

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Economia verde e *decoupling*: uma aplicação para o setor canavieiro do  
Brasil**

**Kellen Rocha de Souza**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Economia  
Aplicada

**Piracicaba  
2013**

Kellen Rocha de Souza  
Bacharel em Ciências Econômicas

**Economia verde e *decoupling*: uma aplicação para o setor canavieiro do Brasil**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Profa. Dra. **SÍLVIA HELENA GALVÃO DE MIRANDA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra  
em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba  
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Souza, Kellen Rocha de  
Economia verde e *decoupling*: uma aplicação para o setor canavieiro do Brasil / Kellen  
Rocha de Souza. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -  
Piracicaba, 2013.  
134 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Cana-de-açúcar 2. Economia verde 3. Impactos ambientais 4. Indicadores do  
decoupling I. Título

CDD 338.17361  
S729e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O autor"

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Adilson e Lúcia, e irmão, Eduardo,  
meus maiores tesouros e base de todas as minhas conquistas,  
e ao meu namorado, Rodolfo, pelo carinho e compreensão.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecimento especial aos meus pais e ao meu irmão pelo carinho imensurável, por sempre terem acreditado em mim e me apoiado, mesmo quando isso significava passarmos mais tempo distantes. Ao meu namorado Rodolfo pelo total apoio durante todo o mestrado.

Ao Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG), em especial à senhora Juliana Ramiro Juliani Cruz, pela grande atenção e gentileza no fornecimento dos dados sobre o uso de defensivos agrícolas.

À CAPES por possibilitar os meus estudos e o desenvolvimento de minha pesquisa.

À minha orientadora Sílvia pelas imensas contribuições a presente pesquisa, ao apoio nos momentos difíceis e pelo carinho e atenção a mim dedicados.

À minha professora Luciana Togeiro da UNESP – Araraquara pela sugestão do tema e sugestões à pesquisa. À pesquisadora do CEPEA/ESALQ, Adriana Ferreira Silva, e à professora Mirian Rumenos pelas sugestões no exame de qualificação.

Ao professor Antônio Bianchi pelas divertidas aulas de inglês e correções dos “Abstracts” da vida.

Aos meus colegas de mestrado pelos estudos em grupo e companhia nas tardes de domingo passadas no departamento de Economia da ESALQ. Aos alunos do doutorado pelas conversas descontraídas.

Aos professores e funcionários do departamento de Economia da ESALQ, por todas as contribuições e, às assistentes sociais da Divisão de Atendimento à Comunidade (DVATCOM) pelo carinho ao longo de todo o mestrado.

Aos meus colegas da vila estudantil da pós graduação.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente fizeram e/ou fazem parte de minha vida.



## EPÍGRAFE

“Se você tem metas para um ano, plante arroz.  
Se você tem metas para 10 anos, plante uma árvore.  
Se você tem metas para 100 anos, então eduque uma criança.  
Se você tem metas para 1000 anos, então preserve o meio Ambiente”.

(Confúcio)





## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	13
LISTA DE FIGURAS .....	15
LISTA DE TABELAS .....	17
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	19
2 OBJETIVOS.....	23
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.1 A economia e a preocupação com o meio ambiente .....	25
3.2 Antecedentes e o conceito de desenvolvimento sustentável .....	26
3.3 Indicadores de sustentabilidade.....	33
3.4 As Conferências Rio 92 e Rio+20.....	43
3.5 Economia verde.....	47
3.6 Conceito de <i>decoupling</i> do uso dos recursos naturais e do impacto ambiental .....	57
3.7 O Brasil diante da economia verde e do <i>decoupling</i> .....	62
3.7.1 O meio ambiente e a atividade agropecuária.....	62
3.7.2 Impactos ambientais causados pelo setor sucroenergético no Brasil .....	73
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	85
4.1 Indicadores de <i>decoupling</i> - OECD.....	85
4.2 Indicadores de <i>decoupling</i> da produção da cana-de-açúcar .....	89
4.3 Dados.....	90
5 RESULTADOS.....	97
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	113
REFERÊNCIAS .....	117
ANEXO .....	125



## RESUMO

### **Economia verde e *decoupling*: uma aplicação para o setor canavieiro do Brasil**

Este estudo teve como principal objetivo analisar as medidas ambientais adotadas pelo setor canavieiro do Brasil e relacioná-las ao contexto da economia verde e do *decoupling*. Por economia verde entende-se a economia que objetiva a promoção do bem-estar e igualdade social, conjuntamente à redução da escassez ecológica e dos riscos ambientais. Para que as sociedades transitem de uma economia marrom, tal como a atual que se baseia no uso intensivo de recursos naturais, para uma economia verde, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) propôs diversas medidas a serem adotadas e, dentre estas, o incentivo ao desenvolvimento e uso de energias renováveis. A possibilidade de dissociação entre o uso de recursos naturais e/ou geração de impactos ambientais e a promoção do crescimento econômico constitui-se numa das bases para o “esverdeamento” da economia. Esta dissociação foi denominada na literatura pelo termo *decoupling*. A escolha do setor canavieiro para a análise da ocorrência do *decoupling* foi motivada pelo fato de que, além de ser um setor envolvido diretamente com a produção de etanol e bioenergia, ambas energias renováveis, a produção da cana-de-açúcar no Brasil tem se expandido nos últimos anos e gerado impactos ambientais como as emissões de gases de efeito estufa. Ademais, o etanol e a geração de bioenergia a partir da cana-de-açúcar são fontes de energia que estão sendo promovidas pelo governo brasileiro, o que conseqüentemente implicará em maior produção da cana e maior pressão ambiental. Para avaliar os impactos ambientais gerados pelo cultivo da cana-de-açúcar no Brasil utilizou-se como metodologia o cálculo de indicadores de *decoupling*, até então não calculados no país. Estes indicadores permitem a verificação da ocorrência do *decoupling* em um determinado setor produtivo ou na atividade econômica como um todo. Para o setor canavieiro, foram calculados quatro indicadores de impacto ambiental distintos, a saber, de uso de defensivos agrícolas (2000 a 2010), de uso de herbicidas (2000 a 2010), de uso de fertilizantes (1990 a 2010) e de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar na fase de pré colheita (1990 a 2006). No caso dos defensivos e herbicidas, foram calculados indicadores de *decoupling* tanto usando dados de vendas de produto comercial quanto de ingrediente ativo. Apesar da não ocorrência do *decoupling* absoluto em nenhuma das variáveis analisadas, verificou-se algum grau de *decoupling* relativo em todas estas, principalmente em período mais recente. O resultado mais expressivo foi observado para as emissões de gases de efeito estufa. Ou seja, o *decoupling* está ocorrendo principalmente no impacto ambiental mais visível da produção de cana e que recebe maior pressão para ser eliminado, as queimadas. Ressalta-se que a literatura ainda carece de parâmetros de referência para a avaliação e comparação dos indicadores. O uso do controle biológico e a adoção de certificações ambientais são alguns dos fatores que podem contribuir para o *decoupling* na produção canavieira de maneira a torná-la mais sustentável.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Impacto ambiental; Indicadores de *decoupling*;



## ABSTRACT

### **Green Economy and decoupling: an application to Brazilian sugarcane sector**

This study aimed to analyze the environmental measures adopted by the sugarcane industry in Brazil and relate them to the context of the green economy and decoupling. Green economy means the economy that aims to promote the well-being and social equity, in addition to reducing ecological scarcity and environmental risks. For societies to shift from brown economy, as the current system that relies on intensive use of natural resources, to green economy, the United Nations Environment Programme (UNEP) proposes the adoption of several measures, namely the incentive for the development and use of renewable energy. The possibility of decoupling natural resource use and/or generation of environmental impacts and simultaneously promoting economic growth constitutes one of the bases for greening the economy. The literature names this dissociation “decoupling”. The choice of sugarcane industry to analyze the presence of decoupling was motivated by the fact that, besides being directly involved with ethanol and bio-energy production, both renewable energy sources, this industry has expanded production in Brazil in recent years and, in turn, generated environmental impacts such as greenhouse gas emissions. Moreover, the Brazilian government has promoted ethanol and bioenergy generation from sugarcane, which will eventually result in higher sugarcane production and increased environmental pressure. To assess the environmental impacts generated by sugarcane cultivation in Brazil, the methodology proposed consists on measuring decoupling indicators, hitherto not calculated in the country. These indicators allow verifying the presence of decoupling in a particular sector or industry as a whole. For the sugarcane industry, this study calculated four environmental impact indicators, namely the use of pesticides (2000 to 2010), the use of herbicides (2000 to 2010), fertilizers (1990 to 2010) and greenhouse gas emissions from the pre-harvest burning of sugar cane (1990 to 2006). In the case of pesticides and herbicides, decoupling indicators were calculated using data for both sales of commercial product and the equivalent in active ingredient. Despite the environmental pressure over sugarcane cultivation in Brazil, decoupling has been only verified for greenhouse gases emissions from burning and from pesticides and herbicides use, measured by active ingredient. That is, decoupling occurs mainly for the most visible environmental impact of sugarcane production, the crop burning, which is the most targeted activity to be eliminated. The use of biological control and the adoption of environmental certifications are some factors that can contribute to decoupling of sugarcane production in order to make it more sustainable.

Keywords Sugarcane; Environmental impact; Decoupling indicators



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do cálculo do índice de desempenho ambiental.....	42
Figura 2 - Tendências previstas na taxa de crescimento anual do PIB (em %) ao se comparar o cenário de investimento verde com o do modelo das práticas atuais (2010-2050).50	50
Figura 3 - Comparação dos efeitos diferenciais entre o cenário de investimento verde e o modelo atual (economia marrom) sobre variáveis selecionadas (em %).....	51
Figura 4 - Extração mundial de materiais em bilhões de toneladas (1900 – 2005).....	58
Figura 5 - Aspectos do <i>decoupling</i> aplicados ao desenvolvimento sustentável .....	60
Figura 6 - Emissões de metano (CH <sub>4</sub> ) no Brasil, por setor, no ano de 2005 .....	65
Figura 7 - Emissões de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) no Brasil, por setor, no ano de 2005 .....	65
Figura 8 - Emissões de gases do efeito estufa, por setor, no mundo e na América Latina e Caribe no ano de 2005 (em percentagem) .....	66
Figura 9 - Emissões de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), por setor, no Brasil em 2005.....	67
Figura 10 - Participação dos produtos primários nas exportações (%) do Brasil e da América Latina (2000-2007) .....	68
Figura 11 - Intensidade média de poluição potencial das exportações industriais (ILITHA/IPPS), Brasil e América Latina (2000-2007) .....	69
Figura 12 - Moagem de cana-de-açúcar no Brasil e no estado de São Paulo, em toneladas (Safras 1980/1981 a 2011/2012) .....	73
Figura 13 – Zoneamento agroambiental para o setor sucroenergético do Estado de São Paulo .....	75
Figura 14 – Zoneamento agroecológico do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil .....	76
Figura 15 - Participação percentual de categorias de defensivos agrícolas nas vendas totais para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil – Por produto comercial (2011).....	80
Figura 16 - Participação percentual de categorias de defensivos agrícolas nas vendas totais para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil – Por ingrediente ativo (2011).....	80
Figura 17 – Vendas de defensivos agrícolas, em toneladas, para o cultivo da cana-de-açúcar, por produto comercial e ingrediente ativo, de 2000 a 2011 .....	81
Figura 18 - Vendas de herbicidas, em toneladas, para o cultivo da cana-de-açúcar, por produto comercial e ingrediente ativo, de 2000 a 2011.....	81



Figura 19 – Consumo de fertilizantes pelo setor canavieiro, em toneladas, de 1999 a 2011 ..	82
Figura 20 - Índice de vendas de defensivos agrícolas, dadas em quantidade de produto comercial e de princípio ativo e índice do volume de produção de cana-de-açúcar (Brasil) no período 2000-2011 - Ano base 2000 .....	97
Figura 21 – Vendas de defensivos agrícolas, por produto comercial e ingrediente ativo, para o cultivo da cana de açúcar no Brasil no período de 2.000 a 2.010 (em toneladas).	100
Figura 22 – Moagem de cana-de-açúcar no Brasil no período de 2.000 a 2.010 (em toneladas) .....	100
Figura 23 - Índice de vendas herbicidas, por produto comercial e princípio ativo e índice de moagem de cana-de-açúcar (Brasil) no período 2000 - 2010 - Ano base 2000 ...	101
Figura 24 - Vendas de herbicidas, por produto comercial e ingrediente ativo, para o cultivo da cana de açúcar no Brasil no período de 2.000 a 2.010 (em toneladas).....	102
Figura 25 - Índice de vendas fertilizantes e índice de moagem de cana-de-açúcar (Brasil) no período 1999-2010 - Ano base 2000 .....	103
Figura 26 - Consumo de fertilizantes para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil no período de 1.999 a 2.010 (em toneladas).....	105
Figura 27 – Moagem (em mil toneladas) e produtividade (em toneladas/hectare) da cana-de-açúcar – 1990 a 2010 .....	105
Figura 28 - Índice de emissões de gases de efeito estufa <i>versus</i> índice de volume de produção de cana-de-açúcar no Brasil – Ano Base = 1990.....	107
Figura 29 – Total de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar (em toneladas de CO equivalente) <i>versus</i> moagem da cana (em toneladas) – 1990 -2006 .....	107
Figura 30 – Total de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar (em toneladas de CO equivalente) dividido pela moagem de cana (em toneladas).....	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese das definições de sustentabilidade segundo autores selecionados .....	34
Tabela 2 – Tipos de indicadores .....	38
Tabela 3 - Sinopse dos dados coletados para o cálculo dos indicadores de <i>decoupling</i> do cultivo da cana-de-açúcar brasileira.....	90
Tabela 4– Taxa de emissão de gases liberados durante a queima de resíduos agrícolas e fatores de conversão para o cálculo de emissões .....	94
Tabela 5 - Razão e fator dos indicadores de <i>decoupling</i> do uso de defensivos agrícolas no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, calculados comparando os triênios e o período todo. Ano inicial: 2000 e ano final: 2010.....	98
Tabela 6 - Razão e fator dos indicadores de <i>decoupling</i> do uso de herbicidas no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, calculados comparando os triênios e o período todo. Ano inicial: 2000 e ano final: 2010.....	102
Tabela 7 - Razão e fator dos indicadores de <i>decoupling</i> do uso de fertilizantes no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil. Cálculo por triênio e para o período (1999 - 2010).....	104
Tabela 8 - Razão dos indicadores de <i>decoupling</i> das emissões de gases de efeito estufa proveniente da queima da palha da cana na fase de pré colheita. Cálculo por triênio e para o período (1990 - 2006).....	108



## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Em 2011 o mundo atingiu a marca de sete bilhões de habitantes e para o ano de 2050, a Organização das Nações Unidas (ONU) prevê que chegue a nove bilhões. Concomitantemente a tal crescimento populacional, aceleraram-se as crises mundiais de natureza climática, energética, financeira e econômica, bem como as referentes à biodiversidade, alimentos e água, tal como enfatiza o relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP da sigla em inglês), “Caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza – Síntese para Tomadores de Decisão”, de 2011. Ademais, o cenário supracitado impõe novos desafios a serem enfrentados pela população mundial, a começar pela necessidade de se alimentar uma população crescente em um planeta com recursos naturais finitos e limitações espaciais evidentes. Para alimentar tal população, intensificar-se-á a produção agrícola, o que em contrapartida poderá implicar em maiores pressões ao meio ambiente.

A situação mundial atual também traz à tona a necessidade de conciliação benéfica do crescimento econômico e social, o que deve incluir melhora na qualidade de vida e redução das desigualdades sociais, com a preservação ambiental. Preocupação esta que remonta ao surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável.

Tendo por finalidade alcançar tal conciliação, bem como reforçando ideias já presentes na literatura sobre economia do meio ambiente ou, ainda, dito de outra forma, apenas “reiterando velhas ideias”, como ressalta Almeida (2012), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) lançou, no início da crise financeira de 2008, a “Iniciativa Verde”. Recentemente, o conceito de economia verde foi melhor definido em relatório divulgado pelo PNUMA (2011). Como consequência, bem como demonstrando certo êxito por parte do Programa, a economia verde foi tema central, juntamente com “a estrutura institucional para a promoção do desenvolvimento sustentável”, da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, Rio+20, realizada entre os dias 13 e 22 de junho de 2012, na cidade do Rio de Janeiro, tal como ressalta Almeida (2012).

A economia verde, conceito que surgiu no contexto da Conferência Rio 92, baseia-se numa economia que promove a melhoria do bem estar da população e a igualdade desta, ao mesmo tempo em que, por meio do uso eficiente dos recursos naturais, reduz as possibilidades de escassez ecológica e os riscos ambientais (PNUMA, 2011). Além de eficiente no uso dos recursos naturais, a economia verde também pode ser considerada, dadas as especificidades supracitadas, como socialmente inclusiva e de baixa emissão de carbono.

Além de ter sido sede da Rio+20, o Brasil ocupa papel de destaque no cenário ambiental mundial, tanto devido à sua grande disponibilidade de recursos naturais quanto à sua ampla diversidade no que se refere à fauna, flora, topografia e clima. Tal riqueza natural, por sua vez, desperta a atenção de instituições de todo o mundo, bem como suscita o enfrentamento de questões primordiais ao futuro do país, tais como a conciliação entre a redução do desmatamento e as necessidades de expansão da fronteira agropecuária.

Associado à Economia Verde, por sua vez, tem-se o conceito de *decoupling*. O termo foi cunhado pela UNEP (2011) e consiste na busca pela dissociação entre o crescimento econômico ou melhora da qualidade de vida e a intensidade de uso dos recursos naturais e impacto ambiental. Dadas suas características e contexto no qual foi criado, o conceito do *decoupling* pode ser interpretado como uma das formas possíveis, dentre outras, do mundo transitar de uma “economia marrom” para uma “economia verde”.

Para países distintos, a saber, Alemanha, África do Sul, China e Japão, a UNEP (2011) e a OECD (2002) demonstram estar ocorrendo o *decoupling* senão em toda a economia, em setores específicos, por meio de uma análise de caso tanto das políticas adotadas pelos países quanto de dados quantitativos, por meio do cálculo de indicadores. O Brasil, no entanto, a despeito de sua riqueza em termos ambientais, carece de tais análises.

A despeito das políticas socioambientais criadas no Brasil, tal como a Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010, e do país ter sido sede da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável de 2012, a Rio+20, há necessidade de se constatar se realmente o Brasil está empreendendo esforços na minimização da degradação ambiental proveniente das atividades antrópicas, bem como se estes esforços estão sendo suficientes e significativos em prol do meio ambiente.

Diferentemente do que se observa no mundo como um todo e, em particular nos países desenvolvidos, de acordo com dados apresentados pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL, 2010) para 2005, na América Latina e Caribe a maior parte das emissões de gases do efeito estufa é proveniente da mudança no uso do solo e agricultura, sendo que tais atividades contribuem com 66% do total das emissões. Tais resultados são corroborados por outros documentos, como no caso brasileiro, pela Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCT, 2010). No mundo como um todo, em contrapartida, a maior parte das emissões, a saber, 61%, é proveniente de setores como eletricidade, manufatura e construção, transporte e outras queimas de combustíveis.

Dada esta situação, na presente pesquisa, optou-se por analisar o *decoupling* para o setor sucroenergético, com enfoque nos componentes da produção primária. Isto porque além de ser um setor no qual o Brasil apresenta grande importância no cenário nacional e internacional em termos de produção e exportação, é um setor que, provendo alimento e energia, diante do aumento populacional mundial, será cada vez mais pressionado. Em contrapartida, tal desenvolvimento poderá resultar em expansão de áreas cultivadas, no uso de defensivos agrícolas e no uso de recursos naturais, tal como a água. No que se refere ao uso desse recurso, de acordo com dados do PNUMA (2011), cabe ressaltar que as práticas atuais agrícolas utilizam mais de 70% de água doce do mundo.

O destaque para o setor sucroenergético, por sua vez, deve-se à presença marcante da produção de cana-de-açúcar no Brasil, iniciada ainda no século XVI, e sua expansão, mais recentemente, pela região Centro-Oeste. Grande parte da produção de cana no país é destinada à produção do combustível etanol, sendo que a liderança brasileira na produção e investimento desse combustível é internacionalmente reconhecida.

A despeito da posição brasileira no cenário mundial no que se refere à produção de etanol, tal como enfatiza Abramovay (2011), há riscos em se apostar tanto neste tipo de combustível, em detrimento de investimentos em outras fontes de combustíveis, isto porque é imprevisível a trajetória tecnológica que se adotará nos próximos anos. Considerando que alternativas energéticas para o setor de transportes estão sendo pesquisadas, ilustrativamente o motor elétrico, pode ocorrer de o Brasil estar investindo numa tecnologia que se tornará ultrapassada num futuro não muito longínquo. No entanto, independentemente de o etanol tornar-se o combustível do futuro ou não, o fato atual relevante é que o Brasil tem intensificado a produção de cana-de-açúcar e isto, em contrapartida, poderá agravar os problemas ambientais gerados pelo plantio e colheita de tal cultura, seja através do maior uso de defensivos agrícolas e/ou pela possível necessidade de expansão da área cultivada. Isto torna este setor um caso interessante para a discussão da ocorrência ou não do *decoupling* no Brasil.



## 2 OBJETIVOS

Considerando como referência o setor agrícola e, em particular, o setor canavieiro, a presente pesquisa tem como objetivo central analisar o cenário brasileiro no que se refere às medidas ambientais adotadas por estes setores e relacioná-las ao contexto da economia verde e do *decoupling*. Ademais, através do cálculo de indicadores do *decoupling* para o segmento canavieiro, procura-se evidenciar se o Brasil está conseguindo ou não realizar a dissociação entre o crescimento econômico e o uso dos recursos naturais e o impacto ambiental.





### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A economia e a preocupação com o meio ambiente

Desde os primórdios da formação da teoria econômica, tal como ressalta Enríquez (2010), os recursos naturais foram tema central na literatura. No entanto, diferentemente do enfoque ambiental atual, os recursos naturais foram importantes para se explicar a geração de riqueza nas sociedades. A começar pela abordagem da Escola Fisiocrata, considerada a primeira do pensamento econômico, em que somente a agricultura era considerada capaz de gerar um excedente econômico e isto porque só ela era capaz de realizar a multiplicação física dos bens. Os demais setores da economia, considerados estéreis, tal como o industrial, segundo os fisiocratas, não eram capazes de gerar o excedente econômico porque apenas transformavam matérias primas existentes em bens de consumo, sendo que o valor do que produziam era presumivelmente igual aos custos com salários de subsistência dos produtores e com matéria prima (HUNT, 1981). Muitos dos princípios defendidos pelos fisiocratas se originaram, direta ou indiretamente, da obra de 1758 do médico e economista francês François Quesnay, *Tableau Économique*.

No início do século XIX, a Escola Clássica alertava sobre o possível comprometimento da expansão capitalista devido à escassez de recursos naturais e à redução da produtividade do trabalho agrícola, o que implicava na diminuição da renda da terra (ENRÍQUEZ, 2010). A constatação da possibilidade de escassez dos recursos naturais advinha dos trabalhos do economista e clérigo inglês Thomas Malthus. De acordo com sua teoria da população, esta, quando não contida, crescia a uma razão geométrica, enquanto os meios de subsistência, no entanto, aumentavam a uma razão aritmética. Tal raciocínio, portanto, implicava na existência de um desequilíbrio entre o crescimento populacional e a oferta de alimentos. Com o crescimento populacional e consequente aumento da demanda por alimentos, surgiu a necessidade de utilização de terras menos férteis, o que por conseguinte provocou a redução da produtividade do trabalho agrícola e consequentemente, queda no lucro. A partir de tal raciocínio e de outras constatações, tal como a de que a disponibilidade de terras não é ilimitada, o economista inglês David Ricardo desenvolveu a sua famosa teoria da renda da terra.

