setor dos biocombustíveis têm um efeito positivo, já que vão acrescentando ao longo do tempo.
Empregos no setor de bioenergia	IND 12	O número de empregados do setor produtor de biocombustíveis tem um efeito positivo, já que vão acrescentando ao longo do tempo.
Bioenergia usada para expandir o acesso a serviços modernos de energia	IND 14	A quantidade de produção de biocombustíveis está acrescentando ano com ano a partir do ano 2007, isto significa que existe maior oferta de combustíveis para o setor consumidor.
Incidência de acidentes de trabalho, doenças e mortes	IND 16	A quantidade de acidentes na área de trabalho no setor produtor de biocombustíveis tem um crescimento alarmante a partir do ano 2004 duplicando-se o seguinte ano e crescendo ao longo do tempo. Pesquisando-se no Anuário Brasileiro de Proteção (REVISTA PROTEÇÃO, 2010) este aumento pode ser causado pela mudança de metodologias os anos 2005 e 2007, mas não explica o porquê do aumento entre os anos 2002 e 2004.

Fonte: Elaboração própria com base na interpretação da Figura 6

O desempenho ambiental apresentado na Figura 7 apresenta valores crescentes na produção e utilização de biocombustíveis ao longo do tempo, isto é causado pelo aumento da demanda de biocombustíveis no Brasil, além disso, tem-se valores favoráveis para o meio ambiente, já as emissões previstas de CO₂ são aproximadamente um 80% das emissões geradas em todo o processo e uso destes biocombustíveis. A redução do consumo de energia fóssil e gases de efeito estufa (GEE) são os principais motivos para embarcar em produção de biocombustíveis, então os indicadores de desenvolvimento ambiental são os mais importantes indicadores de sustentabilidade para sistemas de produção de biocombustíveis (SANDER C. ET. AL, 2010).

No Quadro 7 realiza-se um os resultados do desempenho ambiental destes indicadores.

Figura 7 - Evolução dos indicadores EISD de desempenho ambiental para o setor produtor de biocombustíveis



Quadro 7 - Resumo dos resultados nos indicadores GBEP do desempenho ambiental para o setor produtor de biocombustíveis

Indicador	Resultados
IND 1	Este indicador complementa o que o indicador ENV 1.1, já que se bem as emissões de CO ₂ em tudo o ciclo de vida do biocombustível estão levemente diminuindo ao ser comparadas com a quantidade de energia produzida e mantendo-se constantes nos anos atualizados.
IND 2 IND 4.1 IND 4.2	A quantidade de solo afetada no cultivo de matéria prima para os biocombustíveis, o NO ₂ e o CH ₄ estão acrescentando ao longo do tempo, mas segundo Macedo IC. (2005), estes valores se mantem aceitáveis em comparação com outras culturas agrícolas. A cultura da cana no Brasil é reconhecida hoje por apresentar relativamente pequena perda de solo por erosão, comparada com soja e milho. Essa situação continua melhorando com o aumento da colheita sem queima, reduzindo as perdas a valores muito baixos, que tendem a ser ainda menores com o emprego crescente de práticas de plantio direto (DONZELLI 2005).
IND 3	A quantidade de resíduos florestais está crescendo ao longo do tempo, isto significa que existem valores favoráveis na produção de energia elétrica a partir de biomassa florestal.
IND 5	O desempenho es quase constante, apenas teve um aumento no ano 2008 mas depois voltou a valores constantes, isto significa que a eficiência no uso da agua não foi favorável já que segundo o indicador IND 17.1 está - se utilizando quase a mesma quantidade de matéria prima todos os anos.
IND 6	O consumo de defensivos agrícolas na produção de biocombustíveis apresenta valores menores que o consumo meio dos mesmos no setor agroindustrial.
IND 8	A área plantada pelo setor tem um aumento maior a partir do ano 2006 mas os valores são aceitáveis, já que 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 (ORTIZ, L., 2006).