A preocupação com os recursos naturais, em particular com o carvão mineral, também está presente nas teses da segunda metade do século XIX, do economista inglês da Escola Marginalista, Stanley Jevons. Nestas teses, Jevons ressaltava a possibilidade das

reservas de carvão mineral exploradas pelo Reino Unido se esgotarem em poucos anos, gerando assim o fim do desenvolvimento econômico até então alcançado pelos britânicos e fruto, em grande parte, do uso do carvão mineral.

No decorrer de quase todo o século XIX e parte substancial do século XX, com o progresso técnico a expansão das fronteiras geográficas e a consolidação do pensamento neoclássico a importância dos recursos naturais no estudo econômico foi reduzida. A justificativa para tal atitude advinha da alegação de que como a maioria dos recursos naturais era muito abundante, os mesmos poderiam ser considerados economicamente gratuitos, o que por sua vez não permitia considerá-los como bens econômicos ou fatores de produção.

Portanto, a partir de então, produziram-se apenas trabalhos isolados relacionados aos recursos naturais, como os de Faustmann, de 1849, sobre a regra de gestão dos recursos florestais e os de Hotelling sobre as regras de uso ótimo dos recursos esgotáveis em 1931, entre outros. Por não compartilharem do mesmo pensamento econômico dominante na época, estes trabalhos, no entanto, permaneceram esquecidos. O resgate de tais estudos somente se deu nos anos 1970 por intermédio de amplos debates sobre os limites do crescimento econômico promovidos por fóruns como o “Clube de Roma”. Como consequência de tal resgate, ocorreu a reinserção dos recursos naturais no âmbito das discussões econômicas (ENRÍQUEZ, 2010).

### **3.2 Antecedentes e o conceito de desenvolvimento sustentável**

A despeito da notável alteração no meio ambiente provocada pela atividade antrópica, particularmente após a Revolução Industrial, e consequente intensificação da industrialização, a preocupação com os impactos ambientais oriundos da ação humana somente adquiriu maior relevância a partir dos anos 50. Isto porque é desta época o surgimento, em diversas partes do mundo, de entidades governamentais sem fins lucrativos, associações e movimentos ambientalistas, tais como os observados no Brasil, e agências governamentais focadas na questão ambiental.

Um dos fatores que contribuíram para a propagação da preocupação ambiental, tanto no mundo como um todo quanto no Brasil, foi o livro da bióloga estadunidense Rachel Carson, *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), publicado em 1962. Considerado um marco no que se refere à questão ambiental, a obra de Carson, tal como descreve Linda Lear na introdução do próprio livro, “deu início a uma transformação na relação entre os seres

humanos e o mundo natural, e incitou o despertar da consciência pública ambiental” (CARSON, 2010, p. 11). Tal como anunciaram as manchetes do jornal *New York Times* de julho de 1962, “a Primavera silenciosa se transformou em um verão ruidoso” (CARSON, 2010, p. 11) e isto porque o livro de Carson mobilizou a população em defesa do meio ambiente e da saúde humana.

Além de demonstrar através de fatos documentados os efeitos, tanto para o homem quanto para os demais seres vivos, do uso de pesticidas nas lavouras dos EUA, dentre estas o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano), Carson (2010) acusava as indústrias químicas e o governo por ocultação de informações. A obra de Carson contribuiu para o surgimento de movimentos ambientalistas e, juntamente com estes, pressionou o governo dos EUA que, em 1972, oito anos após a morte de Carson, proibiu o uso do DDT por considerá-lo cancerígeno.

Desde o final da década de 1960, se tornava expressiva mundialmente a visão de não ser possível a compatibilização de desenvolvimento econômico e preservação do meio ambiente. Tal como ressalta Almeida (2002), muitos estudiosos argumentavam que se os países em desenvolvimento seguissem os mesmos rumos dos países desenvolvidos, em termos de produção e consequente exploração dos recursos naturais, o planeta caminharia para a catástrofe. Ademais, trabalhos como o dos cientistas Dennis e Donnella Meadows, *Limites do Crescimento*, de 1972, projetavam cenários pessimistas para o mundo em decorrência da intensidade de uso dos recursos naturais.

De acordo com o estudo supracitado de Dennis e Donnella Meadows, se fossem mantidos os até então observados níveis de industrialização, poluição, uso de recursos naturais e produção de alimentos e sob a condição *ceteris paribus*, ou seja, sem considerar, por exemplo, possíveis avanços tecnológicos, em menos de cem anos atingiria-se o limite de crescimento. O estudo dos autores recebeu patrocínio do Clube de Roma, grupo formado em 1968 por cientistas, industriais e políticos com o intuito de discutir e analisar o futuro do mundo, e muitas das ideias nele presentes foram apresentadas na conferência internacional do Clube de Roma, realizada, em julho de 1971, no Rio de Janeiro (ALMEIDA, 2002).

Principalmente os países em desenvolvimento, dentre estes o Brasil, não aceitaram bem as ideias propostas à época de que os países que até então não haviam se desenvolvido deveriam desistir de tal. Mais além, também não foi bem aceita a ideia da necessidade de congelar o crescimento da população mundial e o capital industrial, em consonância com as preocupações já defendidas por Malthus quanto ao desequilíbrio entre a população e produção de alimentos.

Entretanto, antes de se falar da presença do Brasil nas discussões sobre o *trade off* entre crescimento econômico e meio ambiente, vale ressaltar que tão logo as ideias supracitadas passaram do meio acadêmico para a esfera governamental, a Organização das Nações Unidas (ONU) convocou a Conferência de Estocolmo.

Em pleno auge do crescimento econômico, com taxas médias de 10% ao ano, para os militares e tecnocratas brasileiros a ideia de limitar o crescimento dos países em desenvolvimento se contrapunha ao objetivo de transformar o país numa potência. Assim, nas duas reuniões que antecederam a Conferência de Estocolmo, a saber, realizadas em setembro de 1971 na Cidade do México e em março de 1972 em Nova York, os diplomatas brasileiros se dispuseram a confrontar a visão de limite ao crescimento das nações. Na reunião na Cidade do México, o embaixador e chefe da missão brasileira, Miguel Osório de Almeida, apresentou o seguinte argumento:

Se toda poluição gerada pelos países desenvolvidos pudesse ser banida do mundo, não se verificaria poluição de importância significativa no globo; vice-versa, se toda poluição atribuível à atividade de países subdesenvolvidos desaparecesse, manter-se-iam praticamente todos os atuais perigos e riscos de poluição (MENDES, 1972 apud ALMEIDA, 2002, p.19).

Além de tal posicionamento, o governo brasileiro, tal como relata Almeida (2002), fez questão de trazer para o país o secretário-geral indicado pela ONU para a Conferência de Estocolmo, Maurice Strong, que na companhia do embaixador e então representante do Brasil na Inglaterra, Amoroso Castro, percorreu o Brasil e ouviu os argumentos contra a imposição dos mesmos critérios antipoluição aplicados aos países do Hemisfério Norte.

O esforço brasileiro em trazer para o país o secretário-geral da Conferência e promover intensos debates sobre crescimento econômico e meio ambiente resultou em uma mudança na condução das discussões da reunião de Estocolmo, realizada entre os dias 04 e 16 de junho de 1972, mudança esta que Strong declarou posteriormente ter sido fruto da posição firme do Brasil (ALMEIDA, 2002). Na agenda brasileira, de acordo com Almeida (2002), defendiam-se resumidamente os seguintes princípios:

- 1) Dadas as particularidades e condição social dos países em desenvolvimento, a melhor maneira destes implementarem melhorias no ambiente e combater a poluição é através da promoção do desenvolvimento econômico e social;

- 2) A promoção do desenvolvimento e a preservação do meio ambiente são temas que se completam e não que se opõem;
- 3) No que concerne ao uso dos recursos naturais, o Brasil inexoravelmente advoga a política da soberania nacional. Ademais, o país considera que os problemas de ordem ambiental são, em sua grande maioria, de esfera nacional; e
- 4) Dado que os países desenvolvidos são os maiores poluidores industriais, estes devem arcar com o maior ônus para combatê-la.

Ainda que as reivindicações brasileiras tenham sido incorporadas na Declaração de Princípios assinada ao fim da conferência, o que representava uma vitória por parte do governo brasileiro, a opinião pública tanto nacional quanto internacional não tardou a considerar o posicionamento brasileiro como um incentivo e aceitação da poluição. Isto porque ocorreu de mais de um ministro da esfera econômica brasileira se manifestar a favor de argumentos similares ao seguinte: “se os países ricos não queriam poluição, suas indústrias seriam bem-vindas no Brasil” (ALMEIDA, 2002, p.19).

Visando não piorar a já denegrida imagem do governo militar no exterior, devido às torturas, assassinatos de presos políticos, censura da mídia nacional, etc., no dia 30 de outubro 1973, sob o governo do presidente Emílio Garrastazu Médici, foi assinado o decreto que criava a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), autarquia subordinada ao Ministério do Interior, instituída com a finalidade de resguardar tanto a conservação do meio ambiente quanto o uso racional dos recursos naturais. Para chefiá-la, nomeou-se o biólogo paulista Paulo Nogueira Neto.

Nos doze anos em que permaneceu no comando da SEMA, Nogueira Neto, contribuiu para a ampliação do conceito de meio ambiente no Brasil, que até então se referia somente a assuntos relacionados à flora e fauna, para a formulação da política nacional de meio ambiente, e, por meio de decreto institucional, o conceito de natureza passou a se referir a um universo integrado, se distanciando assim da visão predominante desde os anos 1930 de se tratar os recursos naturais de forma isolada, que resultou na criação de um código para as águas e de outro diferente para as florestas (ALMEIDA, 2002).

Ademais, Nogueira Neto fez parte da Comissão Brundtland da ONU, em 1983, e da elaboração do conceito de desenvolvimento sustentável. No cenário nacional, tal como ressalta Almeida (2002), Nogueira Neto foi audacioso ao levar à esfera governamental as discussões sobre a poluição e o desmatamento e isto no momento em que o governo promovia

a colonização da Amazônia e por meio de programas oficiais, nas cidades, incentivava, o setor de construção civil, o que, por sua vez, promovia a especulação imobiliária.

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Comissão Brundtland como ficou conhecida em homenagem à primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, que a presidiu, foi criada em dezembro de 1983 pela ONU com o objetivo de elaborar uma “agenda global para mudança”. Nesta deveriam ser propostas estratégias ambientais que possibilitassem conciliar crescimento econômico com preservação do meio ambiente, de forma a não comprometer as necessidades das gerações futuras. Ademais, compartilhando deste mesmo objetivo, procurava gerar uma maior cooperação entre os países em desenvolvimentos e entre os países em estágios distintos de desenvolvimento. Estavam criadas, portanto, as bases do conceito de desenvolvimento sustentável.

As necessidades de um estudo sobre o tema desenvolvimento econômico e preservação do meio ambiente ficaram latentes não só pelo debate gerado pelo livro *Limites do Crescimento*, de 1972, como também pelos diversos desastres ecológicos e sociais que ocorreram no mundo na década de 1980. No período em que os 21 membros da Comissão Brundtland estiveram reunidos para a elaboração do relatório *Nosso Futuro Comum*, a saber, de outubro de 1984 a abril de 1987, portanto, por 900 dias, houver episódios importantes e emblemáticos relacionados ao tema. A saber, a seca na África atingiu o seu ápice, matando em torno de 1 milhão de pessoas e colocando em risco 35 milhões; na cidade de Bhopal, na Índia, em decorrência de um vazamento numa fábrica de pesticidas, 2 mil pessoas morreram e outras 200 mil ficaram cegas ou feridas; na Cidade do México, 1000 pessoas morreram e milhares ficaram desabrigadas por causa da explosão de tanques de gás liquefeito; devido à um incêndio em um depósito suíço, produtos químicos agrícolas, solventes e mercúrio foram lançados nas águas do rio Reno, provocando a morte de milhões de peixes e colocando em risco o abastecimento de água potável tanto da Alemanha quanto da Holanda (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

Ademais, ainda neste mesmo período, no mundo todo, aproximadamente 60 milhões de pessoas, em sua maioria crianças, morreram vitimadas por doenças intestinais acarretadas pela desnutrição e ingestão de água imprópria para o consumo; e em abril de 1986, o mundo presenciou o maior acidente nuclear da história, ocorrido na Usina Nuclear de Chernobil ou Tchernobil, em território da antiga União Soviética, atualmente da Ucrânia. Tal acidente provocou uma nuvem de radiação que se espalhou por toda a Europa e elevou o risco de desenvolvimento do câncer humano (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

De acordo com o relatório *Nosso Futuro Comum*, gerado pela Comissão Brundtland, o desenvolvimento sustentável é definido como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p.46). Ainda que o relatório supracitado tenha lançado o conceito de desenvolvimento sustentável, este somente ganharia maior abrangência com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro, em 1992, que ficou conhecida como a Cúpula da Terra ou Rio 92.

Ainda que a preocupação central estivesse focada na preservação do meio ambiente, a Comissão Brundtland não desconsiderava em suas análises a promoção do desenvolvimento econômico e social da população mundial. Ademais, por se acreditar na interligação das crises globais, até então verificadas e não que fossem crises isoladas, tais como uma crise ambiental, ou do desenvolvimento, via-se a necessidade de combater problemas diversos tais como a pobreza. Esta é identificada pela própria Comissão tanto como uma das principais causas como também um dos principais efeitos dos problemas ambientais no mundo, sendo que combatê-la deve ser uma prioridade visto que “um mundo onde a pobreza é endêmica estará sempre sujeito a catástrofes, ecológicas ou de outra natureza” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p.10).

Em termos gerais, portanto, o conceito de desenvolvimento sustentável estava assentado no seguinte tripé: atividade econômica, meio ambiente e bem estar social, sendo o grande desafio a conciliação entre os três aspectos, o qual por sua vez, deveria possibilitar a criação de um modo de vida fundamentado na geração de renda e não na destruição de ativos.

O conceito de desenvolvimento sustentável, ainda que tenha se tornado bastante popular, particularmente após a Conferência Rio 92, não está, no entanto, isento de críticas, principalmente no que se refere à própria definição do termo. Por exemplo, o substantivo “desenvolvimento” e o adjetivo “sustentável” que nomeiam o conceito podem ser analisados separadamente. De acordo com Veiga (2005), o desenvolvimento pode ser entendido de três formas distintas: a primeira, e mais usual, é considerá-lo simplesmente como sinônimo de crescimento econômico; a segunda, é afirmar ser apenas uma releitura, mito, crença ou manipulação ideológica. Por fim, uma terceira definição, ainda que existam outras, para Veiga (2005) é a de Celso Furtado, a saber,



*o crescimento econômico*, tal qual o conhecemos, vem se fundando na preservação dos privilégios das elites que satisfazem seu afã de modernização; já o *desenvolvimento* se caracteriza pelo seu projeto social subjacente. Dispor de recursos para investir está longe de ser condição suficiente para preparar um melhor futuro para a massa da população. Mas quando o projeto social prioriza a efetiva melhoria das condições de vida dessa população, o crescimento se metamorfoseia em desenvolvimento (FURTADO, 2004 apud VEIGA, 2005, p. 81-82).

De forma similar, a sustentabilidade também pode ser interpretada de forma distinta por diversos autores, isto porque não há um consenso na literatura de que, de fato, exista um dilema entre crescimento econômico e preservação do meio ambiente. A despeito das críticas, um dos motivos pelos quais o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou grande aceitação consiste no simples fato dele ser bastante genérico ou, como define Solow (1991), vago. Nas palavras de Veiga (2005), o desenvolvimento sustentável é “um enigma à espera de seu Édipo”.

Para Solow (1991) além de se tratar de um conceito vago, e diante disto não poder ser considerado uma boa referência para orientar decisões políticas, a ideia de deixar o planeta Terra para as futuras gerações da mesma forma como o encontramos, além de não ser viável, pode nem mesmo ser desejável. Isto porque, a definição em sua forma literal implica na afirmação de que deverá haver certa inatividade por parte da sociedade, ou seja, esta não deveria criar atividades construtivas, tais como a construção de estradas, e nem usar os recursos passíveis de extinção, como o petróleo.

A sustentabilidade, segundo Solow (1991, p. 181), poderia ser considerada como “*an obligation to conduct ourselves so that we leave to the future the option or the capacity to be as well off as we are*”. No entanto, ainda que seja uma proposta alternativa, tal definição também não está isenta de dificuldades já que não é tarefa simples prever as preferências e as capacidades tecnológicas das futuras gerações. Em suma, é importante ressaltar que Solow (1991) não descarta a importância de que se reconheça o compromisso com as gerações futuras, bem como os desafios a serem enfrentados em face do crescimento populacional.

Por fim, ainda que os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade sejam importantes, eles podem ser considerados vagos, muito genéricos e desprovidos de bases sólidas na teoria. A despeito disto, tal como ressaltam Carvalho e Barcellos (2010), o desenvolvimento humano, medido pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), igualmente muito questionado pelos mesmos motivos, não perdeu sua popularidade sendo, ao contrário, gradativamente mais empregado. Assim, a falta de consenso ou de uma base sólida na teoria não elimina o fato de que o conceito tem sua relevância.

### 3.3 Indicadores de sustentabilidade

Desde a publicação do relatório *Nosso Futuro Comum* pela Comissão Brundtland, além das dimensões econômica, ambiental e social presentes no conceito de desenvolvimento sustentável, outras passaram a ser consideradas por instituições e autores diversos, tais como as dimensões ética, política, cultural e institucional (COSTA, 2010a; SANCHEZ et al., 2012). Segundo Sanchez et al. (2012), a dimensão institucional foi pioneiramente adotada no Brasil pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2002, e está se consolidando nos últimos anos por ser inicialmente recomendada, em 1996, pelo “Livro Azul” da ONU e posteriormente aprofundada pelos estudos de Lehtonen.

Na Tabela 1 é possível observar, através de síntese feita por Costa (2010a), as diversas definições de desenvolvimento sustentável consideradas por instituições e autores distintos. Definições estas que, segundo alguns autores, podem chegar a 160 (van BELLEN, 2005).

Apesar das distintas definições de sustentabilidade, não há uma que seja aceita universalmente, que possa ser aplicada a todas as situações e que não seja muito genérica e “pouca precisa”. Por estes motivos e também devido à insuficiência de estatísticas sobre o tema, a sustentabilidade é considerada imensurável (CARVALHO; BARCELLOS, 2010). Apesar dessa imensurabilidade ressaltada e apoiada por alguns autores, adotam-se instrumentos para empiricamente tentar quantificá-la e assim, permitir sua avaliação e monitoramento, e, neste sentido, uma das maneiras mais utilizadas é através dos indicadores e índices.

A mensuração do desenvolvimento sustentável é importante não só para avaliar o progresso até então alcançado pelas sociedades, como também para guiar as políticas a serem implementadas, permitir o acompanhamento destas e demonstrar tendências. De acordo com Hammond et al. (apud van Bellen, 2005), o termo indicador provém da palavra latina *indicare* cujo significado é descobrir, anunciar, estimar.

Para explicar o que são indicadores e índices pode-se utilizar como referência o desenho de uma pirâmide, como propõe van Bellen (2005). Em sua base estão todas as informações presentes nas sociedades e que são denominadas de dados primários. A partir do registro destes, por sua vez, é possível a construção das estatísticas, segunda parte da pirâmide. Através de um subconjunto das estatísticas são construídos os indicadores que ao serem agregados dão origem aos índices. Estes estão no topo da pirâmide de informações (van Bellen, 2005).

Tabela 1 – Síntese das definições de sustentabilidade segundo autores selecionados

Autor	Definições
WCED (1987)	Desenvolvimento sustentável significa atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades.
Allen et al. (1991)	Embora as definições de sustentabilidade devam incluir um conjunto de características ambientais, econômicas e sociais, a atenção deve centrar-se no ambiente, conservação de recursos, produtividade e rentabilidade ao nível da exploração e empresa.
Camino e Müller (1993)	A população, as suas necessidades e níveis de consumo para as satisfazer, os recursos naturais, as tecnologias necessárias para transformar os recursos em produtos e serviços, os níveis de produção e de produtividade, a capacidade de carga dos ecossistemas, a distribuição e acesso aos recursos naturais e institucionais, a rentabilidade dos sistemas de produção, as instituições, as variáveis sociais adicionais e o tempo são as variáveis principais do conceito de sustentabilidade.
FAO (1993)	O conceito de sustentabilidade é complexo e para que seja estável e duradouro deve respeitar sete pilares. São eles: Produtividade; Resiliência; Adaptabilidade; Estabilidade; Confiança; Igualdade e Autonomia.
Partidário (1997)	Na sua essência o desenvolvimento sustentável pressupõe uma alteração profunda dos valores e das valências de desenvolvimento, das prioridades de ação e intervenção e do equacionamento das relações entre comunidades e regiões com índices de desenvolvimento profundamente díspares.
Marzall (1999)	Sustentabilidade é a procura de um novo conjunto de valores para a sociedade, com uma grande ênfase sociológica, da equidade mais democrática possível, que terá como consequência imediata o respeito ao meio ambiente circundante.
Matera et al. (2000)	A sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável é o processo pelo qual se satisfazem, de maneira permanente, as necessidades materiais e espirituais de todos os habitantes do planeta sem o degradar e melhorando as condições socioambientais <sup>1</sup> que lhes dão sustento. É um processo de mudança dirigido, onde é importante tanto as metas traçadas como o caminho para a alcançar.
CCE (2001a)	O conceito de sustentabilidade é multidimensional, incluindo objetivos <sup>1</sup> ambientais, sociais e económicos. Entre estes diferentes elementos existe interdependência, podendo, até certo nível, criarem-se sinergias, mas podem também competir entre si. Neste caso, o conceito de sustentabilidade indica a necessidade de se atingir um equilíbrio entre estes três elementos.
Navarro (2002)	A sustentabilidade é entendida como um conceito de natureza dinâmica, como um processo, uma tendência que persegue um equilíbrio no espaço e no tempo dos seus componentes ambiental, económico e social, e não tanto como um estado final a alcançar ou como uma categoria absoluta do sistema.
Häni (2007)	O desenvolvimento sustentável dever permitir uma vida com dignidade no presente sem comprometer a vida com dignidade para as gerações futuras, sem ameaçar o ambiente natural e não pondo em perigo o ecossistema global.

Fonte: Costa, 2010a.

<sup>1</sup> Correção própria.

Da mesma forma que definições distintas de desenvolvimento sustentável passaram a serem adotadas na literatura corrente, diversos significados foram dados aos

indicadores. De acordo com o IBGE (2012, p. 11) “indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem”. No entanto, ainda segundo a fonte supracitada, os indicadores não devem ser considerados como um fim para se alcançar o desenvolvimento sustentável, mas sim como um meio para tal<sup>1</sup>.

No entanto, ainda que possam ser construídos a partir de estatísticas confiáveis e relevantes, nem todos os indicadores podem ser bons e úteis dependendo do que se deseja analisar. Quando da elaboração dos indicadores é importante que estes atendam a certas propriedades, descritas a seguir com base em estudo de Jannuzzi (2001). Neste aspecto é importante ressaltar que apesar da obra de Jannuzzi (2001) referir-se aos indicadores sociais, é desejável que todos os indicadores atendam às propriedades abaixo descritas.

Antes de qualquer coisa, os indicadores tem que ser relevantes, ou seja, para serem considerados bons, os indicadores tem que tratar de um tema importante para a sociedade. Essa propriedade, inclusive, justifica a própria construção do indicador. Além disso, ele deve ser construído com base na teoria e ser capaz de “refletir, de fato, o conceito abstrato a que [...] se propõe a ‘substituir’ ou ‘operacionalizar’” (JANNUZZI, 2001, p. 26), ou dito de outra forma, deve ter validade.

A qualidade dos dados utilizados para a construção de um indicador também é um aspecto de suma relevância a ser considerado, o que lhe proporciona a propriedade de confiabilidade. Além disto, o indicador deve ter uma boa cobertura e esta ser adequada aos propósitos almejados pelo primeiro; ser sensível às mudanças ocorridas no objeto de estudo mensurado; ser capaz de refletir alterações relacionadas à dimensão analisada; possuir uma metodologia de construção transparente e ser de fácil compreensão tanto para especialistas da área quanto para o público em geral; e poder ser atualizado periodicamente e de forma factível para que não se comprometam as necessidades e usos aos quais se prestam. Estas propriedades podem ser descritas sinteticamente a partir dos seguintes substantivos: cobertura, sensibilidade, especificidade, inteligibilidade de sua construção, comunicabilidade, periodicidade na atualização e factibilidade para obtenção.

Por fim, mais duas propriedades desejáveis dos indicadores são: desagregabilidade e historicidade. A primeira diz respeito à capacidade dos indicadores

---

<sup>1</sup> Para Carvalho e Barcellos (2010, p. 104) a melhor definição de indicador é a proferida, mas não publicada, em palestras pela consultora da CEPAL, Rayen Quiroga, sendo tal definição a que se segue: “indicador é a estatística que tem mais apelo”. Como há várias estatísticas para um mesmo tema, aquela que for considerada a mais importante, dará origem ao indicador, ressaltam os autores.

retrataram espaços geográficos reduzidos, ou seja, poderem ser desagregáveis e assim retrataram contextos mais específicos. A segunda, por sua vez, se refere aos indicadores possuírem séries históricas extensas que sejam comparáveis, por exemplo, com as de outros países, possibilitem a análise dos dados presentes e passados, a inferência de tendências e, a avaliação de políticas.

Para a construção de indicadores de sustentabilidade, dez princípios foram estabelecidos por pesquisadores e especialistas da área de mensuração reunidos pelo Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (IISD da sigla em inglês), na cidade de Bellagio na Itália, em 1996. Esses princípios, denominados de Princípios de Bellagio, foram criados para orientar a avaliação de processos de desenvolvimento sustentável, sejam estes de comunidades locais, empresas ou organismos internacionais (HARDI; ZDAN, 1997; LOUETTE, 2007).

Abrangendo todas as etapas do processo de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, os princípios de Bellagio compreendem os seguintes tópicos: guia de visões e metas; perspectiva holística; elementos essenciais; escopo adequado; foco prático; abertura e transparência; comunicação efetiva; ampla participação; avaliação constante e capacidade institucional (HARDI; ZDAN, 1997). A seguir, descreve-se o que cada princípio evoca baseando-se em estudo de Hardi e Zdan (1997).

A mensuração do processo em direção ao desenvolvimento sustentável deve estar baseada numa visão clara do conceito de desenvolvimento sustentável e das metas que definem tal visão; por isso a necessidade de um guia de visões e metas. Por perspectiva holística, entende-se a inclusão de uma visão tanto do sistema como um todo, quanto de suas partes, a consideração do bem-estar social, ecológico e econômico dos subsistemas, seu estado atual, sua direção, a taxa de mudança de seus componentes e da interação entre suas partes e, a consideração das consequências positivas e negativas das atividades antrópicas, o que inclui a reflexão dos custos e benefícios, em termos monetários e não monetários para os sistemas ecológicos e humanos.

No terceiro princípio, elementos essenciais, ressalta-se a necessidade da avaliação rumo ao desenvolvimento sustentável considerar: a equidade e disparidade, tanto entre a população atual quanto entre esta e as futuras gerações, referentes a temas como utilização de recursos, superconsumo, pobreza, direitos humanos e acesso a serviços; as condições ecológicas das quais a vida depende; e, o desenvolvimento econômico e demais aspectos que contribuem para o bem-estar humano e social.

Por escopo adequado entende-se a adoção de um horizonte de tempo longo o suficiente para capturar as escalas de tempo tanto humana quanto dos ecossistemas, de forma a suprir as necessidades demandadas pelas futuras gerações e pela atual; a definição de um espaço de estudo que não se limite somente a abranger os impactos locais mas também os de longa distância e, por fim, a construção de um histórico tanto das condições passadas quanto das atuais, possibilitando assim a antecipação de condições futuras.

As recomendações descritas pelo princípio de foco prático estão baseadas em um número limitado de questões-chaves para análise, um padrão de medidas e comparação dos valores dos indicadores com suas metas, limites, valores de referência ou direção de tendência. Semelhantemente aos princípios apresentados por Jannuzzi (2001), os indicadores de sustentabilidade devem ser baseados em métodos e dados acessíveis a todos e deixar explícitas as incertezas dos dados, julgamento e suposições (princípio da abertura e transparência); utilizar uma linguagem simples e clara e atender às necessidades do público e usuários (princípio da comunicação efetiva); obter ampla participação de profissionais, técnicos e comunidade em geral (princípio da ampla participação); possibilitar o ajuste dos sistemas, das metas e dos indicadores a novas descobertas, bem como ser capaz de determinar tendências, ser capaz de captar e demonstrar mudanças e incertezas (princípio da avaliação constante) e, por fim, apoiar o desenvolvimento da capacitação institucional tanto para a coleta de dados, quanto para a manutenção e documentação destes (princípio da capacidade institucional)<sup>2</sup>.

No que se refere aos indicadores como um todo, estes podem ser de diversos tipos, tal como se observa na Tabela 2. Além dos tipos apresentados na Tabela 2, Jannuzzi (2011) também aponta a existência de indicador absoluto, relativo, descrito, normativo, insumo, fluxo, produto, esforço, resultados, performance, estoque, eficiência, eficácia e efetividade social.

Dada a imensa quantidade e diversidade de indicadores existentes, para orientar e facilitar sua análise, foram criados marcos ordenadores ou marcos metodológicos (*frameworks*). De acordo com Scandar Neto (2006 apud Carvalho e Barcellos, 2010, p. 114) “um marco ordenador pode ser entendido como uma proposta de se organizar um conjunto de indicadores em categorias, ou pode estar relacionado a uma concepção teórica, específica ao tema estudado, facilitando desse modo a interpretação dos resultados apresentados”.

---

<sup>2</sup> Para mais detalhes sobre as descrições de cada princípio de Bellagio consultar Hardi e Zdan (1997).

Tabela 2 – Tipos de indicadores

<b>Tipos de indicadores</b>	<b>Significado</b>
Simple	Resultam da medição ou estimação de uma variável indicativa, articulando valores relativamente simples (por exemplo, número total; concentração; proporção).
Compostos	Obtêm-se pela agregação de muitas variáveis ou indicadores simples.
Quantitativos	Resultam, na sua maioria, de algum cálculo ou procedem de parâmetros quantitativos, sendo expressos em números.
Qualitativos	Medem as mudanças nas atitudes e no comportamento.
Vínculo	Indicam e julgam interações <sup>1</sup> de grande importância para o desenvolvimento sustentável, tais como a interação <sup>1</sup> entre atividades <sup>1</sup> econômicas e os seus efeitos sociais e ambientais.
Distância à meta	Utilizam-se para indicar a “distância” que separa o cumprimento dos objetivos e metas, permitindo que se estabeleçam prioridades.
De metas ou de resultados	Identificam o grau de satisfação dos resultados, em termos qualitativos e quantitativos, face ao esperado. Constituem uma medida de eficiência, já que valorizam os resultados em função dos recursos aplicados.
De processo e de disponibilidade de <i>inputs</i>	Relacionam-se com a metodologia e as estratégias seguidas, referindo-se ao “como” se faz a intervenção, isto é, a maneira como se vão obtendo os resultados.
De impacto	Medem o grau de transformação da realidade como consequência, direta <sup>1</sup> ou indireta <sup>1</sup> , prevista ou não prevista, das ações <sup>1</sup> realizadas e seus resultados.
Meios	Dão a conhecer a natureza e o volume de fatores <sup>1</sup> (humanos, materiais ou outros) utilizados diretamente <sup>1</sup> na concretização de uma atividade <sup>1</sup> .
Realização	Quantificam as ações <sup>1</sup> desenvolvidas na concretização de uma atividade <sup>1</sup> de modo a permitir a sua avaliação (volume de produção ou de desempenho).
Diretos <sup>1</sup>	Medem a condição do objeto <sup>1</sup> que está para ser protegido, sendo usados para monitorizar o ambiente e indicar efeitos indesejáveis sobre ele.
Indiretos <sup>1</sup>	Baseiam-se no nível da exploração, regional, ou noutros parâmetros, tendo muito pouco a ver com os efeitos reais no ambiente.
Parâmetros proxies	Permitem aproximações, em função das correlações existentes, com o aspecto que se quer conhecer, mas que por alguma razão não pode ser avaliado ou é de avaliação difícil ou cuja avaliação tem um custo elevado.
Cripto-indicadores	São indicadores inconscientes que existem no entendimento popular, fazendo parte do conhecimento de anciãos de alguns povos.
Objetivos <sup>1</sup>	Medem dados físicos.
Subjetivos <sup>1</sup>	Desenvolvem-se de acordo com a percepção, política, valores, perspectivas e preferências individuais, podendo ser diferentes de um para outro indivíduo.

Fonte: Adaptado de Bockstaller e Girardin (2003); Lewandowski et al. (1999); Marzall (1999); Masera et al. (2000); Navarro (2002); Pérez (2002) e van der Werf & Petit (2002) apud Costa (2010b).

<sup>1</sup> Correção própria.

Relacionado ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável, segundo Carvalho e Barcellos (2010), há basicamente quatro<sup>3</sup> tipos distintos de marcos ordenadores, a saber, marco ordenador simples de componentes ambientais (tal como os indicadores do solo e ar) que são organizados de acordo com o modelo Pressão – Estado – Resposta (PER); marco ordenador de desenvolvimento sustentável; marco ordenador do capital natural; e marco ordenador sistêmico da relação natureza-sociedade. O marco ordenador mais utilizado na área ambiental e de desenvolvimento sustentável, no entanto, é o modelo Pressão – Estado – Resposta (PER).

Formulado pelo *Statistics Canada* e posteriormente adotado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o modelo PER constitui-se num marco ordenador conceitual em que os problemas ambientais são abordados através de uma relação de causalidade. Três questões básicas os indicadores ambientais desenvolvidos segundo este modelo procuram responder: “O que está acontecendo com o ambiente? (Estado) Por que isso ocorre? (Pressão) O que a sociedade está fazendo a respeito? (Resposta)” (CARVALHO; BARCELLOS, 2010, p. 115).

Algumas variações do modelo PER são FER (Força motriz – Estado – Resposta); PEIR (Pressão – Estado – Impacto – Resposta) e FPIER (Força motriz – Pressão – Impacto – Estado – Resposta), segundo os mesmos autores supracitados.

A seguir são descritas, a partir de Louette (2007), alguns métodos de avaliação do desenvolvimento sustentável e índices mais conhecidos também usados para comparar o grau de sustentabilidade entre países e/ou atividades.

### **Barometer of Sustainability**

Foi desenvolvido por especialistas principalmente dos institutos *The World Conservation Union* (IUCN) e *The International Development Research Centre* (IDRC), sendo Prescott-Allen um dos principais pesquisadores. A metodologia de avaliação baseia-se na

---

<sup>3</sup> Para a avaliação da sustentabilidade da agricultura, Sanchez et al. (2012), após análise de mais de 50 trabalhos, identificaram 8 marcos metodológicos como sendo os mais significativos. Tais marcos são: FESLM (Framework for Evaluating Sustainable Land Management) – Estrutura para a Avaliação da Gestão Sustentável da Terra; SARN (Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales) – Sustentabilidade da Agricultura e dos Recursos Naturais; PSR (Pressure State Response) – Pressão, Estado, Resposta (PER); MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando indicadores de sostenibilidad) – Modelo para a Avaliação de Sistemas de Gestão de Recursos Naturais através de indicadores de sustentabilidade; IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) – Indicadores de sustentabilidade das explorações agrícolas; Dashboard of Sustainability – Painel de sustentabilidade; APOIA – Novo Rural (Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural) e, SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework) – Avaliação da sustentabilidade da exploração agrícola e do ambiente.



combinação de diversos indicadores sociais e ambientais, tais como qualidade da água, educação, emprego, economia, violência, etc. Para a análise do progresso em direção às sociedades sustentáveis são utilizadas escalas de performance em que os adjetivos bom ou ótimo são classificados num extremo da escala, e os ruim ou péssimo, no outro. De acordo com Louette (2007, p.44), o *barometer of sustainability* “é a única escala de desempenho destinada a medir o bem-estar humano e do ecossistema conjuntamente, sem sobrepor um ao outro”.

Após o cálculo dos índices das dimensões social e ambiental, estes são plotados num gráfico bidimensional, sendo que no ponto de intersecção entre esses índices, observa-se um panorama da sustentabilidade do sistema.

### **Dashboard of Sustainability**

Constitui-se num índice agregado de vários indicadores de desempenho econômico, ambiental e social, cujo resultado final permite a verificação do nível de aproximação ou distanciamento dos países de um panorama de sustentabilidade de referência. O índice foi desenvolvido pelo *Consultative Group on Sustainable Development Indicators*, grupo este coordenado pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável (IISD), do Canadá.

A representação gráfica recente baseia-se num painel semelhante ao de um veículo, onde são representados três *displays* correspondentes a três grupos ou blocos, a saber, performances econômica, ambiental e social. As cores da performance do sistema variam do vermelho-escuro, o que sinaliza uma situação crítica, passando pelo amarelo (performance média), até o verde-escuro, performance positiva.

### **Ecological Footprint**

A pegada ecológica, desenvolvida pela equipe de Mathis Wackernagel e William Rees da *University of British Columbia* em 1996, mensura em que grau os seres humanos estão usando os recursos naturais mais rapidamente do que a capacidade destes se regenerarem. Pode ser mensurada tanto para indivíduos e famílias quanto para organizações, regiões, nações e a humanidade em geral.

A pegada ecológica é calculada a partir da estimação tanto do consumo de bens e serviços quanto da produção de resíduos por uma determinada população. Dentre estes bens e serviços, tem-se alimentos, energia, habitação, lazer, vestuário, etc. Ademais, são também

estimadas as áreas, em hectares, requeridas para a produção de cada item através da divisão da média anual de consumo do item pela média de sua produtividade. A pegada ecológica, por sua vez, será a soma dessas áreas.

### **Environmental Performance Index (EPI)**

Desenvolvido por especialistas da Escola de Meio Ambiente da Universidade de Yale e do *Earth Institute*, da Universidade de Columbia, em parceria com o Fórum Econômico Mundial e o Centro de Pesquisas Conjuntas da Comissão Europeia, o índice de desempenho ambiental quantifica e classifica numericamente o desempenho ambiental de companhias e países a partir da identificação de metas e posterior medição do grau em que as instituições ou nações se aproximam de tais metas.

O EPI 2006 é calculado tomando por referência 16 indicadores de seis categorias distintas, a saber, saúde ambiental, qualidade do ar, recursos hídricos, biodiversidade e habitat, recursos naturais produtivos e energia sustentável. Os indicadores necessários ao cálculo do EPI são apresentados na Figura 1.

### **Environmental Sustainability Index (ESI)**

O índice de sustentabilidade ambiental permite a comparação entre diferentes países “de acordo com as suas capacidades para proteger o ambiente durante as próximas décadas” (LOUETTE, 2007, p. 60). Foi desenvolvido pelo *Yale Center for Environmental Law and Policy* e pelo *Center for International Earth Science Information Network*, em parceria com o *World Economic Forum* e o *Joint Research Centre of the European Commission*.

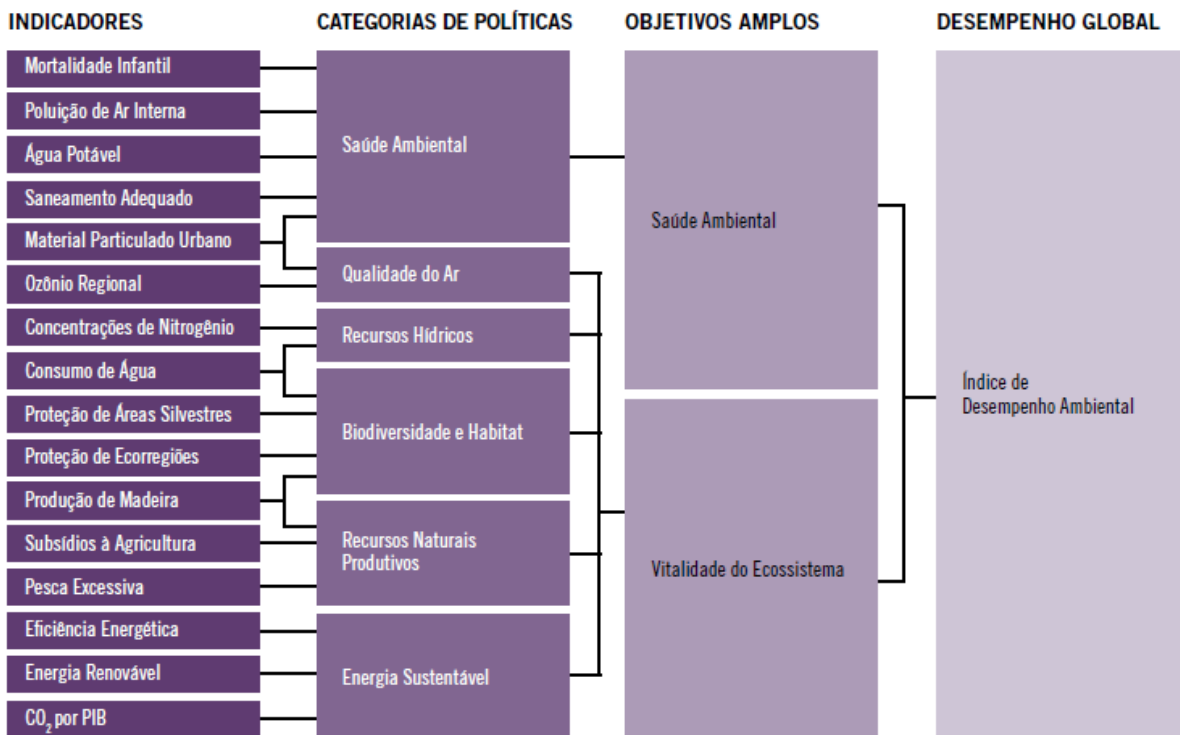


Figura 1 – Fluxograma do cálculo do índice de desempenho ambiental

Fonte: Louette (2007, p. 59)

O índice é calculado para cerca de 140 países e é construído a partir de 21 indicadores de sustentabilidade subdivididos em 5 grandes áreas: sistemas ambientais (qualidade do ar, biodiversidade, terra, qualidade da água e quantidade de água); redução de estresses ambientais (redução da poluição do ar, redução dos estresses do ecossistema, redução do crescimento populacional, redução de dejetos e pressões de consumo, redução de estresses hídrico e gerenciamento de recursos naturais); redução da vulnerabilidade humana (saúde ambiental, sustento humano básico e redução da vulnerabilidade e desastres naturais ambientais); capacidade social e institucional (governança ambiental, ecoeficiência, envolvimento do setor privado e ciência e tecnologia) e, manejo global (participação em esforços e colaborações internacionais, emissões de gases de efeito estufa e redução de pressões ambientais transnacionais).

### **Environmental Vulnerability Index (EVI)**

Desenvolvido pela Comissão de Geociência Aplicada do Pacífico Sul (Sopac), pelo Programa das Nações Unidas (PNUMA) e seus parceiros, o índice de vulnerabilidade do

meio ambiente objetiva a mensuração do grau em que o meio ambiente de um dado país está propenso a danos e degradações. Ele é obtido a partir da combinação, por média simples, de 50 indicadores, dentre estes: ventos altos, vulcões, terremotos, tsunamis, deslizamentos, área de terra, dispersão por país, relevo, desequilíbrio do ecossistema, epidemias, introduções de espécies ameaçadas, extinções, cobertura vegetal, perda de cobertura, fragmentação do habitat, degradação, reservas terrestres, reservas marinhas, agricultura intensiva, fertilizantes, pesticidas, biotecnologia, produtividade excesso de pesca, água renovável, emissões de dióxido de enxofre, produção de dejetos, tratamento de dejetos, indústria, vazamentos, mineração, saneamento, veículos, população, crescimento populacional, acordos ambientais e conflitos.

### **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS)**

Os indicadores de desenvolvimento sustentável do Brasil são calculados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) desde 1992 e possibilitam a comparação entre as regiões brasileiras e entre países no que se refere ao acompanhamento da sustentabilidade do padrão de desenvolvimento (IBGE, 2012). Na edição de 2012 foram propostos 62 indicadores classificados em quatro dimensões: ambiental, social, econômica e institucional.

Na dimensão ambiental foram calculados 20 indicadores que abrangeram as seguintes grandes temáticas: atmosfera, terra, água doce, oceanos, mares e áreas costeiras, biodiversidade e saneamento. Na dimensão social, os indicadores, num total de 21, se referem à população, trabalho e rendimento, saúde, educação, habitação e segurança. Indicadores de análise do quadro econômico e padrões de produção e consumo estão presentes na dimensão econômica (12 indicadores). Por fim, a dimensão institucional abrangeu 9 indicadores subdivididos segundo o quadro institucional e a capacidade institucional.

### **3.4 As Conferências Rio 92 e Rio+20**

A Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Cúpula da Terra, Eco 92 ou Rio-92, foi realizada entre os dias 3 e 14 de junho de 1992, na cidade do Rio de Janeiro, e “ficou conhecida como a mais importante conferência sobre meio ambiente da história” (MILHORANCE, 2012). Aproximadamente

180 chefes de governo e de estado estiveram presentes na Conferência que teve como principal tema o conceito de desenvolvimento sustentável, proposto pela Comissão Brundtland e divulgado no relatório *Nosso Futuro Comum*.

A Conferência resultou na construção dos mais importantes acordos ambientais da história: as Convenções do Clima e da Biodiversidade, a Agenda 21, a Declaração do Rio para Meio Ambiente e Desenvolvimento e a Declaração de Princípios para as Florestas (CORDANI et al., 1997).

A Convenção sobre Mudança do Clima objetivava a redução das emissões dos gases responsáveis pelas mudanças climáticas e aquecimento da Terra e estabilização das concentrações desses gases na atmosfera de forma que a atividade antrópica não gerasse ameaças ao sistema climático (MCT, 1992). Apesar do enfoque na redução das emissões de gases de efeito estufa, não se estabeleceu um prazo determinado para essa redução. Os termos da Convenção foram assinados por 150 países, dentre os quais, os Estados Unidos. Ademais, a Convenção sobre Mudança do Clima deu origem, em 1997, ao Protocolo de Kyoto, que estabeleceu medidas concretas e mandatórias para a redução das emissões dos gases de efeito estufa.