Fonte: Elaboração própria com base na interpretação da Figura 7

5.3 Resultados da aplicação das ferramentas

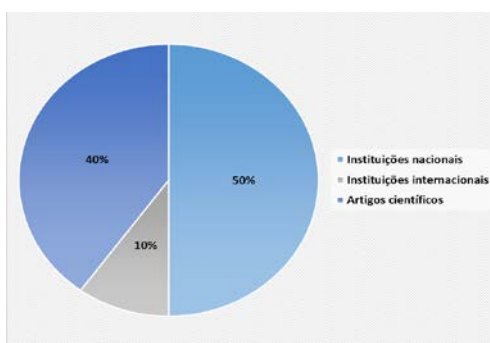
Nos ANEXOS 2A e 2B apresentam-se os graus de disponibilidade da informação nas ferramentas no presente estudo. Para a obtenção dos bancos de dados trabalhou-se com dados que apresentam uma alta facilidade em obtenção já que os que apresentam uma baixa facilidade de obtenção apenas encontraram-se poucos anos os quais não representariam ao indicador no período em estudo.

É importante salientar que várias das métricas que se encontraram em artigos científicos, continham apenas informações de um a dois anos para este estudo, mas estes contribuíram com a obtenção dos demais dados, seja por meio da literatura correlatada, ou por meio de referências bibliográficas de entidades governamentais. As instituições governamentais brasileiras possuem bancos de dados que foram relevantes para a realização deste estudo, já que existem dados disponíveis desde

os anos 1970 até o ano 2013. Entretanto, cabe verificar que, em alguns casos os mesmos encontram-se dispersados, muitas vezes devido à mudança do nome da instituição encarregada da publicação desta informação.

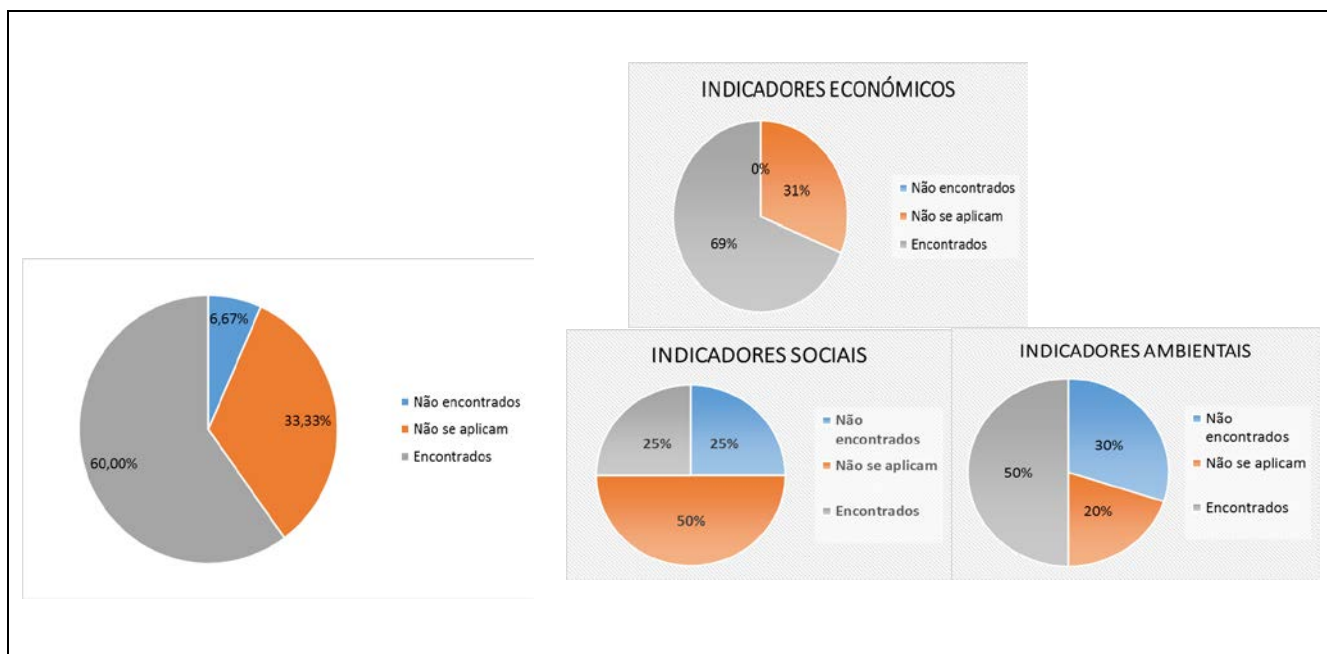
Como se pode apreciar na Figura 8, a maioria dos dados coletados, para ser inseridos nos Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD), foram encontrados em instituições governamentais, seguidos dos artigos científicos e finalizando nos organismos internacionais. Na Figura 9 pode-se apreciar que apenas um 6% dos indicadores não foram encontrados para este estudo, dos quais a maioria pertence aos indicadores ambientais.

Figura 8 – Fontes de obtenção de dados dos indicadores EISD



Fonte: Elaboração própria com base na interpretação do ANEXO 2A

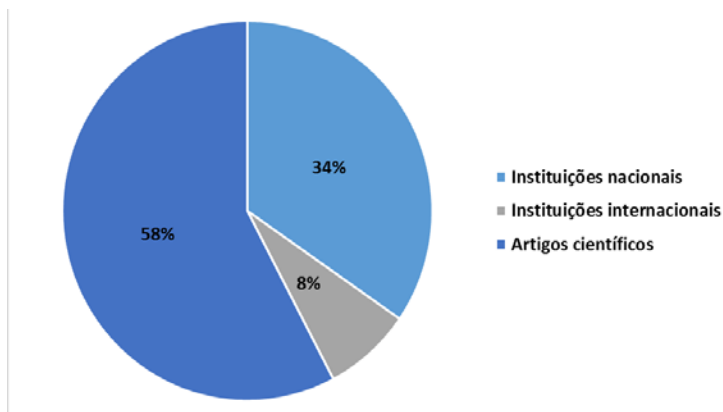
Figura 8 – Obtenção de dados dos indicadores EISD



Fonte: Elaboração própria com base na interpretação do ANEXO 2A

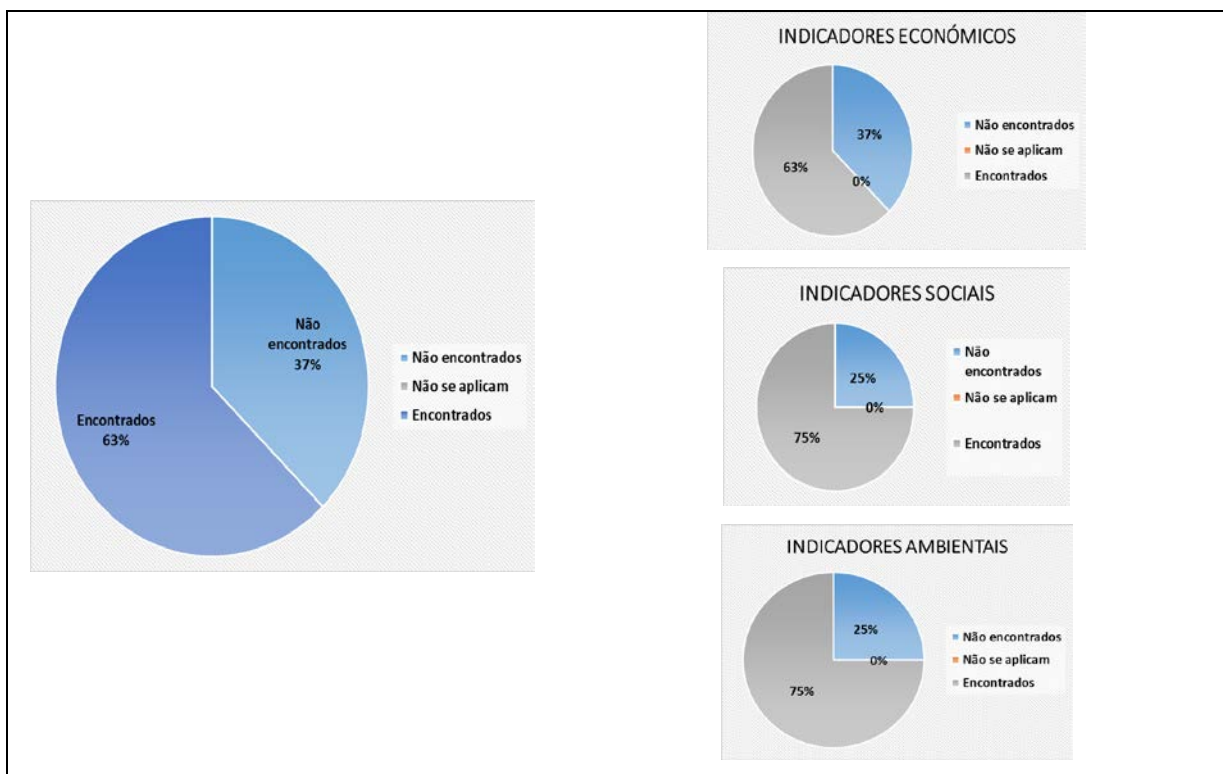
Na Figura 9, a maioria dos dados coletados para ser inseridos nos Indicadores de Sustentabilidade da Associação Global para a Bioenergia (GBEP) foram encontrados em artigos científicos, seguidos das instituições governamentais e finalizando nos organismos internacionais. Na Figura 10 pode-se apreciar que quase um 40% dos indicadores dos três desempenhos não foram encontrados.