Na Convenção sobre Diversidade Biológica, asseguraram-se a conservação da biodiversidade, o seu uso sustentável, a partilha entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento tanto dos custos quanto dos benefícios dessa biodiversidade, a repartição equitativa e justa dos benefícios gerados pelo uso dos recursos genéticos, o acesso adequado a estes, bem como a “transferência adequada das tecnologias pertinentes” (MMA, 2000, p. 9). Os Estados Unidos, entretanto, não assinaram esse acordo, o que é destacado tendo em vista seu papel como potência econômica na liderança de mudanças de paradigmas nas mais diversas áreas.

Através da Agenda 21 foi estabelecido um plano de ações de âmbito global (nacional e local) para ser aplicado tanto pelas organizações das Nações Unidas e governos quanto pelos membros da sociedade civil. Nos quarenta capítulos que compõem a Agenda 21, estão descritos seus objetivos, os instrumentos necessários para sua consecução e as necessidades tanto de recursos humanos quanto institucionais (CORDANI et al., 1997). Ademais, o documento sobre a Agenda 21 aborda quatro grandes temas: as dimensões sociais e econômicas; a conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento, o fortalecimento do papel dos grupos principais; e, os meios de implementação (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 1995).

Além dos diversos documentos criados, a Conferência Rio 92 também reafirmou, através da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, os princípios firmados na Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em 1972 em Estocolmo. A Declaração da Rio 92 objetiva orientar os países na busca pela preservação ambiental e desenvolvimento, sendo para tanto necessária a cooperação entre os Estados, os principais setores da sociedade e os indivíduos (MMA, 1992). A Declaração é composta de 27 princípios.

Ademais, na Rio 92 também foram estabelecidos princípios para orientar as nações na preservação, manejo e desenvolvimento sustentável das florestas. Esses princípios orientadores encontram-se na Declaração de Princípios para as Florestas (UNITED NATIONS, 1992).

Realizada há exatos vinte anos após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio 92, e há dez anos da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (WSSD da sigla em inglês), realizada em Joanesburgo, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), organizada na cidade do Rio de Janeiro, entre os dias 13 e 22 de junho de 2012, teve como um dos principais temas a economia verde.

Os principais temas discutidos na Conferência Rio+20 foram a economia verde no âmbito do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza, e a estrutura institucional para a promoção do desenvolvimento sustentável. Participaram da Conferência os representantes dos 193 Estados-membros da ONU, além de milhares de participantes da sociedade civil de inúmeros países do mundo.

Dentre os acordos firmados na Conferência Rio+20, está o que foi definido pela Cúpula dos Prefeitos, formada pelo grupo C40 que foi presidido pelo prefeito Michael Bloomberg de Nova York e do qual participaram 59 prefeitos das maiores cidades do mundo, dentre as quais, São Paulo, Curitiba e Rio de Janeiro. O compromisso firmado entre esses representantes foi o de reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 12% até o ano de 2016, e em 1,3 bilhão de toneladas até 2030, informa página oficial *online* da Conferência das Nações Unidas.

Ademais, também foi firmado na Conferência Rio+20 o acordo anunciado pelo vice primeiro ministro do Reino Unido, Nick Clegg, para se construir o primeiro Banco de Investimentos Verdes (*Green Investment Bank*) no país, o qual possivelmente será também o primeiro do mundo.

No documento final da Conferência, denominado “O futuro que queremos”, os chefes de governo e de Estados, bem como os representantes que integraram a Rio+20, reafirmaram inúmeros compromissos e necessidades. Dentre estes, o compromisso com a promoção do desenvolvimento sustentável e a necessidade de alcançá-lo em todas as suas dimensões, o que inclui as esferas social, ambiental e econômica; o fortalecimento da cooperação internacional; e, a identificação da erradicação da pobreza, maior problema mundial enfrentado atualmente, como “um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável” (NACIONES UNIDAS, 2012, p. 1).

No que se refere ao auxílio aos países em desenvolvimento, o documento da Rio+20 propõe que sejam estabelecidas para 2014 estratégias de assistência que proporcionem a conservação e o manejo sustentável da pesca, de forma que benefícios possam ser gerados por essa atividade. Para tanto, enfatiza-se a necessidade de gerar maior acesso de mercado para os produtos da pesca provenientes dos países em desenvolvimento (NACIONES UNIDAS, 2012).

O documento final das NACIONES UNIDAS (2012) também reconhece a importância da mobilização de financiamento, seja público, privado, multilateral ou bilateral, para apoiar medidas de mitigação, de adaptação, de desenvolvimento e de transferência de tecnologias, bem como o aumento da capacitação nos países em desenvolvimento. Portanto, observa-se que o documento “El futuro que queremos” (NACIONES UNIDAS, 2012), semelhantemente ao relatório do PNUMA (2011) sobre economia verde, reconhece a existência dos problemas ambientais e climáticos atuais, bem como aponta as necessidades de apoio aos países em desenvolvimento, para a erradicação da pobreza, para a promoção do desenvolvimento sustentável, entre outros. Contudo, não apresenta ações explícitas a serem seguidas pelos países nem determina limites claros para que os objetivos sejam alcançados, o que pode ser visto como uma limitação relevante, já que isto cria dificuldades para monitorar os avanços dos países.

Para o diretor-executivo do PNUMA, Achim Steiner, a Rio+20 apesar de parecer não ter sinalizado uma nova trajetória a ser seguida pelos países, reafirmou itens fundamentais no que se refere aos direitos humanos, à economia verde e à forma como as nações progredirão sustentavelmente tendo como meta a erradicação da pobreza (GLOBO, 2012). A cautela dos países na elaboração do documento final da Conferência, ainda segundo Steiner, se deve à situação mundial enfrentada atualmente, onde a ação coletiva torna-se primordial para superar a crise global. Apesar disso, o documento final é “rico em termos de ações, iniciativas e programas, como o Energia Sustentável para Todos”, afirma Steiner.

Um fato elogiado pelo diretor-executivo foi o consenso entre os países, depois de 40 anos, de que o PNUMA tem que ser fortalecido por meio do envolvimento de todos os governos nas discussões e do aumento do orçamento proveniente das Nações Unidas (GLOBO, 2012). Isto porque, segundo Steiner, 97% do orçamento do PNUMA são provenientes de contribuições voluntárias.

Entretanto, para a Cúpula dos Povos, principal evento organizado pela sociedade civil, e ocorrido paralelamente à Rio+20, o documento final da Conferência foi um fracasso pois somente apresentou “falsas soluções” que são defendidas pelos responsáveis pela crise global (CÚPULA DOS POVOS, 2012).

### 3.5 Economia verde<sup>4</sup>

O conceito de economia verde surgiu no âmbito da Conferência Rio-92 e recentemente foi elaborado e difundido por meio de relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a saber, “Caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza – Síntese para Tomadores de Decisão”, publicado em 2011. Antes desse relatório, a UNEP lançou em 2008, em meio à crise econômica mundial, a “Iniciativa Economia Verde” onde se propunha a mobilização e reorientação da economia global para investimentos tanto em tecnologias limpas quanto em infraestrutura “natural”, visto serem estas, segundo a UNEP, as melhores formas de se conquistar o crescimento efetivo, a geração de um *boom* de empregos e o combate às mudanças climáticas (UNEP, 2008).

Por economia verde, tal como definido pelo PNUMA (2011, p. 2), se entende “a economia que resulta em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica”. Em termos mais gerais, a economia verde pode ser vista como eficiente no uso de recursos, socialmente inclusiva e de baixa emissão de carbono.

O conceito de economia verde, ainda que apresente grande similaridade com o de desenvolvimento sustentável, segundo o PNUMA (2011) não deve ser visto como um substituto ao desenvolvimento sustentável. A economia verde, contrariamente, pode ser entendida como uma forma da humanidade alcançar a sustentabilidade. Dito de forma sintética, os dois conceitos não são, portanto, excludentes, mas sim complementares.

---

<sup>4</sup> Esta seção, salvo algumas exceções referenciadas no texto, está baseada fundamentalmente em PNUMA (2011).



Além da crise do sistema econômico e financeiro a qual o mundo assistiu nos últimos anos, eclodiram ou aceleram-se outras crises, tais como a climática, a da biodiversidade, de alimentos, da água e do combustível. Para o PNUMA (2011), ainda que diversas sejam as causas de tais crises, há um fator comum entre elas, qual seja, o uso inadequado do capital. Isto porque nas duas últimas décadas muito se tem investido em combustíveis fósseis, pobreza e “bens financeiros estruturados com derivativos incorporados” (PNUMA, 2011, p.1), sendo por outro lado destinados poucos investimentos em energias renováveis, transporte público, eficiência energética, atividades agrícolas sustentáveis, proteção da biodiversidade e dos ecossistemas, e conservação das terras e águas.

A proposta do PNUMA (2011) com a economia verde, além do redirecionamento dos investimentos para atividades mais sustentáveis e que visem a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, bem como a conservação das terras e águas, é também desmistificar certos mitos presentes na análise econômica ambiental.

A primeira argumentação considerada como mito pelo PNUMA (2011) remonta à visão que se tornou expressiva na década de 1960 de que há uma troca inevitável entre crescimento econômico e preservação ambiental. Ainda que o PNUMA (2011) ressalte que novas “condições possibilitadoras”, tais como reformas políticas, medidas fiscais e reorientação de investimentos e gastos públicos em atividades que promovam o “esverdeamento” da economia, sejam necessárias para que o mundo transite de uma economia marrom para uma economia verde, o que por sua vez, requererá a ação imediata dos tomadores de decisão de todo o mundo, acredita sim ser possível a construção de uma economia que possibilite a promoção do crescimento econômico ao mesmo tempo em que preserva o meio ambiente.

Para corroborar tal argumentação, o PNUMA (2011) emprega um modelo macroeconômico para simular os impactos, tanto em termos de emprego, emissões de carbono, intensidade de uso dos recursos e ecológico, dos investimentos necessários para a promoção do “esverdeamento” da economia, comparativamente aos investimentos empregados no modelo das práticas atuais. A partir de tal modelagem, foi possível concluir que ainda que no curto prazo alguns postos de trabalho em certos setores possam ser perdidos, no longo prazo a economia verde promoveria o desenvolvimento econômico, o que implicaria em aumento do nível de empregos e da renda global. Aliado a isto, a economia verde também seria capaz de promover o aumento das reservas de recursos renováveis, a minimização dos riscos ambientais e regeneraria a capacidade de nossa geração deixar um mundo melhor para as gerações futuras.

A segunda argumentação passível de desmitificação consiste na desconfiança por parte dos países em desenvolvimento com relação à própria economia verde. De acordo com tal mito, além da economia verde ser um luxo ao qual apenas os países ricos podem sustentar, ela pode ser vista como uma imposição dos países desenvolvidos com o intuito de inibir o desenvolvimento e perpetuar a pobreza nos países em desenvolvimento. Para o PNUMA (2011), no entanto, contrariamente a tal visão, muitos são os exemplos de transição para uma economia verde que estão em curso nos mais diversos setores de distintos países em desenvolvimento e que merecem ser imitados, dentre estes, a reciclagem de resíduos no Brasil.

A despeito da classificação como um mito, um fator que dá suporte a tal argumentação ocorre quando a imposição de exigências ambientais e/ou fitossanitárias, por parte dos países desenvolvidos, implica numa barreira ao comércio entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento (SOUZA; MIRANDA, 2012). Dito de outra forma, a real intenção desta política de crescentes exigências, sejam elas de natureza ambiental ou fitossanitária, se torna duvidosa e pode implicar em entraves ao comércio internacional.

Tal como brevemente supracitado, o modelo macroeconômico empregado pelo PNUMA (2011) objetiva demonstrar os benefícios econômicos, ambientais e sociais que podem ser alcançados através da transição para uma economia verde. O modelo compara o impacto sobre as variáveis macroeconômicas, gerado pelo investimento de 2% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial anual, entre os anos de 2010 e 2050, tanto num cenário de economia verde quanto no das práticas atuais. Os investimentos destinados à economia verde equivalem a cerca de US\$ 1,3 trilhão por ano, sendo que a distribuição entre os distintos setores da economia não é proporcional. Para os setores, tais como o de construção civil, industrial e de transporte, para os quais o maior objetivo do PNUMA (2011) é a elevação da eficiência energética, assim como também no setor energético em que se almeja o desenvolvimento de fontes renováveis de energia, por exemplo, são alocadas mais da metade dos investimentos verdes. Os investimentos remanescentes são destinados aos setores onde se prioriza uma melhor gestão de resíduos, infraestrutura de transporte público ou ainda em setores, tais como o agrícola, o pesqueiro, o florestal e o de abastecimento de água, baseados no capital natural.

Os resultados em termos da taxa de crescimento anual do PIB gerados pelo modelo podem ser visualizados na Figura 2. Nesta, é possível depreender que, ainda que nos cinco primeiros anos a taxa de crescimento anual do PIB num cenário de investimentos verdes seja igual ou menor do que aquela gerada ao se considerar o modelo de práticas atuais, a partir

do ano de 2016 tais taxas se igualam e o cenário de investimentos verdes passa a apresentar melhores resultados para crescimento do PIB do que no modelo de práticas atuais.

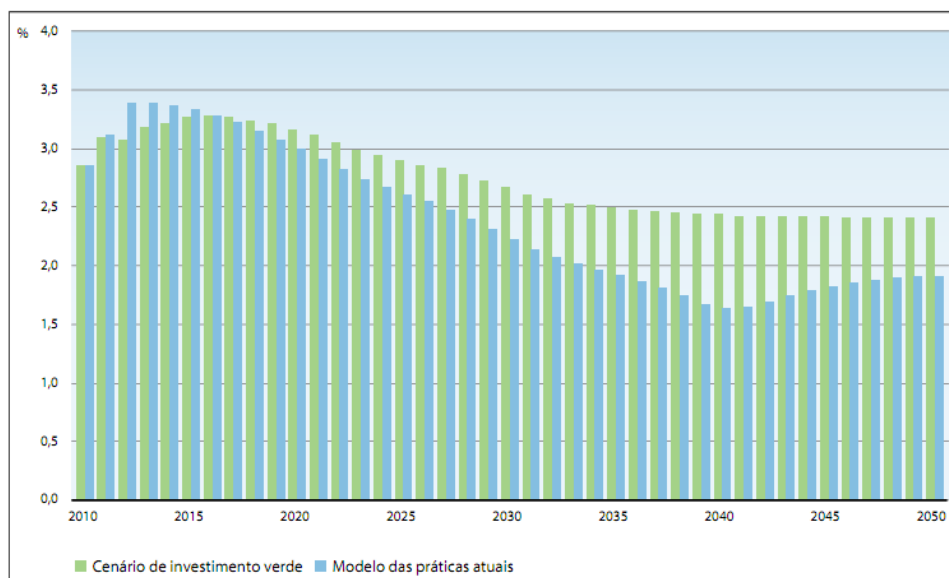


Figura 2 - Tendências previstas na taxa de crescimento anual do PIB (em %) ao se comparar o cenário de investimento verde com o do modelo das práticas atuais (2010-2050)

Fonte: PNUMA (2011, p.24).

Além da possibilidade do mundo atingir maiores taxas anuais de crescimento do PIB num cenário de investimentos direcionados ao “esverdeamento” da economia, tal crescimento econômico ocorreria conjuntamente a um aumento da disponibilidade dos recursos renováveis e dissociação dos impactos ambientais. Esta afirmação é corroborada pelas observações das variáveis área florestal e pegada ambiental/biocapacidade apresentadas na Figura 3. A variável pegada ambiental consiste na mensuração, em hectares, do quanto de área produtiva (terra e/ou mar) um indivíduo, país ou mundo como um todo, necessita para, em média, se sustentar dado seu atual padrão de consumo. Dito de outra forma, a necessidade de sustento inclui a extensão territorial requerida para que possam ser produzidos os bens e serviços demandados pelas sociedades.

Conforme se pode observar na Figura 3, ainda que as diferenças nas projeções das variáveis analisadas ao se comparar os cenários de investimentos nos modelos verde e das práticas atuais não sejam tão expressivas no curto prazo, a saber, até o ano de 2015, avanços significativos na área ambiental podem ser obtidos até o ano de 2050. Exemplo disto é a diferença observada nas variáveis demanda energética e pegada ambiental/biocapacidade até o ano de 2050, cujos valores projetados são, respectivamente, - 40% e - 48%. Ou seja, tais

projeções indicam que com o direcionamento dos investimentos para uma economia verde, até o ano de 2050 se terá uma demanda energética e pegada ambiental/biocapacidade 40% e 48%, respectivamente, menores do que se teria com o modelo produtivo atualmente vigente.

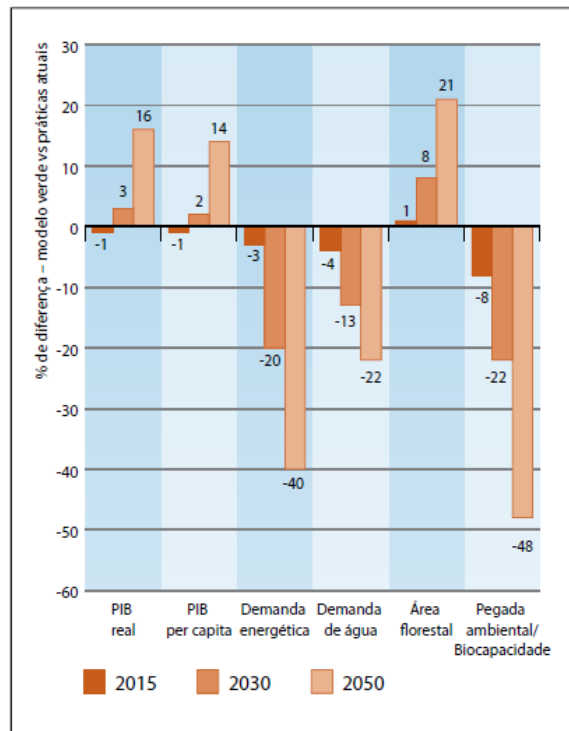


Figura 3 - Comparação dos efeitos diferenciais entre o cenário de investimento verde e o modelo atual (economia marrom) sobre variáveis selecionadas (em %)

Fonte: PNUMA (2011, p.24).

Portanto, em termos gerais, pela análise das Figuras 2 e 3 projetadas por meio de modelagem proposta pelo PNUMA (2011), conclui-se que seja possível elevar o crescimento econômico, neste caso medido pela taxa de crescimento do PIB, e reduzir a degradação ambiental. Apesar da importância de tais resultados nada é possível inferir sobre a redução das desigualdades sociais, ainda que, é claro, uma melhora neste aspecto possa vir a ser uma consequência do aumento na taxa de crescimento do PIB e da menor degradação ambiental.

Ainda que seja importante a participação das sociedades em conjunto, o que envolve as esferas pública, privada e individual, para o PNUMA (2011) o governo nacional figura como elemento central para a transição de uma economia marrom para uma economia verde. Isto porque o governo nacional tem as ferramentas necessárias para a criação de “condições possibilitadoras” para que se promova o “esverdeamento” da economia. Estas

condições incluem: a instituição de normas de regulamentação rígidas; a priorização tanto de investimentos quanto de gastos públicos em áreas que incentivem a transição dos setores econômicos para uma economia verde; a redução de gastos em atividades que resultam no esgotamento do capital natural; a utilização de impostos e instrumentos de mercado que sejam capazes de mudar as preferências dos consumidores e que incentivem os investimentos verdes e a inovação; o investimento em educação, treinamento e capacitação; e, por fim, o fortalecimento da governança internacional.

Considerando-se que para o mercado muitas vezes é melhor trabalhar com normas claras, bem definidas e eficazes, a instituição de normas de regulamentação, além de poder criar incentivos que promovam o “esverdeamento” da economia, podem remover as barreiras aos investimentos verdes, reduzir os riscos regulamentares e empresariais, aumentar a confiança tanto dos investidores quanto do mercado e incentivar a criação de novos padrões técnicos de produção. Ao contrário de muitos instrumentos de mercado, a instituição de normas de regulamentação, entretanto, dificilmente é capaz de promover ações e melhorias que alcancem avanços além dos níveis exigidos pelas normas. O estabelecimento de instituições fortes também é ressaltado como importante visto que as normas podem não ser cumpridas quando as instituições que as regulam são fracas.

As medidas de comando e controle também podem ser utilizadas já que, em alguns casos, oferecem soluções a um menor custo. No curto prazo o estabelecimento de normas regulatórias de eficiência energética e de medidas que reduzam as barreiras no processo de planejamento e implementação de projetos de energia renovável pode ser mais simples do que a criação de um mercado de carbono e a eliminação dos subsídios dados aos combustíveis fósseis. Os governos, por sua vez, através de compras públicas sustentáveis, podem criar demanda no longo prazo para os serviços e produtos verdes, bem como incentivar as empresas a promoverem investimentos em inovação e os produtores a reduzirem custos por meio de economias de escala. As compras públicas de bens e serviços verdes também fariam com que a comercialização destes se elevasse, incentivando assim o consumo sustentável.

A destinação dos investimentos e gastos públicos em áreas que promovam a atividade econômica verde pode ser priorizada por meio de subsídios verdes, incentivos fiscais, subvenções diretas e suporte para investimentos. Essas medidas podem ser úteis para evitar a perda de capital natural, promover a realização de infraestrutura e tecnologia verde, estimular as indústrias emergentes verdes e mobilizar os investimentos privados em atividades verdes.

Além do uso de tarifas, para incentivar o desenvolvimento de tecnologias de energias renováveis os governos estão usando a “medição líquida”, prática comum nos EUA e que também foi adotada no México e na Tailândia. O sistema de medição líquida consiste na concessão de crédito nas contas de energia dos consumidores que utilizam equipamentos domésticos que fornecem à rede de eletricidade nacional uma quantidade de energia maior do que a retirada da rede pelos consumidores. Os créditos são fornecidos nas futuras contas de energia elétrica e são equivalentes à diferença entre a energia fornecida e a retirada da rede elétrica. Ainda com relação aos incentivos ao uso de energias renováveis em pequena escala, diversos governos municipais da Índia estão concedendo descontos no imposto predial para os moradores que utilizam aquecedores solares de água.

Apesar de importantes, principalmente na fase inicial do processo de transição para uma economia verde, as despesas públicas não devem ocorrer num período de tempo muito longo. Isto porque de acordo com pesquisas sobre energias renováveis da Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês), “onde os países têm a finalidade de estimular o investimento privado em um setor, é importante que o suporte seja estável e previsível, dando segurança aos investidores, e que diminua com o passar do tempo de forma a motivar a inovação” (PNUMA, 2011, p. 29).

Justamente por incentivarem o consumo e a produção de bens e serviços específicos, os subsídios, entretanto, incentivam a ineficiência, o desperdício e o uso excessivo, o que conseqüentemente pode acarretar no esgotamento dos recursos naturais e degradação de ecossistemas. Daí a necessidade dos governos nacionais limitarem os gastos públicos em atividades que resultem na escassez de recursos naturais. Há um consenso de que os subsídios mundiais ao consumo (estimados em US\$ 557 bilhões) e à produção de combustíveis fósseis (estes proporcionaram um adicional de US\$ 100 bilhões à produção) desestimulam o desenvolvimento de tecnologias de energias renováveis.