Figura 9 – Fontes de obtenção de dados dos indicadores GBEP



Fonte: Elaboração própria com base na interpretação do ANEXO 2B

Figura 10 – Obtenção de dados dos indicadores EISD



Fonte: Elaboração própria com base na interpretação do ANEXO 2B

Realizando uma análise individual dos indicadores, encontrou-se que os Indicadores de Energia para o Desenvolvimento Sustentável (EISD) apresentam poucas variáveis no desempenho social, mas apresentam uma quantidade maior de indicadores no desempenho ambiental comparando com a ferramenta de Indicadores de Sustentabilidade da Associação Global para a Bioenergia (GBEP). Além disso, ao se realizar uma comparação relativa à disponibilidade de obtenção de dados, os indicadores sociais e ambientais foram os que maiores quantidades de dados apresentaram nos artigos científicos e entre os indicadores que não foram encontrados também são estes que apresentam uma maior porcentagem. Logo pode-se afirmar que existe uma tendência maior por parte do Governo Federal e Instituições Internacionais em apresentar indicadores econômicos. Para Buchholz et. al (2009) os critérios mais importantes avaliados pelos especialistas incluíram uma proporção maior de critérios ambientais, seguido pelo econômico e terminando no critério social na importância, mas demonstrou-se com este estudo que a preferência foi maior nos indicadores ambientais nos artigos científicos e existiu uma falta de dados nos indicadores sociais para todas as fontes de informação.

A metodologia existente para a obtenção dos indicadores no EISD no desempenho ambiental apresenta maior número de indicadores, informação para a obtenção da informação e explicação em artigos e instituições, mas os indicadores do GBEP apresentam estas mesmas características no desempenho social e econômico, o que leva a afirmar que as duas ferramentas podem se complementar uma com a outra. Além disso também encontrou-se uma duplicidade de informação em ambas ferramentas o que leva a afirmar que se bem as duas ferramentas podem ser complementares deve analisar a retirada destes indicadores.

6 CONCLUSÕES

Os biocombustíveis apresentaram uma evolução favorável nos indicadores econômicos, não só em termos de custo, mas também como uma tendência dos resultados da aplicação energética favorável. Uma comparação do rendimento médio, em metros cúbicos por quilômetro de área cultivada na produção agrícola, demonstrou que o etanol de cana apresentou maiores rendimentos ao longo do

tempo com uma evolução positiva na produção entre 2002 e 2011 de um 5,01%. O valor dos custos na produção acrescentou ao igual que os preços de venda, em moeda constante por metro cubico (dólar constante EUA \$/m³), dos biocombustíveis em mais de um 200%, mas realizando uma comparação com outros países produtores de biocombustíveis, como a Alemanha e os Estados Unidos, estes apresentam valores muito menores chegando a uma quarta parte de seu valor. Os indicadores de intensidade energética apresentaram uma tendência decrescente em relação ao tempo, então pode-se afirmar que isso representa uma melhoria quanto ao consumo de bioenergias e a eficiência energética que se refere. Ao fazer a comparação das medidas de intensidade de energia ao longo do tempo, a tendência das ações é decrescente, em termos gerais o Brasil está gastando menos energia para produzir a mesma riqueza e mais riqueza em relação ao tempo. O indicador que quantifica as taxas de importações tem valores aceitáveis, mas a partir do último ano deste estudo sofreu um aumento de mais de um 400%, e o indicador dos rendimentos da matéria prima processada e os custos de transformação também são desfavoráveis, então para futuras pesquisas se recomenda ênfases nestes indicadores.