A justificativa para a criação dos subsídios, segundo os governos, é a geração de benefícios às famílias de baixa renda mas quando os subsídios não são direcionados especificamente a estas, elas se beneficiam de apenas uma parte. No entanto, dado que a maior parte dos gastos das famílias de baixa renda é com produtos básicos, os preços destes podem ser afetados desproporcionalmente quando se reduzem os subsídios implícitos nesses próprios preços em favor de sua destinação a outras mercadorias. Portanto, as famílias de baixa renda nem sempre são as mais beneficiadas por certas políticas de concessão de subsídios.

Na Indonésia, Gabão e Gana a reforma dos subsídios foi acompanhada, respectivamente, de políticas de transferência de fundos às famílias carentes, microfinanciamento às mulheres desfavorecidas das zonas rurais e, programas de serviços básicos. Neste último, com a reforma dos subsídios fornecidos aos combustíveis, o governo de Gana eliminou as taxas cobradas para se frequentar as escolas primárias e secundárias e destinou maiores recursos aos programas primários de saúde oferecidos nas regiões mais pobres do país.

Baseado em tais exemplos, o PNUMA (2011) enfatiza a necessidade da reforma dos subsídios ser acompanhada de políticas de subsídio ao consumo de famílias carentes, ou da destinação de fundos para áreas governamentais prioritárias, como saúde e educação.

Além da eliminação de subsídios em atividades que esgotam o capital natural, os governos também podem utilizar-se de impostos corretivos, encargos ou tributos e de instrumentos de mercado, como os regimes de autorização negociáveis, para estimular os investimentos verdes, a inovação e mudar as preferências dos consumidores. De forma similar à eliminação dos subsídios, os impostos podem oferecer incentivos para a redução das emissões de gases de efeito estufa, para o uso eficiente dos recursos naturais, para a inovação, bem como são capazes de motivar as empresas a utilizarem métodos produtivos mais limpos.

Os impostos ambientais são utilizados para estabelecer um preço para a poluição e para o uso de recursos naturais escassos e, também para estimular a geração de empregos por meio da redução de impostos e contribuições, o que consequentemente, contribui para a redução nos custos do trabalho. Os impostos ambientais basicamente podem ser classificados em duas categorias: os que obedecem ao lema de “quem polui paga”, ou seja, os impostos são pagos por produtores ou consumidores no momento em que a poluição é emitida; e, os impostos que “o usuário paga”, sendo estes geralmente imputados sobre a extração ou uso de recursos naturais.

Segundo estudo da Organização Internacional do Trabalho (OIT):

a imposição de um preço sobre as emissões de carbono e o uso da renda para redução de custos trabalhistas através da redução de contribuições previdenciárias criaria 14,3 milhões de novos postos de trabalho durante um período de cinco anos, o que equivale a um aumento de 0,5% de empregos no mundo (apud PNUMA, 2011, p. 31).

Outras ferramentas que podem ser utilizadas pelos governos para alcançar os mesmos objetivos almejados através da imposição de impostos ambientais, são os planos de

licenças negociáveis. Diferentemente do caso dos impostos, que impõem um preço sobre a poluição e deixam o mercado definir o nível de poluição a ser emitido, as licenças negociáveis determinam primeiramente o nível de poluição permitido e posteriormente permitem ao mercado definir o preço.

A instituição pelo mercado de pagamentos de planos de serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono, é outra medida que pode influenciar o uso da terra e contribuir para a transição para uma economia verde.

Além das “condições possibilitadoras” supracitadas também se enfatiza a necessidade de investimentos em capacitação, treinamento e educação para que assim seja possível aos governos aproveitarem as oportunidades econômicas advindas do “esverdeamento” da economia. Ademais, a transição para uma economia verde requererá o fortalecimento dos governos no que se refere à sua capacidade em mobilizar recursos, implementar medidas e políticas que possibilitem essa transição, avaliar os resultados dos progressos até então alcançados, o que em contrapartida demandará o desenvolvimento de indicadores, coleta de dados e avaliação de projetos; entre outros.

Os investimentos em capacitação, treinamento e educação também serão importantes e necessários na qualificação dos trabalhadores de setores afetados pela transição para uma economia verde, como o pesqueiro. Na Alemanha faltam trabalhadores qualificados nas indústrias de energia renovável e nos setores hídricos, de biomassa e biogás.

Dadas suas experiências ao longo dos anos, as organizações intergovernamentais, como as Nações Unidas, as instituições financeiras, o setor privado, as organizações não governamentais etc., serão importantes na criação das capacidades nacionais, dos programas de treinamento e capacitação e condução destes. Ademais, as instituições e organizações supracitadas também serão cruciais para a prestação de assistência técnica aos países em desenvolvimento. Além dessa assistência aos países, é importante também a cooperação sul-sul para o aumento do fluxo de informações e a geração de tecnologias e competências com custos menores.

Por fim, segundo o PNUMA (2011), a última “condição possibilitadora” para a transição para uma economia verde, refere-se ao fortalecimento da governança internacional. Através, por exemplo, de acordos ambientais internacionais, como os acordos ambientais multilaterais (MEAs da sigla em inglês), do papel ativo dos governos nas negociações e conferências sobre as questões ambientais e a liberalização do comércio de bens e serviços ambientais não só a governança internacional será fortalecida como também o “esverdeamento” da economia será incentivado.



No que se refere à liberalização do comércio de bens e serviços ambientais, de acordo com estudo do Banco Mundial (apud PNUMA, 2011), com a liberalização o volume de comércio dessas mercadorias poderia se intensificar em 7-13%. Ademais, com a liberalização do comércio agrícola via redução dos subsídios em alguns países desenvolvidos, vislumbra-se a oportunidade de estimular uma produção agrícola mais eficiente e sustentável nos países em desenvolvimento. Estes, entretanto, devem receber a capacitação necessária para que assim possam obter o maior benefício possível, em termos ambientais e econômicos, da liberalização do comércio.

A economia verde, entretanto, não está isenta de críticas, tal como também aconteceu com o conceito de desenvolvimento sustentável. Neste aspecto, Sawyer (2011) mostra-se bastante cético quanto ao uso do conceito de economia verde no lugar do desenvolvimento sustentável. Para o autor, diferentemente do desenvolvimento sustentável que, ao enfatizar o atendimento tanto das necessidades da geração presente quanto da futura, envolve uma ideia de “equidade intra e intergeracional”, é um conceito sistêmico; a economia verde, por outro lado, poderá “não passar do acréscimo superficial de alguns setores ou camada adicionais” (SAWYER, 2011, p.37) ou ainda se tornar facilmente uma simples “lavagem verde cosmética (*greenwashing*)” (SAWYER, 2011, p. 37). Tal percepção do autor, um tanto pessimista, consiste no fato de que a economia verde poderá se restringir à realização de atividades e/ou projetos verdes que atualmente ocupam lugar central nos debates econômicos. Estas atividades ou projetos incluem, por exemplo, os moinhos eólicos, a construção de pousadas eco turísticas nas selvas, de painéis fotovoltaicos e hortas orgânicas, e afastam o que deveria ser o foco principal de discussão, a saber, os padrões insustentáveis tanto de produção quanto de consumo.

A troca do substantivo desenvolvimento por economia, de acordo com Sawyer (2011), esconde interesses econômicos, podendo ser vista como uma forma de dar maior poder para os economistas e priorizar instrumentos econômicos ao invés de medidas de regulação estatal. Como exemplo, o autor cita a mudança conceitual de natureza para “capital natural”. Em consonância com tais críticas, Sawyer (2011, p. 37) ressalta que não é possível “evitar o cálculo de custos e benefícios e a realidade do mundo financeiro, mas também nem tudo na sociedade, na população e na natureza são bens ou serviços. Não há mercado de seres humanos, culturas, direitos, saúde, flora, fauna ou funções ecológicas”.

A despeito das críticas às quais a economia verde está sujeita, principalmente no que tange a ela parecer apenas um novo nome para ideias já conhecidas desde o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, e simplesmente tentar criar mercado

para os bens ambientais, como enfatiza Minc (2012, p. 7) “elegê-la como grande vilã é um equívoco. Considerá-la a salvação do planeta, outro”.

### **3.6 Conceito de *decoupling* do uso dos recursos naturais e do impacto ambiental**

A despeito da eclosão de grandes conflitos armados, tais como a Primeira e Segunda Grandes Guerras, o século XX foi também marcado por grandes transformações, inovações e desenvolvimento das cidades. No setor eletrônico, por exemplo, neste período foram inventados o telefone, o computador, a televisão, o rádio, entre outros. Além disso, houve a invenção da lâmpada, do automóvel, do avião e o desenvolvimento dos fertilizantes, propiciando assim um maior aproveitamento da produção agrícola. Concomitantemente a tais avanços, no entanto, via aumento do consumo, intensificou-se, por exemplo, a extração de recursos naturais e o nível de poluição das cidades, atingindo números tão preocupantes que temas, até então não tão presentes no cotidiano mundial, tais como os referentes à alteração climática no mundo, degradação ambiental, perda de biodiversidade, escassez da água e desmatamento passaram a ser destaque tanto no meio acadêmico quanto na pauta de discussões dos governos. Ainda, com o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, novas políticas passaram a ser consideradas primordiais para o futuro do mundo. Na Figura 4, é perceptível a elevação na extração dos recursos naturais desde o começo do século XX.

A despeito da urgência e necessidade de redução nos níveis globais de extração de recursos naturais e de degradações ambientais, com vistas a uma economia sustentável, a busca pelo bem estar e equidade social também deve ser uma prioridade a ser seguida pelos países. Para alcançar o desafio de conciliação entre crescimento econômico, bem estar social e redução da degradação ambiental decorrente de atividades antrópicas, a UNEP (2011) propõe o conceito de “*decoupling*”, um dos pilares da economia verde.

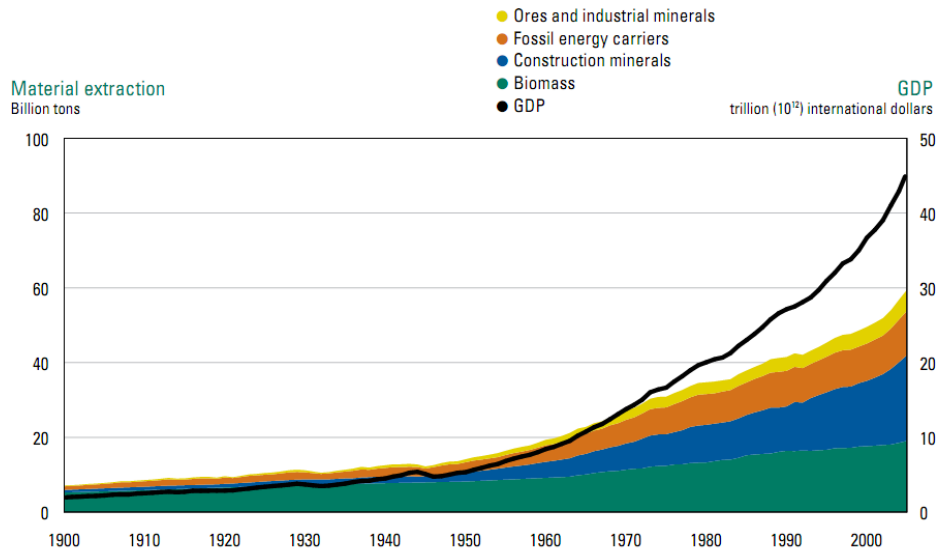


Figura 4 - Extração mundial de materiais em bilhões de toneladas (1900 – 2005)

Fonte: UNEP, 2011.

A economia verde, tal como apresentado, tem como objetivo a promoção do bem estar humano e social sem, no entanto, provocar ou intensificar os riscos ambientais, o que, por sua vez, implica considerá-la como socialmente inclusiva, eficiente no uso dos recursos e tendo como premissa a baixa emissão de carbono. Uma das bases, no entanto, para que as sociedades transitem de uma “economia marrom” tal como a atual, baseada no crescimento econômico e na degradação ambiental, para uma “economia verde”, reside no conceito de *decoupling* (desacoplamento/dissociação) do uso dos recursos naturais e do impacto ambiental.

O termo *decoupling*, apesar de ser empregado em outras ciências, tais como a Física e a Química, e na própria Economia poder ter uma interpretação distinta da que se denota nesta pesquisa, no contexto apresentado pela UNEP (2011) ele é entendido como a dissociação entre a melhora da qualidade de vida das sociedades ou o crescimento econômico e a intensidade de uso dos recursos naturais e/ou geração de impactos ambientais. De acordo com documento da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE – Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD, 2002, p. 4), “*the term decoupling refers to breaking the link between ‘environmental bads’ and ‘economic goods’*”. Ademais, promover a dissociação entre o crescimento econômico e as pressões ambientais foi um dos cinco objetivos, firmados entre os ministros do meio ambiente da OECD, em reunião

do Conselho Ministerial da própria instituição, em 2001, para uma nova estratégia ambiental a ser adotada na primeira década do século 21, tal como consta em relatório da OECD (2001).

Em termos mais gerais, o *decoupling* consiste na redução da quantidade dos recursos utilizados na produção econômica e redução dos impactos gerados por tal utilização e decorrentes da própria atividade produtiva. Quando a taxa de crescimento da pressão ambiental exercida por determinada atividade antrópica (*environmental pressure*) for menor, em um dado período do tempo, do que o resultado produtivo que gerou tal pressão ambiental (*economic driving force*), tal como o PIB produzido pelo sistema econômico, pode-se afirmar que o *decoupling* está ocorrendo (OECD, 2002). Para a mensuração de determinados indicadores de *decoupling*, pode-se utilizar como variável econômica (*economic driving force*) o crescimento da população ou ainda, alguma outra variável.

O conceito de *decoupling* no que se refere à busca pelo desenvolvimento sustentável apresenta dois aspectos básicos, a saber, dissociação do uso dos recursos (*resource decoupling*) e a dissociação do impacto ambiental (*impact decoupling*). Na Figura 5 são demonstrados graficamente tais aspectos. Por dissociação do uso dos recursos (*resource decoupling*) entende-se a redução da taxa de uso dos recursos primários por unidade de produto gerado, ou seja, consiste no aumento de eficiência do uso dos recursos (UNEP, 2011). Através da maior eficiência no uso dos recursos torna-se possível conjugar o aumento da atividade econômica com uma taxa menor de uso dos recursos, tal como demonstrado na Figura 5, onde o crescimento da atividade econômica é medido pelo Produto Interno Bruto (GDP da sigla em inglês). Como resultados do *decoupling*, além da redução do impacto ambiental e da melhora do uso dos recursos naturais, observa-se também ao longo do tempo uma elevação do bem estar social, como ilustrado pela Figura 5.

De acordo a UNEP (2011), a mensuração da dissociação do uso dos recursos, ainda que sujeita a equívocos, pode ser expressa tanto para uma economia nacional ou um dado setor econômico, quanto para um determinado processo produtivo ou cadeia produtiva. Para seu cálculo divide-se o montante produzido pelo valor agregado de uso dos recursos, por exemplo, no caso da análise de uma economia nacional pode-se dividir o PIB pelo consumo interno de materiais. Se o resultado de tal cálculo se elevar ao longo do tempo, significa que a produtividade do uso dos recursos está aumentando. Ademais, outra maneira de se mensurar a dissociação do uso dos recursos é por meio da comparação do gradiente de produção econômica ao longo do tempo com o gradiente de insumos provenientes de recursos naturais. A dissociação do uso dos recursos ocorrerá quando o gradiente de insumos for menor do que o gradiente de produção econômica (UNEP, 2011).

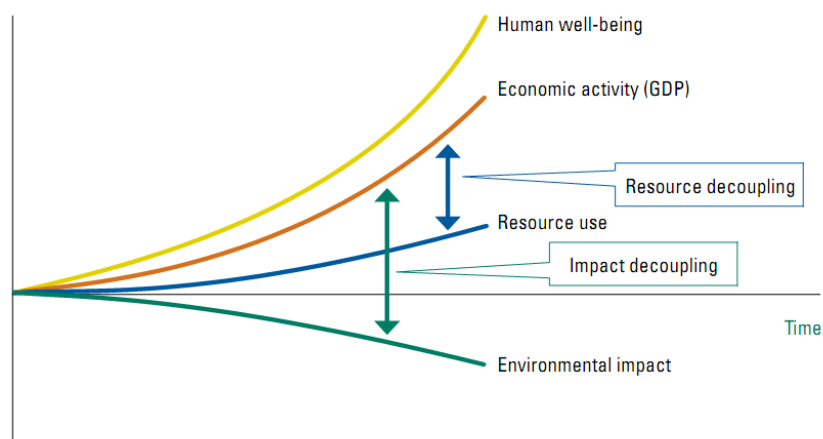


Figura 5 - Aspectos do *decoupling* aplicados ao desenvolvimento sustentável

Fonte: UNEP, 2011.

A dissociação do impacto ambiental, por sua vez, tal como definido pela UNEP (2011), consiste no aumento da produção econômica, reduzindo-se concomitantemente os impactos ambientais negativos gerados ao meio ambiente. Essa dissociação pode ser visualizada também na Figura 5, onde o crescimento da atividade econômica está representado pelo PIB. Os impactos ambientais gerados pela atividade econômica podem ser decorrentes da própria extração dos recursos, como por exemplo, contaminação das águas subterrâneas geradas pela mineração ou agricultura; da produção via degradação dos solos, emissões de gases poluentes e geração de resíduos; do transporte, por meio da emissão de gases poluentes e, por fim, da fase pós-consumo, onde os impactos podem ser decorrentes tanto da emissão de poluentes quanto da geração de resíduos (UNEP, 2011). Quanto à geração de resíduos pós-consumo, um dos exemplos pouco estudados mas que gera grande quantidade de resíduos e de impactos é o do caso dos automóveis. Além da geração de resíduos líquidos contaminantes ao solo, tais como restos de combustível, óleo do motor de câmbio e óleo dos amortecedores, os automóveis geram uma grande quantidade de sucata de ferro e de plástico ao fim de sua vida útil (SOUZA, 2010).

De acordo com a UNEP (2011), metodologicamente o impacto ambiental gerado pela atividade antrópica pode ser estimado realizando-se a Análise do Ciclo de Vida do produto (ACV) conjuntamente com as várias técnicas de insumo-produto. Por ACV, modelo de gestão ambiental construído no início dos anos 90 nos EUA, entende-se a consideração de todos impactos negativos gerados ao longo de toda a cadeia produtiva de um determinado produto. Por conseguinte, inclui a análise desde a extração da matéria prima

necessária à produção, etapa esta que pode ser vista como o “berço”, o processo produtivo, embalagem, transporte, consumo até a decretação do fim de vida útil do produto, o que de certa forma representa o “túmulo” do mesmo. Dado que a ACV se baseia na consideração de todas as etapas pelas quais os produtos passam, ela também pode ser considerada como uma análise do “berço ao túmulo” (“*cradle to grave*”) (NASCIMENTO; LEMOS; MELLO, 2008; MEDINA; GOMES, 2003) ou ainda, uma análise do “berço ao berço” (“*cradle to cradle*”), conceito este desenvolvido por McDonough e Braungart (2002). A análise do “berço ao berço” compreende o projeto não só dos produtos mas também de todos os processos produtivos pelos quais estes passam de forma que ao final do ciclo de vida, ou seja, quando os produtos forem descartados, seja possível a utilização de todas as suas partes em novos processos produtivos. Essa análise abrange conceitos como reciclagem e logística reversa.

Além da classificação do *decoupling* em seus dois aspectos, a saber, *decoupling* do uso dos recursos naturais e *decoupling* do impacto ambiental, uma distinção no que se refere ao conceito de *decoupling* também pode ser feita quanto ao nível de dissociação atingido. A partir disto, portanto, têm-se os conceitos de *decoupling* relativo e *decoupling* absoluto. De acordo com definição da OECD (2002), o *decoupling* absoluto ocorre quando a variável ambiental analisada é estável ou decrescente e a variável econômica empregada como medida do *economic driving force* é crescente. Já o *decoupling* relativo, por outro lado, ocorrerá quando a taxa de crescimento da variável ambiental analisada for positiva mas menor do que a taxa de crescimento da variável econômica (OECD, 2002)<sup>5</sup>.

Em termos ambientais, a ocorrência do *decoupling* absoluto, apesar de menos frequente se comparada ao *decoupling* relativo, é a mais importante já que indica que a atividade produtiva está conseguindo crescer utilizando para isto menos recursos naturais e/ou gerando menor impacto ambiental do que no período anterior de análise. Da mesma maneira, em termos econômicos, dada a crescente conscientização e preferência da população por bens menos degradantes ao meio ambiente e o fato de que utilizando menos recursos naturais e gerando menor impacto ambiental, as empresas possam incorrer em menores custos, a ocorrência do *decoupling* absoluto mostra-se também mais importante do que a do *decoupling* relativo.

A redução do impacto ambiental provocado pela atividade antrópica, no que se refere ao uso dos recursos naturais, de acordo com UNEP (2011), pode ser conseguida

---

<sup>5</sup> “Absolute decoupling is said to occur when the environmentally relevant variable is stable or decreasing while the economic driving force is growing. Decoupling is said to be relative when the growth rate of the environmentally relevant variable is positive, but less than the growth rate of the economic variable” (OECD, 2002, p. 4).

basicamente por meio de duas estratégias: (i) substituição dos recursos mais prejudiciais ao meio ambiente por aqueles considerados menos prejudiciais, ou ainda alterando a quantidade em que esses dois recursos são empregados; e (ii) utilização de recursos de uma maneira mais benéfica em termos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos.

A primeira estratégia apresentada pela UNEP (2011), ainda que seja claramente efetiva em termos de redução do impacto ambiental gerado pelo uso dos recursos, está, entretanto, sujeita a limitações. Um exemplo de substituição de recursos que traria evidente redução no impacto ambiental, principalmente nos níveis de poluição, seria a substituição do petróleo e/ou etanol por energia solar como combustível para os autoveículos (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) e motocicletas. Ainda que os recursos naturais possam ser melhor aproveitados, de forma, por exemplo, a reduzir desperdícios, há recursos que, em determinadas atividades produtivas, simplesmente não são passíveis de serem substituídos, e dentre estes a água. Além disto, nem sempre é fácil maximizar a quantidade de recursos diversos utilizados e isto porque recursos como terra, água doce e energia são empregados, nas mais diversas quantidades e qualidade, em praticamente todas as atividades econômicas (UNEP, 2011).

Por outro lado, o uso dos recursos ambientais de forma mais eficiente e inteligente em todo seu ciclo de vida, segundo a UNEP (2011), é uma importante estratégia a ser considerada quando da elaboração e implementação de políticas ambientais.

### **3.7 O Brasil diante da economia verde e do *decoupling***

#### **3.7.1 O meio ambiente e a atividade agropecuária**

Além dos desafios aos quais todos os países do mundo estão sujeitos, tais como alimentar uma população em crescimento, manter a qualidade de vida e promover preservação ambiental, por ser um grande produtor e exportador de bens agropecuários e bens intensivos em recursos naturais, o Brasil tem desafios a enfrentar da mesma magnitude que suas potencialidades para promover o “esverdeamento” da economia, conforme ressaltam Gaetani, Kuhn e Rosemberg (2011). Isto porque apesar do Brasil ser reconhecido mundialmente como uma potência ambiental e promover diálogos sobre as questões ambientais com os mais diversos países do globo, o que, portanto, coloca o país numa posição privilegiada para a

transição para uma economia verde, ele é, contudo, um grande emissor de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (GAETANI, KUHN E ROSEMBERG, 2011).

O Brasil, além de detentor de grande extensão territorial, a saber, o maior país da América Latina e quinto maior do mundo, possui uma ampla diversidade climática, topográfica, florística, faunística e hídrica, o que, em contrapartida, lhe permite a produção das mais diversas culturas agrícolas. Assim, dadas tais especificidades, o Brasil possui grande destaque internacional na atividade agropecuária, sendo que também pode ser considerado como um país estratégico diante do desafio de se produzir cada vez mais alimentos para uma população mundial crescente. Neste aspecto, vale ressaltar que a expansão das fronteiras agropecuárias terá, no entanto, que respeitar as exigências ambientais.

As atividades agrícola e pecuária, de acordo com dados apresentados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (CEPEA/ESALQ-USP), no ano de 2011 corresponderam, respectivamente, à 15,42% e 6,73% do PIB total anual brasileiro. Informações estas que conjuntamente, conferem ao agronegócio brasileiro uma participação de 22,15% no PIB anual total daquele ano.

A despeito da importância econômica da atividade agropecuária, é esta a maior responsável pelas emissões no Brasil de alguns dos gases de efeito estufa, tais como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). As emissões de gases de efeito estufa pela atividade agropecuária, segundo dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2010), são resultantes de diversos processos, dentre os quais: fermentação entérica, manejo de dejetos animais, cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas e emissões de óxido nitroso provenientes de solos agrícolas.

A fermentação entérica corresponde à etapa de digestão (eructação) de animais herbívoros ruminantes o que, no caso brasileiro, é em grande parte proveniente do rebanho bovino, o segundo maior do mundo. O manejo de dejetos animais, ou seja, a decomposição anaeróbica dos mesmos pode provocar a emissão de metano e óxido nitroso. O cultivo do arroz pode implicar em significativa emissão de metano quando realizado em campos inundados ou ainda em áreas de várzea e isto em decorrência da “decomposição anaeróbica de matéria orgânica presente na água” (MCT, 2010, p.137). Essa decomposição, entretanto, não ocorre quanto o arroz é cultivado em terras altas (arroz de sequeiro).

Diferentemente do que se observa em termos globais onde o cultivo do arroz de sequeiro corresponde a apenas 15% do total das áreas cultivadas, no Brasil esse tipo de cultivo responde pela maior parte da área cultivada, a saber, 63% em 2005, o que



correspondeu a 3.916 mil hectares (MCT, 2010). Como consequência, a emissão de metano proveniente do cultivo de arroz irrigado, principal fonte de emissão desse gás no mundo, não é tão expressiva se comparada ao total de emissões de gases de efeito estufa pela atividade agropecuária brasileira.

No Brasil, apesar de ocupar uma área de cultivo menor do que a do arroz de sequeiro, a saber, 1,4 mil de hectares contra 3.916 mil hectares no ano de 2005, o arroz irrigado é responsável pela maior parte da produção total do país (MCT, 2010).

A queima de resíduos agrícolas pode implicar na emissão dos seguintes gases: metano, óxido nitroso, e de gases de efeito estufa indireto, como óxido de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), monóxido de carbono (CO) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC). Dado que a queima de resíduos da cultura de algodão foi praticamente suspensa no ano de 1995, a queima da cana-de-açúcar constitui-se numa das maiores fontes de emissão de gases do efeito estufa indireto no Brasil. Por fim, tem-se as emissões de óxido nitroso provenientes de solos agrícolas, cuja principal fonte de emissão resulta do uso de fertilizantes nitrogenados de origem sintética e animal e da deposição de dejetos animais em solos de pastagem (MCT, 2010).

No ano de 2005, a agropecuária contribuiu com, respectivamente, 71% e 87% do total de emissões de metano e óxido nitroso do país. Dentre os 71% de emissões de metano pela agropecuária, ainda de acordo com a fonte supracitada, 90% destas foram provenientes da fermentação entérica. As demais emissões de metano pela atividade agropecuária foram provenientes do arroz irrigado, do manejo de dejetos de animais e da queima de resíduos agrícolas, principalmente da cana-de-açúcar (MCT, 2010). Através da Figura 6, é possível observar tais dados. No que se refere às emissões de óxido nitroso pela atividade agropecuária que, entre os anos de 1990 e 2005, tiveram um crescimento de 43%, a deposição de dejetos animais e, de forma menos expressiva, do uso de fertilizantes em solos agrícolas são as fontes de tais emissões, conforme se constata pela Figura 7 (MCT, 2010).

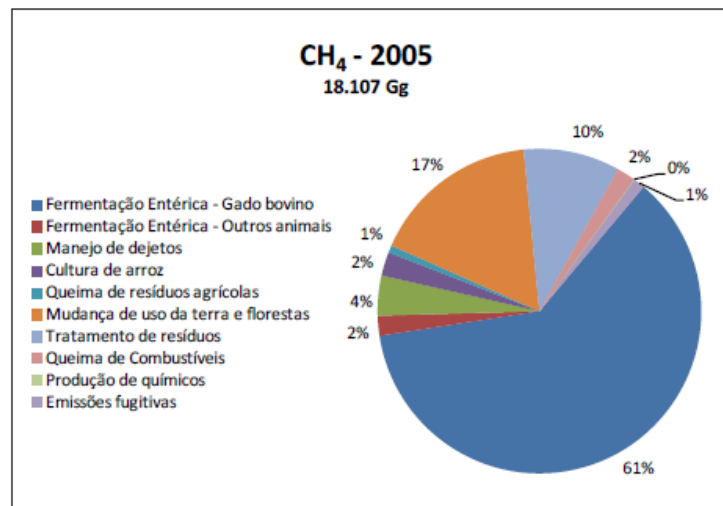


Figura 6 - Emissões de metano (CH<sub>4</sub>) no Brasil, por setor, no ano de 2005

Fonte: MCT, 2010.

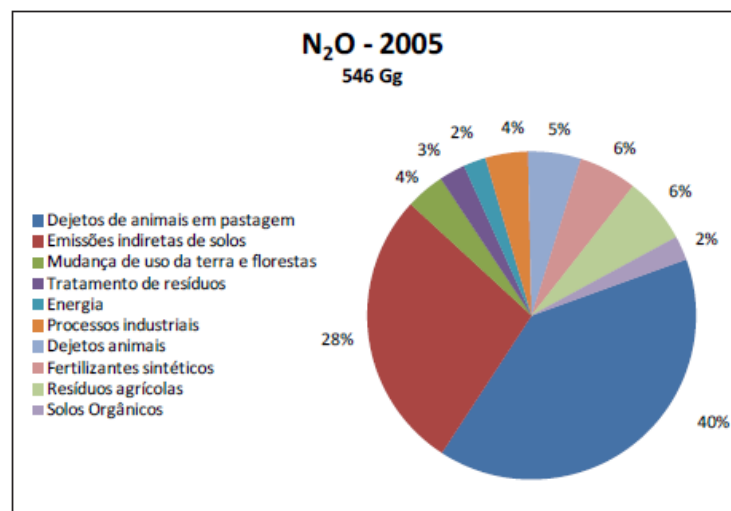


Figura 7 - Emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) no Brasil, por setor, no ano de 2005

Fonte: MCT, 2010.

De acordo com estudo realizado pela CEPAL (2010), na América Latina e Caribe, no ano de 2005, 66% das emissões de gases do efeito estufa foram provenientes de atividades ligadas à atividade agropecuária, a saber, da mudança no uso do solo, responsável por 46% do total de emissão, e da agricultura, por 20% do total. Diferentemente de tal cenário, a nível mundial as maiores emissões de gases do efeito estufa são geradas por atividades diversas tais como eletricidade (28%), manufatura e construção (12%), transporte

(12%) e outros tipos de queima de combustíveis (9%). Os dados completos, tanto para a América Latina e Caribe quanto para o mundo podem ser visualizados através da Figura 8.

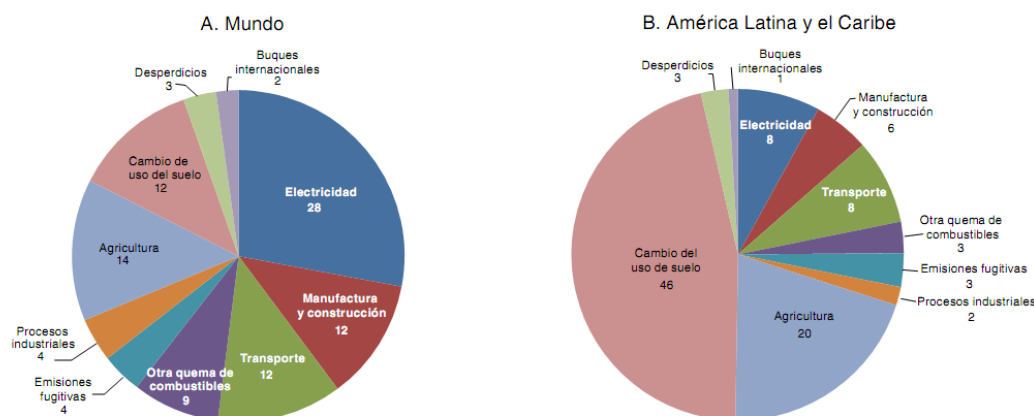


Figura 8 - Emissões de gases do efeito estufa, por setor, no mundo e na América Latina e Caribe no ano de 2005 (em percentagem)

Fonte: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0”, Washington, D.C., 2010.

Diante desse panorama, pode-se depreender que, a nível mundial, investimentos em energias limpas resultarão, *ceteris paribus*, em melhorias na qualidade do ar, via redução das emissões de gases do efeito estufa. Na América Latina e Caribe, por outro lado, para se alcançar reduções nas quantidades emitidas de gases do efeito estufa, estratégias devem ser pensadas, prioritariamente, no sentido de orientar a mudança no uso do solo, o que no caso do Brasil refere-se em grande parte à expansão da fronteira agropecuária, e, incentivar práticas alternativas de plantio e colheita dos produtos agrícolas.

Na Figura 9 é possível observar os níveis de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) gerados pelos setores no Brasil, em 2005. Tal como se pode notar, apesar da agricultura ter uma participação percentual pequena, de 4%, no total das emissões de CO<sub>2</sub> do país, é expressiva a percentagem correspondente às emissões geradas pela mudança no uso da terra e florestas. Neste aspecto, vale ressaltar que a agricultura e a pecuária contribuem por meio da expansão de áreas produtivas para a mudança no uso da terra e florestas.

De acordo com documento do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2010), o qual mensurou as estimativas de emissões de gases do efeito estufa da economia brasileira, tal como as apresentadas na Figura 9, no setor de mudança do uso da terra e florestas estão incluídas as estimativas tanto das emissões quanto das remoções de gases de

efeito estufa relacionadas à diminuição ou aumento de carbono na biomassa, abaixo ou acima de solos cujo uso foi substituído por outro.

Além dos solos cujo uso da terra sofreu alguma mudança, o MCT (2010) também incluiu na mensuração das estimativas de emissões de gases de efeito estufa, as estimativas de emissões e remoções provenientes das terras que não sofreram mudança em seu uso. Tal mensuração baseia-se no “crescimento ou perda de carbono sob um mesmo tipo de uso (por exemplo, crescimento de uma vegetação secundária ou mesmo da vegetação primária em áreas manejadas)” (MCT, 2010, p. 137).

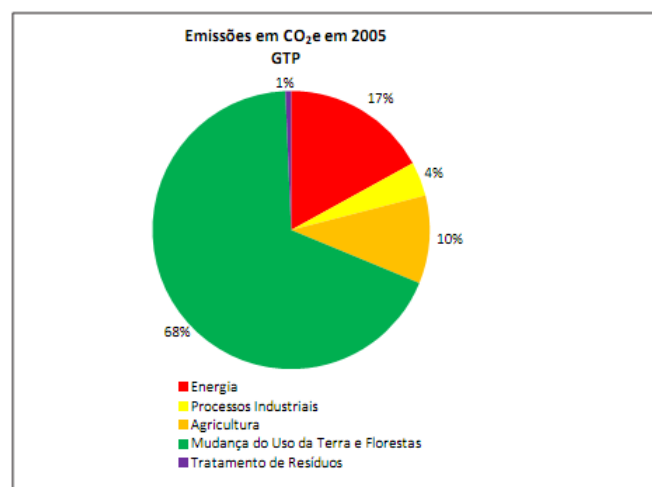


Figura 9 - Emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por setor, no Brasil em 2005

Fonte: MCT, 2010.

Nota: O GTP (*Global Temperature Potential*) é uma das métricas utilizadas para mensurar o nível emissões.

No que tange ao setor energético, o Brasil alcançou avanços expressivos devido às suas características naturais, tal como sua abundância e grande diversidade de recursos, e ao aproveitamento destas, ilustrados pelo pioneirismo na produção de combustível a partir da cana-de-açúcar. Neste aspecto, no entanto, é importante ressaltar que apesar de atualmente o etanol ser considerado importante para a transição para uma economia verde, visto que mesmo não sendo a fonte de combustível mais limpa existente, emite muito menos gases de efeito estufa do que seu principal concorrente no transporte de veículos leves, a gasolina, a utilização dele como combustível em larga escala não foi motivada por razões ambientais quando de seu surgimento, à época do Proálcool na década de 70. Baseando-se em tais argumentos, Gaetani, Kuhn e Rosenberg (2011) consideram o Brasil como detentor de uma das mais limpas matrizes energéticas do mundo.

Em consonância com os dados apresentados pela CEPAL (2010), Young (2011) reitera a dependência da América Latina na exportação de bens baseados em recursos naturais, o que para o autor, implica numa “re-especialização” da pauta exportadora latino-americana. Desde os anos 2000, tal como se pode observar na Figura 10, a participação percentual dos produtos primários nas exportações tanto do Brasil quanto da América Latina como um todo, tem se elevado de forma significativa.

Na análise de Young (2011) além da dependência das exportações em bens baseados em recursos naturais, outra tendência que também tem se acentuado nos últimos anos é a de especialização da pauta exportadora latino-americana em bens industrializados que geram elevado nível de poluição durante seus processos produtivos ou, dito de outra forma, são intensivos em poluição. No período compreendido entre 2000 e 2007, representado pela Figura 11, é possível observar tal tendência de aumento das exportações brasileiras e latino-americanas intensivas em poluição<sup>6</sup>.

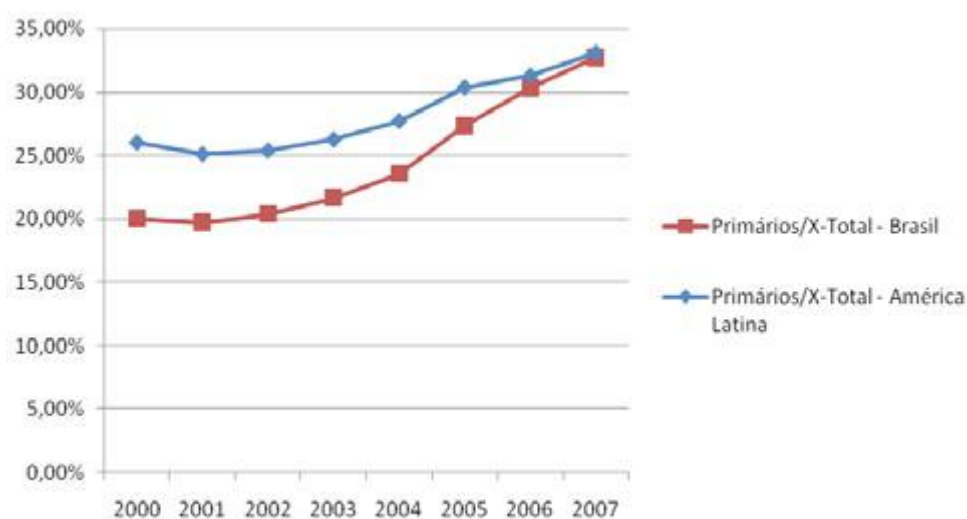


Figura 10 - Participação dos produtos primários nas exportações (%) do Brasil e da América Latina (2000-2007)

Fonte: Young (2011).

Assim como já afirmava a CEPAL sobre a dependência das exportações latino-americanas em produtos primários, para Young (2011) tanto essa característica, como também a crescente dependência das exportações de bens intensivos em poluição, constituem-se num problema estrutural da América Latina. Ademais, tal cenário impõe a necessidade de reflexão

<sup>6</sup> Para a obtenção desses resultados, Young (2011) utilizou a base de dados de comércio internacional TradeCan e coeficientes de emissão potencial de poluentes industriais (ILITHA), estes calculados pelo Industrial Pollution Projection System – IPPS.

tanto das políticas implementadas e/ou incentivadas, quanto das decisões de planejamento, públicas e privadas, até então priorizadas e adotadas, reitera Young (2011).

O comportamento das exportações brasileiras e latino-americanas presente nas Figuras 10 e 11, segundo Young (2011), está associado à hipótese de desindustrialização. Processo este que o autor acredita que vem sendo enfrentado pela região desde os anos 2000 e pelo qual, ao invés dos países latino-americanos buscarem obter ganhos comerciais se utilizando da inovação e do progresso técnico, se voltaram para a exportação de produtos baseados no uso intensivo de recursos naturais e de bens intensivos em poluição. Segundo o autor, isto coloca a região numa posição de dependência da “competitividade espúria”, fundamentada no esgotamento dos recursos naturais.

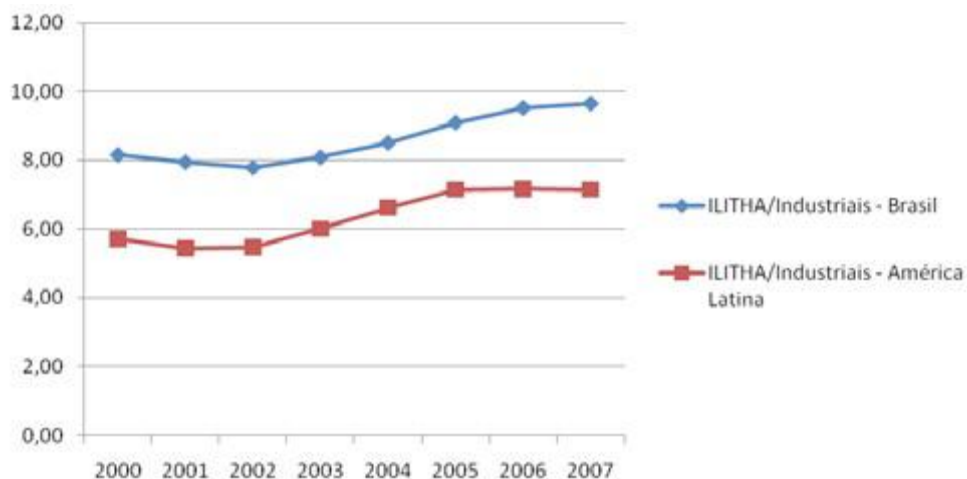


Figura 11 - Intensidade média de poluição potencial das exportações industriais (ILITHA/IPPS), Brasil e América Latina (2000-2007)

Fonte: Young (2011).

Além disto, dado o aumento da consciência ambiental dos consumidores de todo o mundo, particularmente dos países desenvolvidos, estes estão cada vez mais dispostos a pagar mais por um bem que é certificado como sendo menos degradante ao meio ambiente tanto na fase de consumo quanto em seu processo produtivo. Com isso, o cenário apresentado pelas Figuras 10 e 11 pode colocar também a América Latina numa posição de fragilidade se tais exigências dos consumidores se converterem em restrições ao comércio de bens que degradam o meio ambiente. Ademais, os dados apresentados indicam que o Brasil e os demais países da América Latina não estão seguindo os princípios preconizados pelo desenvolvimento sustentável, o que é motivo de grande preocupação, dada a atual retomada

dos debates sobre as questões ambientais e a urgência de medidas que preservem os recursos naturais, tais como a água (YOUNG, 2011).

A despeito das consequências supracitadas decorrentes da pauta exportadora latino-americana estar baseada em recursos naturais e bens industriais intensivos em poluição, é fato que tais exportações têm sido de grande relevância para a economia da região. Neste aspecto, é importante ressaltar, que para alguns estudiosos a degradação do meio ambiente é um preço a ser pago para que se alcance o desenvolvimento sustentável, hipótese esta defendida pela Curva de Kuznets Ambiental, que será explicitada adiante.

No que se refere à relação existente entre o comércio e o meio ambiente, ainda que seja inquestionável a importância da preservação do meio ambiente bem como a busca por métodos produtivos que minimizem a degradação ambiental gerada pela atividade antrópica, pode-se identificar no debate corrente duas visões distintas e conflitantes, a saber, a ambientalista e a dos defensores do livre comércio.

De acordo com a primeira, conhecida como ambientalista e que tem como principal defensor o economista ecológico estadunidense Herman Daly, o livre comércio ao induzir elevadas taxas de crescimento econômico e assim desencadear uma expansão na escala de uso dos recursos naturais acima dos limites sustentáveis, gera como consequência a degradação do meio ambiente (ALMEIDA; FEIX; MIRANDA, 2010). Além disto, tal como exposto por Almeida, Feix e Miranda (2010), os ambientalistas defendem o argumento de que a integração econômica provoca uma dinâmica regulatória indesejável, denominada como “corrida para o fundo do poço” (*race to the bottom*) isto porque diante das pressões competitivas geradas pela própria dinâmica comercial, os países tendem a adotar padrões ambientais domésticos inferiores. Desta forma, a fim de evitar que ocorram degradações ambientais acima dos limites sustentáveis, os ambientalistas consideram a Organização Mundial do Comércio (OMC), na ausência de uma organização ambiental multilateral que possua o mesmo *enforcement power*, um fórum adequado para se debaterem as questões ambientais, bem como para fazer com que se cumpram as restrições comerciais com foco em questões ambientais, outra ideia defendida pelos ambientalistas.

Em contraponto à visão dos ambientalistas, os defensores do livre comércio acreditam que o livre comércio, ao promover o crescimento econômico, na verdade favorece o meio ambiente, além de contribuir para o crescimento sustentável. Para darem respaldo a tal argumento, os defensores do livre comércio baseiam-se na relação de não linearidade entre o crescimento econômico e a degradação ambiental, visão esta proposta pela Curva de Kuznets Ambiental. Tal curva, formulada por Grossman e Krueger (1991), demonstra que o

crescimento econômico, medido pelo aumento da renda *per capita*, somente causa um aumento da degradação ambiental nos estágios iniciais de desenvolvimento, visto que a partir do momento em que a renda per capita atinge certo nível, o processo se inverte e o crescimento econômico contínuo passa a causar uma diminuição de danos ao meio ambiente, proporcionando assim, benefícios à sociedade. Dado este argumento, a Curva de Kuznets Ambiental é graficamente representada pelo formato de um “U” invertido.

Apesar de ter sido formulada pelos autores acima citados, a Curva de Kuznets Ambiental é uma adaptação da Curva de Kuznets original, que demonstra uma relação entre crescimento econômico e distribuição de renda. De acordo com esta, nos estágios iniciais do crescimento econômico há uma piora no nível de distribuição de renda dos países, sendo que, no entanto, no longo prazo, o contínuo crescimento econômico acaba proporcionando uma melhora na distribuição de renda da sociedade. Tal relação, que ficou conhecida na literatura econômica como hipótese do U-invertido, no entanto, gerou e ainda gera muitas controvérsias mesmo porque de acordo com o próprio Simon Kuznets, ela surgiu de um estudo baseado em 5% de informações empíricas e 95% de especulações (KUZNETS, 1955).