Os indicadores ambientais apresentaram uma melhoria no uso mais eficiente da terra e recursos energéticos, enquanto as aplicações de pesticidas são relativamente baixas em relação à utilizada em todos os setores agroindustriais. O uso da terra, a degradação do solo, poluição do ar na produção agrícola e de refino de biocombustíveis, e a perda da biodiversidade são mínimos. Como as emissões de GEE estão fortemente ligadas ao uso de combustíveis fósseis (e emissões N₂O), este indicador mostrou tendências decrescentes ao longo dos anos e isto pode ser atribuído à utilização de resíduos dos cultivos como a principal fonte de energia para o processamento produtivo. A erosão do solo também tem valores favoráveis já que existe pouca preparação da terra para o cultivo. A produção de cana gera bagaço como matéria orgânica no solo, mas com a queima retorna praticamente nenhuma matéria orgânica para o sistema. Na produção de biodiesel a maior matéria prima utilizada direta e indiretamente é a soja, e existiram críticas no desmatamento da Amazônia pela evolução da área utilizada para a produção de soja, mas analisando

a área utilizada pela agricultura está apresenta valores muito menores em comparação com a área utilizada para a criação de animais para o consumo de carne e leite.

As indústrias de biocombustíveis têm sido uma grande ajuda para as economias rurais e pequenos agricultores em várias regiões. Estes indicadores sociais tem um aumento relativamente significativo e positivo na oferta laboral, o desenvolvimento de redes elétricas entre pequeno e mediano aumento, além dos investimentos na região produtora. O aumento dos acidentes laborais neste setor, o qual está se duplicando a partir do ano 2003 e continuam crescendo até o ano 2007, mas a partir desse ano tem um contínuo decréscimo até o último ano deste estudo, o ano 2013.

Finalmente, a produção de biocombustíveis no Brasil apresenta valores favoráveis na maioria dos indicadores, demonstrando que o caminho para apresentar relatórios mundiais e conseguir as certificações internacionais, para a produção e comercialização de biocombustíveis, podem ser uma visão a curto prazo.

A obtenção das fontes de dados para os indicadores económicos em sua maioria foram obtidos em instituições nacionais e internacionais, e os indicadores ambientais e alguns dos sociais em artigos científicos, isto significa que está-se dando mais ênfases em apresentar dados nas áreas econômica e pouco investimento em relatórios com indicadores desagregados na área ambiental e social.

A utilização destas ferramentas avaliativas no desenvolvimento sustentável, apenas é uma das várias criadas por distintos organismos internacionais, mas se percebeu uma falta de indicadores desagregados que avaliem melhor os impactos sociais nos Indicadores de energia para o desenvolvimento sustentável e uma falta de dados para aplicação dos indicadores da Associação Global para a Bioenergia.

Demostrou-se também que as ferramentas existentes podem ser complementadas uma com a outra e em um futuro será possível elaborar uma ferramenta que padronize e apresente dados das evoluções na sustentabilidade de todos os países produtores de bioenergia e energia tradicional.

Os resultados da pesquisa fornecem uma base para futuras discussões e desenvolvimento de avaliações de sustentabilidade para sistemas de bioenergia e também pode fornecer uma base para avaliar projetos de bioenergia individuais dentro de seu contexto e escala geográfica, ambiental, social e econômica.

REFERÊNCIAS

- ALVES M.; SILVA M.A.; ENSINAS A.V. **Estudo de sistemas energéticos em cogeração de energia no setor sucroalcooleiro**. Brasil: Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Iguazu, 2010.
- BRASIL. Biblioteca da Presidência da República. **Resenha energética brasileira: exercício de 2011, resultados preliminares 2012**. Brasília, 2011.
<http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/publicacoes-oficiais-1/catalogo/conselhos/conselho-nacional-de-politica-energetica/resenha-energetica-brasileira-exercicio-de-2011-resultados-preliminares/view>
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Pesquisa industrial anual PIA 2002-2012**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=31
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA 2011**.
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201208.pdf
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Brasil, 2012.
http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2012.shtm
- BRASIL. Ministério da Previdência Social- MPS. **Anuário estatístico da previdência social 2002-2012**. Brasília, 2013. <http://www.previdencia.gov.br/estatisticas/>
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional BEN - 2013**. Brasília, 2013. https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Classificação nacional de atividades econômicas – CNAE 1.0**. Comissão Nacional de Classificação – Concla. Rio de Janeiro, 2003.
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae1.0_2ed/estrutura_detalhada.pdf
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Classificação nacional de atividades econômicas – CNAE 2.0**. Comissão Nacional de Classificação – Concla. Rio de Janeiro, 2006.
http://www.cnae.ibge.gov.br/estrutura.asp?TabelaBusca=CNAE_200@CNAE%202.0

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

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652609001516>

CASTIGLIONI, V.B.R. In: **Avaliação da expansão da produção de etanol no Brasil**, Brasília: EMBRAPA, CGEE-NAE, 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Cana-de-açúcar safra 2012/2013**.