Conjuntamente à ideia defendida pela Curva de Kuznets Ambiental, as teses de promoção do crescimento econômico via liberalização do comércio dão suporte aos defensores do livre comércio para a defesa do estabelecimento de uma relação positiva entre a liberalização comercial e a promoção do desenvolvimento sustentável. Para os estudiosos defensores do livre comércio, a maior liberalização e integração econômica, ao fazer com que os países ricos pressionem os países pobres a adotarem regulações ambientais mais severas, promove uma pressão competitiva entre os países e tende a criar uma “corrida para o topo” (*race to the top*), visto que com a pressão exercida pelos países ricos, a concorrência no mercado internacional tende a se “nivelar no campo da disputa” (*level the playing field*) (ALMEIDA, FEIX, MIRANDA, 2010). Ademais, para os defensores do livre comércio as políticas comerciais não devem ser empregadas com o intuito de regular problemas ambientais e isto porque, tal como ressaltam Almeida, Feix e Miranda(2010), tais políticas podem acrescentar falhas de governo às presentes falhas de mercado, provocando assim maiores distorções no comércio.

No que tange às relações comerciais internacionais, como as regras de comércio internacional não devem ser alteradas sob a alegação de defesa de problemas ambientais, os defensores do livre comércio não consideram a OMC um fórum adequado para tratar de questões ambientais (ALMEIDA, FEIX, MIRANDA, 2010).



Objetivando testar a validade da hipótese da Curva de Kuznets Ambiental e o princípio defendido pela economia verde, de que é possível alcançar crescimento econômico com inclusão social ao promover o “esverdeamento” da economia, Young (2011) construiu cenários de análise utilizando a matriz de insumo-produto do Brasil no ano de 2005, a mais recente até então disponível no país. Em seu estudo, o autor comparou os resultados gerados a partir de diversos cenários de crescimento econômico, cenários estes que defrontam a economia marrom com a economia verde, de modo a identificar qual cenário apresenta a maior capacidade de gerar crescimento da economia.

Tendo em vista a elevada concentração de renda na América Latina e a premissa de que a economia verde objetiva o crescimento econômico com inclusão social, Young (2011) utilizou como indicador deste a geração de empregos e salários.

A despeito das limitações reconhecidas por Young (2011), de se fazer uso de uma matriz insumo-produto, tais como o fato de que os coeficientes técnicos e preços relativos são mantidos constantes durante todo o período de análise, e restrições quanto à qualidade dos dados, os resultados gerados são importantes no cenário econômico. Dados os resultados obtidos, Young (2011) conclui ser uma falácia a ideia de que os países em desenvolvimento, como o Brasil, tem que optar ou pelo crescimento econômico ou pela preservação ambiental. Isto porque, segundo os resultados, o cenário baseado no uso intensivo de recursos naturais e degradação do meio ambiente apresentou resultados piores em termos de geração de renda e emprego do que os observados naqueles onde a dependência com relação ao uso dos recursos e a degradação eram menores.

Dito de outra forma, tal como acredita o PNUMA (2011), Young (2011) desmente a hipótese sustentada pela Curva de Kuznets Ambiental de que, pelo menos no início do processo, um aumento da degradação ambiente proveniente da atividade antrópica é necessário para que se promova, no longo prazo, o crescimento econômico. As constatações do PNUMA (2011), baseadas nos resultados gerados pelo modelo macroeconômico empregado, de ser possível a conciliação entre crescimento econômico com inclusão social e a preservação ambiental, são, portanto, corroboradas pelos resultados apresentados por Young (2011) em sua análise utilizando uma matriz de insumo-produto.

### 3.7.2 Impactos ambientais causados pelo setor sucroenergético no Brasil

De acordo com dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA, 2012), 2% de toda a terra arável do Brasil é ocupada pelo cultivo da cana, o que corresponde a uma área de 7 milhões de hectares, distribuída pelas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste. Ademais, ainda de acordo com a UNICA, o Brasil é o maior produtor mundial de cana, seguido da Índia, Tailândia e Austrália. A evolução da moagem de cana-de-açúcar no Brasil, desde os anos 80, tanto para o país todo quanto para o Estado de São Paulo, maior produtor, pode ser observada na Figura 12.

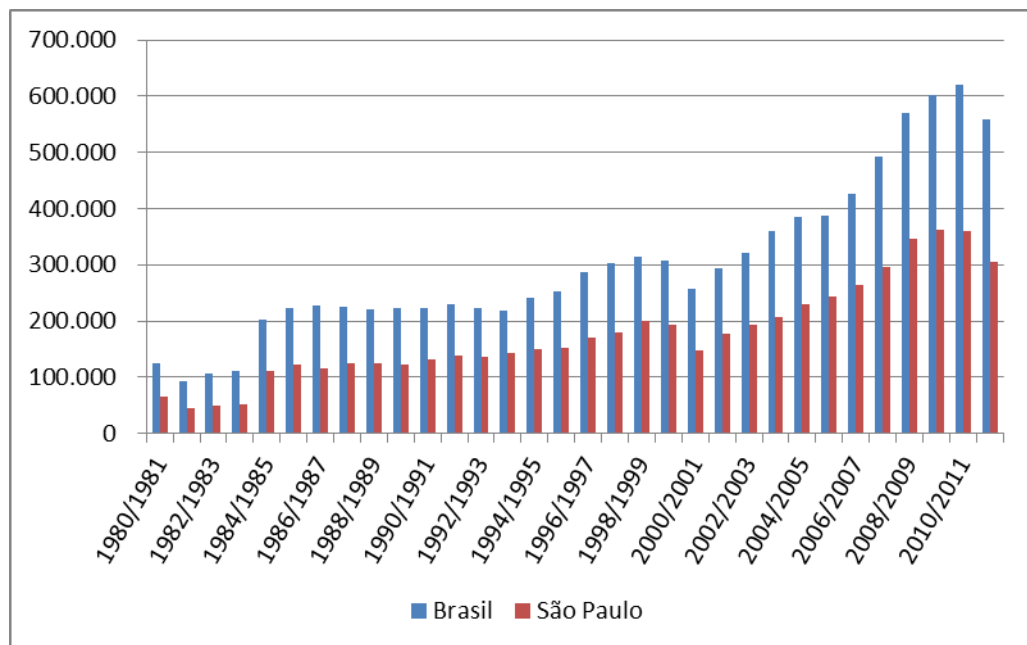


Figura 12 - Moagem de cana-de-açúcar no Brasil e no estado de São Paulo, em toneladas (Safras 1980/1981 a 2011/2012)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da UNICADATA.

O cultivo da cana-de-açúcar no país é destinado principalmente à produção de açúcar e etanol e recentemente também à geração de bioenergia o que fez com que uma nova terminologia passasse a ser adotada por algumas instituições. De acordo com UNICA (2009), o uso do termo sucroenergético ao invés de sucroalcooleiro começou a ser adotado de forma natural pelo setor, a começar pela mudança do nome oficial do Fórum Nacional Sucroalcooleiro, órgão do qual fazem parte todas as entidades representantes dos produtores

de etanol, açúcar e bioeletricidade do país, que passou a ser denominado de Fórum Nacional Sucroenergético. A nova terminologia também foi debatida no 2º Encontro de Comunicação entre a UNICA e empresas a ela associadas, realizado em maio de 2009 na cidade do interior de São Paulo, Ribeirão Preto (UNICA, 2009).

Além desta nova terminologia, outras também podem vir a ser adotadas futuramente, como a substituição do termo cana-de-açúcar por simplesmente cana ou ainda cana sucroenergética, sendo que este, segundo UNICA (2009), já é empregado em algumas notícias e estudos sobre o assunto.

Em 2008, dada a crescente expansão da produção da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, principalmente a partir dos anos 2000, as Secretarias de Estado do Meio Ambiente e de Agricultura e Abastecimento, objetivando promover uma melhor avaliação dos impactos ambientais decorrentes do plantio da cana e a definição de medidas mitigadas destes, estabeleceram a Resolução Conjunta SMA-SAA nº 4 de 18 de setembro de 2008. Nesta Resolução definiram-se diretrizes técnicas para o zoneamento agroambiental para o setor sucroenergético no Estado de São Paulo. Além desta Resolução, outra foi criada pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado, a saber SMA nº88, de 19 de dezembro de 2008, estabelecendo diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroenergético.

Através dessa Resolução, foram indicadas áreas consideradas como adequadas, adequadas com limitações ambientais, adequadas com restrições ambientais e inadequadas para o cultivo da cana-de-açúcar. O mapeamento dessas áreas é apresentado na Figura 13.

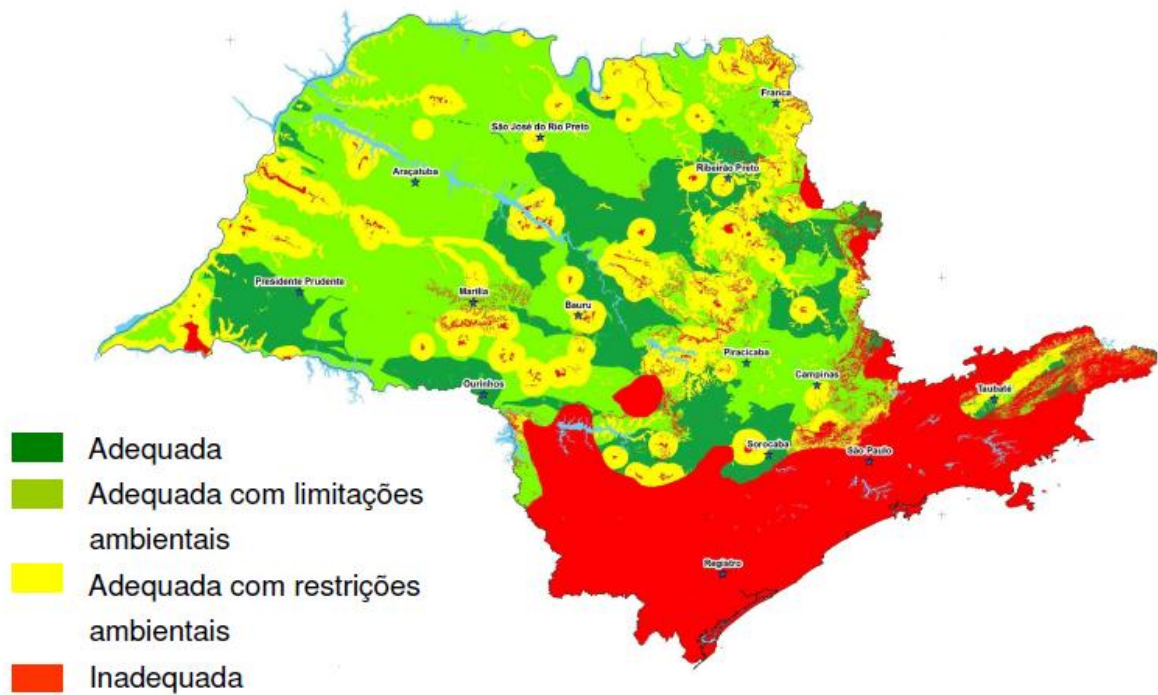


Figura 13 – Zoneamento agroambiental para o setor sucroenergético do Estado de São Paulo

Fonte: SMA-SAA (2009)

O zoneamento agroambiental do cultivo da cana-de-açúcar no país todo, representado na Figura 14, foi realizado pela Embrapa Solos (2009) e considerou como principais indicadores: vulnerabilidade das terras, risco climático, legislação ambiental vigente e o potencial de produção agrícola sustentável. Ao invés do termo agroambiental, no entanto, a Embrapa Solos (2009) utilizou o termo agroecológico.



Figura 14 – Zoneamento agroecológico do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil

Fonte: Embrapa Solos (2009).

Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizam desde os anos 1984, através de monitoramento por satélite, avaliações sobre os impactos ambientais da cana-de-açúcar. De acordo com a definição da Resolução 01/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por impacto ambiental entende-se:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Portanto, o impacto ambiental não se restringe somente aos impactos ecológicos mas também abrange os sócios econômicos. No que se refere à avaliação do impacto ambiental gerado pela atividade antrópica, a EMBRAPA (2012) identifica a existência de três atividades cuja análise do impacto deve ser distinta para cada uma delas, a saber, atividades: energético-mineradoras, industriais-urbanas e agrossilvopastoris.

De acordo com EMBRAPA (2012), diferentemente dos impactos ambientais provocados pelas atividades energético-mineradoras e industriais-urbanas que além de bem visíveis, dependem de fatores controláveis ou relativamente controláveis, os gerados pelas atividades agrícolas são tênues, dependem de fatores de difícil controle, como quantidade de chuvas, mudanças de temperaturas e ventos, e, em muitos casos, os impactos mais prejudiciais não são visíveis a olho nu. Ademais, os impactos ambientais resultantes das atividades agrícolas, como contaminação de águas subterrâneas devido ao uso de defensivos agrícolas, erosão genética, perda de solos, entre outros, são de difícil quantificação (EMBRAPA, 2012).

Como o setor sucroenergético brasileiro se utiliza tanto de tecnologia de ponta, como a colheita mecanizada, quanto também de práticas rudimentares, como a queima agrícola, os impactos ambientais gerados pela produção da cana-de-açúcar são bastante distintos entre cada uma das regiões do país e dentro delas mesmas, enfatiza a EMBRAPA (2012). Dada essa heterogeneidade do sistema produtivo canavieiro, a gestão do impacto ambiental dependerá também de quem for o produtor, se um pequeno plantador-fornecedor ou um grande empresário (EMBRAPA, 2012).

Assim como as outras atividades agrícolas, o cultivo da cana-de-açúcar pode resultar em degradações ambientais como compactação de solo e contaminação de solos e águas. Além desses impactos, comum aos outros cultivos agrícolas, a cana-de-açúcar também gera a emissão de gases de efeito estufa e fuligem devido à prática de queima de suas folhas, secas ou verdes, na fase de pré colheita. A seguir serão brevemente discutidos os impactos ambientais provocados pela queimada da cana e pelo uso de defensivos químicos.

A queima das folhas da cana é realizada para facilitar e baratear o corte manual da cana, reduzir custos de carregamento da cana do campo até a usina, aumentar a eficiência e o rendimento das moendas ao longo da fase inicial de processamento na indústria, evitar a

exposição dos cortadores a animais peçonhentos, auxiliar no preparo do terreno para posteriores plantios e elevar o teor de açúcar contido na cana, o que é possível em decorrência da evaporação da água (SZMRECSÁNYI, 1994; GODOI et al, 2004; LANGOWSKI, 2007, LIMA et al., 2010).

De acordo com o MCT (2010) a queima das folhas da cana-de-açúcar foi realizada em larga escala, no país, até 2005, sendo que a partir de 2006 houve um significativo aumento na proporção da colheita da cana sem a prática de queimadas. No ano de 2007, essa proporção de cana colhida sem queima foi de 34% (MCT, 2010). Apesar do aumento expressivo, nos últimos anos, da colheita mecanizada, a queima de resíduos agrícolas da cana-de-açúcar ainda é o tipo de queima mais comum nas lavouras agrícolas (MCT, 2010; LIMA et al., 2010).

Segundo Aguiar et al. (2010), no Estado de São Paulo, maior produtor de cana-de-açúcar do país, foram colhidos sem a prática de queima da palha na safra de 2009/10, 2,27 milhões de hectares o que correspondeu à 55,7% do total colhido e, portanto, os restantes 1,8 milhão de hectares foram colhidos com queima da palha.

Ademais, segundo a Lei 11.241/2002 sobre a eliminação gradativa na queima das folhas da cana, até o ano de 2021 o uso do fogo deverá ser totalmente suspenso no Estado de São Paulo nas áreas mecanizáveis, ou seja, naquelas cujos terrenos possuem mais de 150 hectares, e declividade igual ou inferior a 12% e que permitam a adoção de técnicas mecanizadas. Ainda segundo a Lei supracitada, nas áreas não mecanizáveis a eliminação gradativa das queimadas deverá ser realizada até 2031, ano limite para sua total extinção.

No que se refere à contribuição da prática de queima da cana-de-açúcar ao aquecimento global, as conclusões ainda são bastante distintas. Para Ometto et al. (2005) é importante ressaltar que o gás carbônico emitido pelas queimadas dos canaviais não deve ser incluído no cálculo das emissões de gases de efeito estufa e isto porque a quantidade emitida de gás carbônico é absorvida pela própria cana em sua fase de crescimento através da fotossíntese. Com isso, portanto, o impacto ambiental gerado pela prática da queima da cana-de-açúcar é reduzido significativamente.

No entanto, argumentação diferente é apresentada por Langowski (2007). A alegação de que a emissão de dióxido de carbono (ou monóxido de carbono) pela queima da cana-de-açúcar não contribui, no médio prazo, para o efeito estufa porque uma quantidade equivalente desse gás é absorvida pela própria cana através da realização da fotossíntese, é considerada válida e correta pelo autor. Apesar disso, o autor clama a necessidade de se ressaltar um fato que não é explicitado: o período de tempo em que os processos de absorção

e emissão acontecem. Ao longo de todo o período de crescimento da cana-de-açúcar, em média de 12 a 18 meses, grande quantidade de dióxido de carbono é absorvida pela planta. Com a queimada dos canaviais, todo esse gás é liberado e isso em um período de apenas 30 a 60 minutos, argumenta Langowski (2007).

Outro tópico de grande relevância na discussão ambiental na produção de cana é o do uso de defensivos agrícolas ou agrotóxicos, como preferem aqueles mais ligados à temática ambiental. Os agricultores, para evitar perdas em suas lavouras agrícolas devido à presença de plantas daninhas, insetos, organismos patogênicos (fungos, vírus, bactérias e helmintos) e vertebrados, como os roedores, utilizam mecanismos de controle, destacadamente o controle químico via uso dos defensivos agrícolas. Por defensivo agrícola ou agrotóxico entendem-se as substâncias químicas produzidas para prevenir, destruir ou inibir a presença de organismos vivos prejudiciais às lavouras agrícolas. Dentre os principais tipos de defensivos tem-se, tal como ressaltam Silva e Costa (2012):

- Herbicidas: produto cuja função é eliminar ou impedir o desenvolvimento de ervas daninhas;
- Inseticidas: produtos produzidos a partir de substâncias químicas ou agentes biológicos para a eliminação de insetos;
- Fungicidas: produzidos a base de agentes físicos, químicos ou biológicos visam o combate dos fungos;
- Acaricidas: produtos químicos destinados ao combate de ácaros.

Para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, segundo dados fornecidos pelo SINDAG via *e-mail*, os defensivos agrícolas mais utilizados são os herbicidas e os inseticidas. Nas Figuras 15 e 16 é possível observar a participação percentual de cada tipo de defensivo na quantidade total de defensivos empregada no cultivo da cana-de-açúcar. Os dados apresentados estão divididos em produto comercial e ingrediente ativo. Ainda, de acordo com SINDAG, por ingrediente ativo entende-se a substância química pura empregada pelas empresas para a fabricação do defensivo agrícola. Já o produto comercial pode ser considerado como o produto resultante da união dos ingredientes ativos e de outros diversos componentes e que será adquirido pelos usuários para aplicação na cultura.



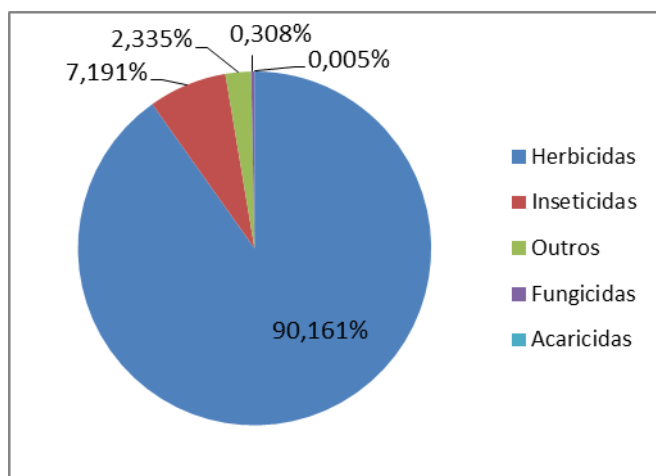


Figura 15 - Participação percentual de categorias de defensivos agrícolas nas vendas totais para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil – Por produto comercial (2011)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pelo SINDAG.

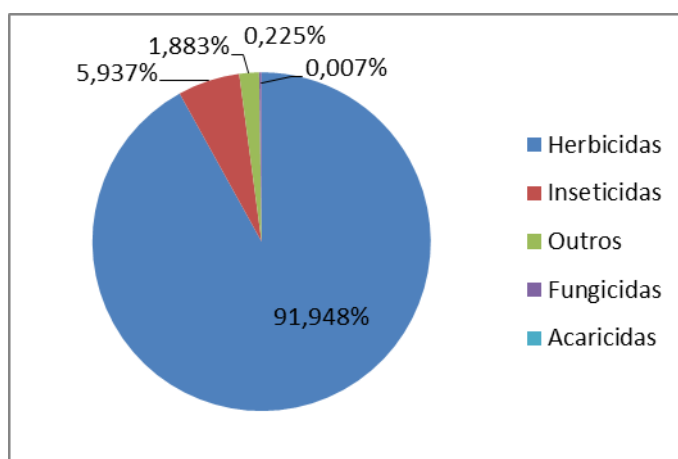


Figura 16 - Participação percentual de categorias de defensivos agrícolas nas vendas totais para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil – Por ingrediente ativo (2011)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pelo SINDAG.

De acordo com dados do SINDAG, apresentados nas Figuras 17 e 18, observa-se um crescimento das vendas tanto de herbicidas quanto de todos os defensivos agrícolas utilizados no cultivo da cana. Além do crescimento do plantio da cana, outros fatores que podem justificar o aumento do uso de defensivos agrícolas pelo setor canavieiro é a utilização do plantio direto e a redução da prática de queimada dos canaviais. Isto porque algumas pragas, como insetos e ervas daninhas, são eliminadas dos canaviais através da queima da

palha da cana. Ao realizar-se o plantio direto da cana também pode haver a necessidade de empregar mais defensivos para combater pragas.

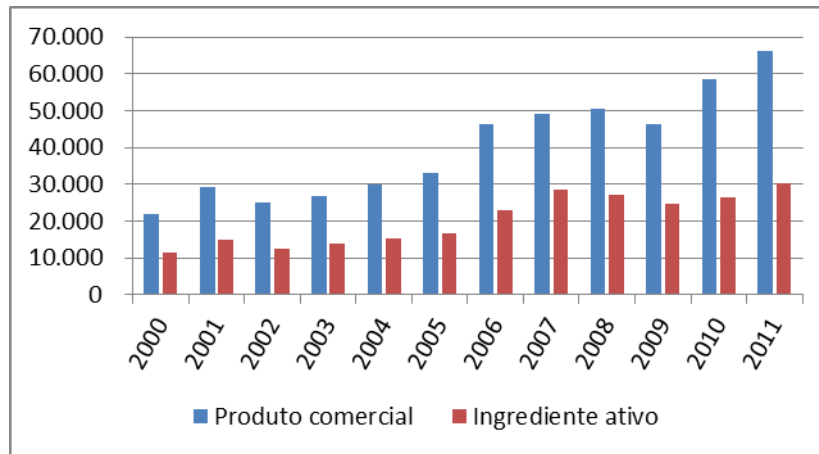


Figura 17 – Vendas de defensivos agrícolas, em toneladas, para o cultivo da cana-de-açúcar, por produto comercial e ingrediente ativo, de 2000 a 2011

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SINDAG.