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_10_09_19_04_boletim_de_cana
[a](#)

COSTA J.A.B.; CRESPO H.J.S.; PONCIANO N.J.; SOUZA P.M. **Produção de açúcar mascavo em micro agroindústria**: uma alternativa viável para os pequenos produtores de cana da região norte fluminense. Fortaleza/CE e Brasil: XLIV CONGRESSO DA SOBER. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/5/1054>

COUTINHO EP. **Perspectivas mercadológicas da rapadura frente à modernização do seu sistema produtivo** 2012.

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/ENEGEP2003_TR0111_0120_rapadura_000fjd77bxv02wyiv809gkz51qi5ugat.pdf

DONZELLI, J. L. Preservação dos solos agrícolas. Capítulo 7. In Macedo (2005), **A Energia da cana-de-açúcar**: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertecchia, ÚNICA, 2005.

DONZELLI, J. L. Uso de fertilizantes na produção de cana-de-açúcar no Brasil. Capítulo 9. In Macedo, I.C.; **A Energia da cana-de-açúcar**: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertecchia, UNICA, 2005.

FARAGO, J., Biotechnological tools to improve ethanol production from plant biomass. **Journal NBC**, 2007.

http://nbcjournal.fpv.ucm.sk/archive/revue_nova_biotechnologica_7_1/Farago2007.pdf

FARINELLI, B.; CARTER, C.A.; LIN, C.Y.; SUMNER, D.A., 2009. Import demand for Brazilian ethanol: a cross-country analysis. **Journal of Cleaner Production** 17, S9–S17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.05.008>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE - FAOSTAT. **Producer price indices in selected country 2002 - 2012**.

<http://faostat3.fao.org/browse/P/PI/E>

GASPARATOS, A.; EL-HARAM, M.; HORNER, M. A. critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability. **Environmental Impact Assessment Review** 28, 286–311. 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2007.09.002>

GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP, 2009. GBEP Task Force on GHG Methodologies.

<http://www.globalbioenergy.org/programmeofwork/ghg/en/S>

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.

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.

http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd9_indi_bp3.pdf

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.

http://www.un.org/esa/sustdev/publications/energy_indicators/chapter2.pdf

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, EUROSTAT, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Energy indicators for sustainable development: guidelines and methodologies.** Vienna: IAEA, 2005.

http://wwwpub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222_web.pdf

LEAL M.A.J. **The agro-ecological sugarcane zoning in Brazil. Sustainable feeding supply for bioenergy and biofuels.** IEA—biofuels roadmap workshop, Paris, 2010.

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

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento da Cana-de-açúcar e energia. Brasília, 2010.

http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS_PRODUTORES_20_03_2012

MATSUOKA S.; FERRO J.; ARRUDA P., 2009. The Brazilian experience of sugarcane ethanol industry. **Biol Plant** . v 45, pp 157-172.

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11627-009-9220-z>

<http://dx.doi.org/10.1007/s11627-009-9220-z>

MME. Ministério de Minas e Energia, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Resenha Energética Brasileira.** Brasília, 2007.

<http://www.mme.gov.br>

OLIVEIRA J.C.; NASCIMENTO R.J.; BRITTO W.S.F. **Demonstração dos custos da cadeia produtiva da rapadura:** Estudo realizado no Vale do São Francisco.

<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv3/rapadura>

OLIVEIRA, J. G., **Perspectivas para a Cogeração com Bagaço da Cana de Açúcar:** Potencial do Mercado de Carbono para o Setor Sucroalcooleiro Paulista. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-03052007-160128/pt-br.php>

ORTIZ L.; RODRIGUES D. **Case study sugar cane ethanol from Brazil**. Brazil: CREM, Núcleo Amigos da Terra (NAT), Vitea Civilis Institute; 2006. p. 49.
<http://www.neema.ufc.br/Etanol13.pdf>

REVISTA PROTEÇÃO. **Pesquisa Nacional sobre Saúde e Segurança do Trabalho 2008-2012**. Anuário Brasileiro de Proteção. Editora Proteção Publicação e Eventos, 2013.

ROCHA, M. T., **Aquecimento Global e o Mercado de Carbono**: Uma Aplicação do Modelo CERT. 196 f. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/tese_marcelo.pdf

SANDER C. et al. Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion techniques. **The Journal Biomass and Bioenergy**. V34. 2010, pp 588-601 EUA.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410000024>

SCANDIFFIO, M. I. G., **Análise Prospectiva do Álcool Combustível no Brasil – Cenários 2004-2024**, tese de doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005, 200 p.
http://www.ie.ufrj.br/images/infosucro/biblioteca/alc_Scandiffio_ProspectivaAlcool.pdf

SCARLAT N.; DALLEMAND J. Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview. **Journal Energy Policy**. 2011, V. 39, pp1630-1646.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510009390>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.039>

U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **Country Analysis Brief Overview- Brazil**. 2013 . <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=BR>
UNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Dados e Cotações e Estatísticas**.2013.
<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica>

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies**. Second ed. New York: UNDESA; 2005.

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

VERA I.; LANGLOIS L. Energy indicators for sustainable development. **Jornal Energy**. 2007. V. 32, pp 875-882. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544206002337>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2006.08.006>

VERDI, A.R. **Dinâmicas e perspectivas do mercado da Cachaça**: Informações Econômicas. São Paulo, 2013. <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/seto2-0206.pdf>



Artigo recebido em 06/12/2014 e aceito para publicação em 11/12/2014
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v15i2.1938>

ANEXOS

ANEXO 1A- 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 combustíveis)	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	
		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 comerciais, ou fortemente dependentes de energia não comercial.	SOC1	
		Acessibilidade	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	

ANEXO 1B- Indicadores de sustentabilidade da Associação Mundial de Bioenergia (GBEP)

Área	Indicador	Sigla
Desempenho Econômico	Produtividade	IND 17
	Balanco 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
Desempenho ambiental	Capacidade e flexibilidade de uso da bioenergia	IND 24
	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
	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
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 2A- Graus de facilidade da aplicação dos EISD

Sigla do Indicador	Localização componentes das métricas em instituições governamentais			Localização componentes das métricas em organismos Internacionais			Localização componentes das métricas utilizadas em artigos científicos		
	Grau de facilidade			Grau de facilidade			Grau de facilidade		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
ECO2			x			x			x
ECO3		x			x				x
ECO4			x		x			x	
ECO6			x		x				x
ECO10			x	x					x
ECO11			x			x		x	
ECO12			x		x				x
ECO13	x			x					x
ECO14			x			x			x
ECO15			x			x	x		
ECO16			x		x		x		
ENV2	x			x					x
ENV3		x		x					x
ENV4	x			x					x
ENV5	x			x					x
ENV6	x			x					x

ENV7	x			x					x
SOC3	x			x					x
SOC4			x	x			x		
TOTAL	7	1	10	10	5	4	3	2	14

ANEXO 2B- Graus de facilidade da aplicação dos indicadores GBEP

Sigla do Indicador	Localização componentes das métricas em instituições governamentais			Localização componentes das métricas em organismos Internacionais			Localização componentes das métricas utilizadas em artigos científicos		
	Grau de facilidade			Grau de facilidade			Grau de facilidade		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
IND 17			x	x					x
IND 18		x		x					x
IND 19		x		x					x
IND 20			x		x		x		
IND 21	x			x					x
IND 22			x		x				x
IND 23	x			x					x
IND 24	x			x					x
IND 1		x		x					x
IND 2	x			x				x	
IND 3									
IND 4	x			x					x
IND 5	x			x					x
IND 6		x		x					x
IND 7		x		x					x
IND 8			x		x			x	
IND 9			x		x			x	
IND 10	x					x		x	
IND 11			x		x			x	
IND 12			x	x				x	
IND 13	x			x					x
IND 14			x			x			x
IND 15	x			x					x
IND 16			x	x				x	
TOTAL	9	5	9	16	5	2	1	7	15