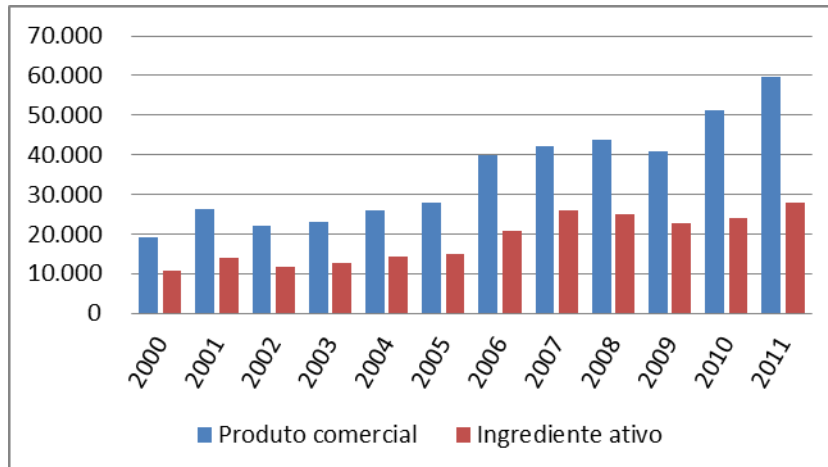


Figura 18 - Vendas de herbicidas, em toneladas, para o cultivo da cana-de-açúcar, por produto comercial e ingrediente ativo, de 2000 a 2011

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SINDAG.

Além do aumento do uso de defensivos, observa-se também um crescimento do uso de fertilizantes pelo setor canavieiro, evidenciado pela Figura 19.

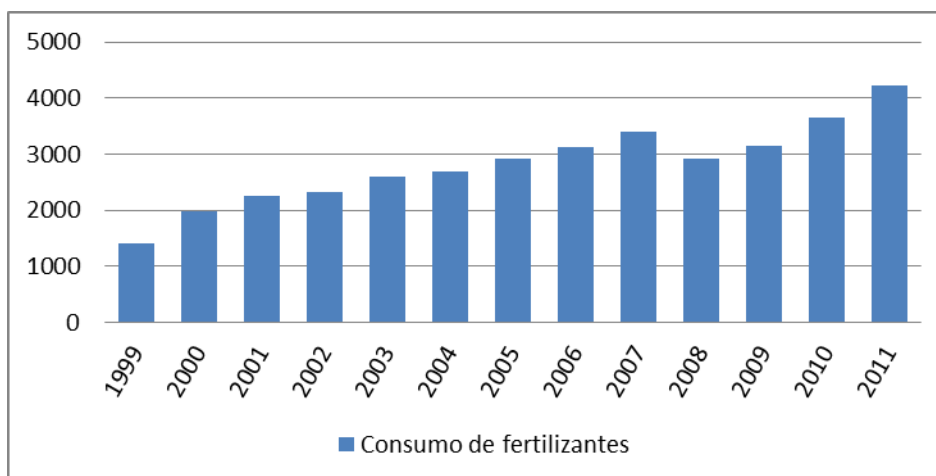


Figura 19 – Consumo de fertilizantes pelo setor canavieiro, em toneladas, de 1999 a 2011

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANDA.

No entanto, é importante ressaltar que ainda que a produção de cana-de-açúcar também tenha se elevado expressivamente durante os anos 2000, torna-se necessário analisar se o crescimento das vendas de insumos foi proporcional ao aumento observado na produção da cana, ou seja, se os defensivos e os fertilizantes estão sendo empregados de forma eficiente. Uma abordagem para essa análise é através do cálculo do indicador de *decoupling*.

De acordo com Neves e Conejero (2010), para minimizar a degradação do solo, uma prática utilizada por alguns produtores de cana-de-açúcar é o plantio de leguminosas, principalmente soja, amendoim e feijão, após o fim de cada ciclo da cana-de-açúcar. Essa prática, denominada rotação de culturas, possibilita a fixação de nitrogênio no solo e substitui parte da adubação química, ressaltam os autores. A soja, o amendoim e o feijão são as leguminosas mais utilizadas pelos produtores de cana na rotação de culturas porque além de favorecerem a nitrogenização do solo, são culturas que possuem grande demanda pelas indústrias de alimentos (NEVES; CONEJERO, 2010). Como a expansão atual do cultivo da cana-de-açúcar ocupa, predominantemente, áreas anteriormente subutilizadas pela pecuária, Neves e Conejero (2010) acreditam na possibilidade, em muitos casos, de expansão da produção de alimentos conjuntamente à expansão da cana. Para reforçar essa hipótese, os autores ressaltam que a maior produção de amendoim e grãos do Estado de São Paulo provém de áreas de cultivo da cana.

Um insumo que é muito utilizado pelo setor sucroenergético é o diesel utilizado pelos caminhões no transporte de produtos finais e semiprocessados da cana-de-

açúcar, ressaltam Neves e Conejero (2010). O consumo atual deste combustível pelo setor , segundo os autores, é de cerca de 2 litros por tonelada de cana moída, o que considerando-se um cenário de moagem de 500 milhões de toneladas, resultaria na queima de aproximadamente 1 bilhão de litros de óleo diesel. Portanto, segundo Neves e Conejero (2010), um desafio a ser enfrentado pelo setor para não só reduzir as emissões de gases poluentes como também tornar todo o sistema produtivo da cana e de seus produtos ainda mais sustentável é o uso do etanol.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Indicadores de *decoupling* - OECD

De acordo com documento da OECD (2002), o *decoupling* pode ser mensurado através de indicadores, cujo cálculo tenha como numerador alguma variável que represente a pressão ambiental (*environmental pressure variable*) exercida por determinada atividade produtiva, como, no caso da agricultura, o uso de fertilizantes ou uso de água; e, no denominador, alguma variável econômica (*driving force*), tal como o PIB da atividade analisada, a renda gerada, o nível de empregos, educação, impacto das mudanças tecnológicas e/ou políticas governamentais etc.

Da mesma forma como apresentado pela OECD (2002), tem-se de acordo com a equação (1):

$$\text{Razão do indicador de decoupling} = \frac{(EP/DV)_{\text{final do período}}}{(EP/DV)_{\text{início do período}}} \quad (1)$$

Onde: EP = *Environmental Pressure*

DV = *Driving Force* (variável econômica)

Se a razão do indicador de *decoupling* for menor do que 1, evidencia-se que o *decoupling* ocorreu no período analisado, ou seja, está havendo a dissociação entre o uso dos recursos e/ou impacto ambiental e o crescimento econômico. Como os números resultantes do cálculo da razão do indicador de *decoupling* são pequenos quando o *decoupling* é significativo, para facilitar a visualização gráfica, a OECD (2002) sugere o cálculo do fator de *decoupling*, a saber:

$$\text{Fator de decoupling} = 1 - \text{razão do indicador de decoupling} \quad (2)$$

O *decoupling*, neste caso, estará ocorrendo no período analisado, quando o fator de *decoupling* estiver entre 0 e 1. Para valores negativos ou iguais a zero o *decoupling* não estará acontecendo. Ademais, segundo a OECD (2002), o fator de *decoupling* atingirá o valor máximo de 1 quando a pressão ambiental chegar a zero.

A constatação da ocorrência do *decoupling* é possível por meio da análise gráfica da série das variáveis ambiental e econômica, apresentadas tomando por referência um ano base e pelos valores da razão e do fator dos indicadores. Apesar de estes serem usados na comparação entre países, na presente pesquisa eles foram calculados, a despeito de não serem feitas comparações do Brasil com outros países.

Os indicadores de *decoupling*, tal como ressaltado pela OECD (2002), despertam grande interesse justamente por sua simplicidade. A despeito disto, no entanto, vale ressaltar que eles somente evidenciam uma parte de um problema mais complexo.

No documento intitulado *Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth*, a OECD (2002) apresenta um conjunto de 31 indicadores de *decoupling*, abrangendo diversas questões ambientais. Dentre os 31 indicadores, 16 referem-se ao *decoupling* da pressão ambiental exercida pela atividade econômica como um todo considerando-se os seguintes tópicos: mudança climática, poluição do ar, qualidade da água, desperdício de materiais, gestão de resíduos e recursos naturais. Os 15 indicadores restantes baseiam-se na análise do *decoupling* de acordo com a produção e uso em quatro setores econômicos específicos, a saber, energia, transporte, agricultura e indústria de transformação.

Para o setor agrícola, especificamente, são destacados os seguintes indicadores no trabalho acima referido: balanço de nitrogênio presente na superfície do solo *versus* produção agrícola; emissões de metano e óxido nitroso pela agricultura *versus* produção agrícola; uso da água na agricultura *versus* produção agrícola; e consumo aparente de fertilizantes comerciais (NPK) *versus* produção final por cultura. Estes indicadores são explicitados abaixo, bem como seu tratamento no referido estudo.

### **Balanço de nitrogênio presente na superfície do solo *versus* produção agrícola**

O balanço de nitrogênio presente na superfície do solo é interpretado pela OECD (2002) como a diferença, em termos físicos, entre o nitrogênio utilizado e o liberado pelo sistema agrícola, por hectare. Se essa diferença for maior do que 1 ou superavitária, pode-se interpretar esse valor como um risco à poluição do ar e da água e isto porque se está liberando uma quantidade maior de nitrogênio se comparado à quantidade absorvida. Em caso contrário, se a diferença for negativa, poderá estar ocorrendo um esgotamento dos nutrientes do solo.

De acordo com OECD (2002, p. 80):

The input of nitrogen includes the quantity of inorganic or chemical fertiliser, net livestock manure nitrogen production (i.e. production + imports – exports), biological nitrogen fixation, atmospheric deposition, nitrogen from recycled organic material (sewage sludge) and nitrogen contained in seeds and planting materials. The quantity of output includes the nitrogen uptake in the harvested crop and fodder production as well as the uptake by grass from pasture.

O indicador de *decoupling*, nesse caso, é obtido por meio da divisão do balanço de nitrogênio pela produção agrícola. Esta, no entanto, é interpretada como sendo igual à produção agrícola menos o consumo intermediário do setor. Para se verificar a ocorrência ou não do *decoupling* basta, após a mensuração dos indicadores nos períodos inicial e final, calcular a razão entre eles.

No cálculo do indicador de *decoupling* do balanço de nitrogênio presente no solo para 20 países membros da OECD (Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Japão, Noruega, Reino Unido, Suécia, Suíça e Turquia), nos países da América e do Pacífico não se observou uma tendência clara do *decoupling* do balanço de nitrogênio em relação à produção agrícola para o período de 1986 a 1995 (OECD, 2002). Nos países europeus analisados pela OECD (2002), apesar do *decoupling* ocorrer no final dos anos 1980 e começo dos anos 1990, esta tendência não permanece ao longo da série. De acordo com cálculos da OECD (2002), o *decoupling* não está ocorrendo no Canadá, Irlanda e Noruega no período de 1986 à 1995.

Ainda que o cálculo do indicador tenha sua relevância, é importante ressaltar, tal como enfatiza OECD (2002), que os dados do balanço de nitrogênio devem ser interpretados com cautela visto que, ao se analisar as informações a nível nacional pode-se distorcer a realidade do problema. A concentração das atividades agropecuárias em determinadas regiões, por exemplo, não é considerada quando se analisam dados nacionais, sendo, portanto, recomendável o cálculo do indicador também para essas regiões específicas.

### **Emissões de metano e óxido nitroso pela agricultura *versus* produção agrícola**

O indicador de emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) pela atividade agrícola é calculado dividindo-se as quantidades de emissões, expressas em unidades de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> equivalente, pela produção agrícola. Novamente, da mesma forma que no cálculo do indicador anterior, a produção agrícola é interpretada pela OECD (2002) como igual à produção agrícola menos o consumo intermediário do próprio setor.



Como as estimativas das emissões de gases de efeito estufa, como o metano e o óxido nítrico, pela agricultura ainda são dotadas de incertezas, a OECD (2002) ressalta a necessidade de se ter cautela na interpretação do indicador de emissões. Ademais, algumas séries de dados podem não ser suficientemente grandes para demonstrar uma tendência do nível de emissões.

A despeito da não ocorrência do *decoupling* entre a produção agrícola e as emissões de metano na Finlândia, Irlanda, Noruega, Suécia e Suíça, e as emissões de óxido nítrico na Áustria, Canadá, Irlanda, Holanda, Suécia e Noruega, para os 20 países analisados pela OECD (2002), o *decoupling* parece estar ocorrendo no período de 1990 a 1997. Nos países europeus, um *decoupling* absoluto é observado tanto para as emissões de metano quanto para as de óxido nítrico. De acordo com OECD (2002), esta ocorrência pode estar relacionada à redução da atividade pecuária nos países europeus, em particular de suínos e bovinos, e às mudanças na destinação dos dejetos dos animais.

### **Uso da água na agricultura *versus* produção agrícola**

O indicador de uso da água na agricultura é calculado dividindo-se a quantidade de água utilizada na atividade agrícola pela produção agrícola, que é interpretada como sendo igual à produção agrícola menos o consumo intermediário do próprio setor para fins de cálculo do indicador.

A OECD (2002) calculou este indicador para nove países<sup>7</sup>, e se observou a ocorrência do *decoupling* entre o uso da água na agricultura e a produção agrícola, no período de 1980-1995, para quatro países, a saber, Canadá, Dinamarca, Japão e Espanha. Destes foi verificado um *decoupling* absoluto somente na Dinamarca e na Espanha.

### **Consumo aparente de fertilizantes comerciais (NPK) *versus* produção final por cultura**

Diferentemente do indicador de *decoupling* do balanço de nitrogênio, que foca a análise nos aspectos da poluição, o indicador de *decoupling* do consumo aparente de fertilizantes analisa a eficiência da produção agrícola.

O indicador de *decoupling* do consumo aparente de fertilizantes é mensurado dividindo-se o consumo aparente de fertilizantes NPK (Nitrogênio-Fósforo-Potássio),

---

<sup>7</sup> Áustria, Canadá, Dinamarca, Espanha, Finlândia, Grécia, Japão, Reino Unido e Suécia.

aproximado pelas suas vendas, pela produção por cultura agrícola. As vendas devem estar mensuradas em unidades de fertilizantes por cultura.

A interpretação das mudanças no valor deste indicador, de acordo com OECD (2002), requer certo cuidado. Isto porque pode-se intuitivamente atribuir a ocorrência dessas mudanças somente ao uso mais eficiente dos fertilizantes agrícolas sendo que as mudanças no indicador podem ser devidas às alterações nos preços de mercado e às políticas de subsídios, fatores estes que podem afetar tanto o uso de fertilizantes quanto a produção agrícola.

Para o conjunto de 20 países membros da OECD para os quais se calculou o indicador de consumo aparente de fertilizantes, verificou-se a ocorrência do *decoupling* absoluto no período de 1985 a 1997. O *decoupling* do consumo aparente de fertilizantes foi mais evidente, dentre todos os países membros da OECD, nos europeus, sendo que para os países membros norte americanos, EUA, Canadá e México, o *decoupling* começou a ocorrer no começo dos anos 1990 (OECD, 2002).

#### **4.2 Indicadores de *decoupling* da produção da cana-de-açúcar**

Neste trabalho, foram calculados os indicadores de *decoupling* de impacto ambiental gerados pelo uso de herbicidas, de defensivos agrícolas em geral e de fertilizantes no cultivo da cana-de-açúcar brasileira e de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos da cana-de-açúcar, tendo em vista a disponibilidade dos dados. O propósito da presente pesquisa, no entanto, era calcular todos os indicadores de *decoupling* recomendados pela OECD para o setor agrícola mas como não foram encontradas séries de dados de consumo de água e quantidade de nitrogênio presente na superfície do solo dos canaviais, estes foram excluídos do cálculo.

No caso das emissões de gases de efeito estufa foram calculados indicadores de *decoupling* de impacto ambiental para quatro gases distintos: metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), além do indicador geral que compreende a soma de todos os gases, medidos em toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>.

Os indicadores (*decoupling* relativo) foram calculados dividindo-se as seguintes variáveis ambientais: vendas de herbicidas, vendas de defensivos agrícolas totais, consumo de fertilizantes e estimativas de emissões de gases de efeito estufa pela variável econômica escolhida, qual seja o volume de produção da cana-de-açúcar no Brasil.

Como os dados agrícolas estão sujeitos, assim outros dados econômicos, a sofrer alterações em decorrência de perturbações presentes na economia, tais como crises, choques de oferta e demanda no mercado de insumos e de bens finais, variações climáticas, entre outras, o cálculo do indicador foi feito com a média do triênio das variáveis ambiental e econômica. Em alguns casos, para não reduzir o tamanho da amostra dos dados, optou-se em trabalhar com a média do triênio e, no período final, devido à falta de dados suficientes para calcular essa média, com dados do biênio. De posse de tais médias, os indicadores foram calculados para os períodos de 2000 a 2011, no caso do indicador de uso de herbicidas e de defensivos, de 1999 a 2011 para o indicador de uso de fertilizantes e de 1990 a 2006, para o indicador de emissões.

Cumprе ressaltar que o *decoupling* absoluto também foi avaliado a partir da interpretação direta dos gráficos das séries de dados. Na sequência, calcularam-se a razão e o fator de *decoupling* de acordo com cálculo apresentado, respectivamente, pelas equações (1) e (2). No caso do indicador de *decoupling* do uso de defensivos foram calculados a razão e fator para as vendas de defensivos por produto comercial e por ingrediente ativo.

### 4.3 Dados

As informações sobre todos os dados utilizados para o cálculo dos indicadores de *decoupling* podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Sinopse dos dados coletados para o cálculo dos indicadores de *decoupling* do cultivo da cana-de-açúcar brasileira

<b>Dados</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Periodicidade dos dados<sup>1</sup></b>	<b>Fonte</b>
Vendas de defensivos agrícolas para o cultivo da cana-de-açúcar	Toneladas	Anual – 2000 a 2011	SINDAG
Consumo de fertilizantes – cana-de-açúcar	Toneladas	Anual – 1999 a 2011	ANDA
Moagem de cana-de-açúcar	Toneladas	Anual – 2000 a 2010	ÚNICA
Estimativas de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas da cana	Gg (Gigagramas) de CO <sub>2</sub>	Anual – 1990 a 2006	LIMA et. al. (2010)

Fonte: Elaboração própria.

<sup>1</sup> A periodicidade dos dados apresentados nessa tabela refere-se ao período utilizado na presente pesquisa e não necessariamente ao período de dados que cada fonte possui disponível.

## **Moagem da cana-de-açúcar no Brasil**

Os dados de moagem da cana-de-açúcar no Brasil, expressos em toneladas, foram coletados na base de dados *online* da União das Indústrias de Cana-de-açúcar (UNICA). Outras bases de dados também foram consultadas, como a disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Apesar dos dados da UNICA serem referentes à moagem de cana por safra (por exemplo, safra 2011/2012), optou-se, na presente pesquisa, por utilizá-la. É importante ressaltar, no entanto, que de acordo com as informações disponíveis na base de dados da UNICA, na região Centro-Sul do Brasil a safra da cana-de-açúcar acontece no período de abril a março do ano seguinte, enquanto na Norte-Nordeste o período de safra varia de Estado para Estado, sendo que no Amazonas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pará, Piauí e Tocantins ela ocorre de maio a abril e nas Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, de setembro a agosto, também do ano seguinte.

Os dados da moagem da cana da UNICA abrangem as safras 1980/1981 a 2011/2012 mas como os dados da última safra ainda são preliminares, visto que apesar da safra da região Centro-Oeste já ter sido colhida, a da região Norte-Nordeste só foi computada até o período de 31/07/2012, eles não foram utilizados.

## **Vendas de defensivos agrícolas para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil**

Para analisar a evolução de uso de insumos, em particular, de herbicidas e de defensivos agrícolas como um todo utilizados pelo setor canavieiro, foram usados os dados de vendas de produtos comerciais e de ingredientes ativos, por categoria de produto (herbicida, inseticida, acaricida, fungicida e outros). Os dados da quantidade de defensivos agrícolas vendidos para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil foram conseguidos via solicitação, por e-mail, ao Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG), em julho de 2012.

Nos dados fornecidos pelo SINDAG, os defensivos agrícolas empregados em culturas diversas, tais como cana-de-açúcar, algodão, arroz, feijão, café, citros, soja, e no tratamento de sementes (algodão, arroz, feijão, milho, soja, trigo, as demais), estavam divididos por tipo de defensivo, a saber, herbicidas, fungicidas, inseticidas, acaricidas e outros. As vendas de cada defensivo, para cada cultura, e a quantidade total estavam expressas

tanto em toneladas quanto em Reais, sendo que esses valores e quantidades também estavam subdivididos em produto comercial e ingrediente ativo.

Como alguns defensivos agrícolas são empregados em pequenas quantidades, optou-se em utilizar para o cálculo do indicador de *decoupling* de uso de defensivos a soma das quantidades, em toneladas, de todos os tipos de defensivos. Mas, como de acordo com dados do SINDAG, 90,16% dos defensivos agrícolas utilizados no cultivo da cana-de-açúcar são herbicidas, também calculou um indicador de impacto ambiental para este defensivo. Os cálculos foram feitos tanto para o produto comercial quanto para o ingrediente ativo, utilizando somente as vendas expressas em toneladas. Dito de outra forma calculou-se um indicador para o uso de defensivos agrícolas e um indicador de uso de herbicidas.

### **Consumo de fertilizantes para o cultivo da cana-de-açúcar**

As quantidades consumidas de fertilizantes pelo setor canavieiro foram coletadas nos Anuários Estatísticos da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), e organizadas em arquivo, disponibilizado pela pesquisadora do CEPEA/ESALQ, Adriana Ferreira Silva. Os dados são anuais, abrangem o período de 1999 a 2011 e estão expressos em mil toneladas.

### **Estimativas de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos, na fase de pré colheita, da cana-de-açúcar**

Os dados sobre as estimativas de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos, na fase de pré colheita da cana-de-açúcar foram coletados no Relatório de Referência – “Emissões de gases de efeito estufa na queima de resíduos agrícolas” (LIMA et. al., 2010), um dos documentos base para a elaboração final do Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2010). A pesquisa foi feita por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Inventário final é parte integrante da Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção de Mudança do Clima).

O documento supracitado apresenta estimativas de emissões de metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) resultantes da queima de resíduos nas fases de pré colheita da cana-de-açúcar e de pós colheita do algodão

herbáceo no Brasil. Os dados das emissões de tais gases correspondem ao período de 1990 a 2006 e podem ser visualizados em nível nacional, regional ou estadual, tanto no que se referem às emissões totais de cada gás, quanto às emissões provenientes da queima de resíduos das culturas de cana-de-açúcar e algodão.

Ademais, de acordo com metodologia utilizada pelos pesquisadores da EMBRAPA (LIMA et. al., 2010), as estimativas de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas, medidas em gigagramas (Gg) CO<sub>2</sub>, baseiam-se:

- (a) no carbono total liberado, que é uma função da biomassa queimada e da fração oxidada e do conteúdo de carbono da biomassa; e
- (b) na aplicação das taxas de emissão de CH<sub>4</sub> e CO para o total de carbono liberado, e de N<sub>2</sub>O e NO<sub>x</sub> para o total de nitrogênio liberado durante a queima da biomassa (LIMA et. al., 2010, p. 19).

A massa total de carbono (MC) liberado através da queima de resíduos agrícolas foi estimada por Lima et. al. (2010) como sendo igual à biomassa de resíduos queimada multiplicada pelo conteúdo de carbono nos resíduos (Tc), tal como demonstrado pela equação (3).

$$MC = (\text{biomassa de resíduos queimada}) \times Tc \quad (3)$$

Ou ainda:

$$MC = (P \times R \times Rs \times Re \times Rq) \times Tc \quad (4)$$

Onde: P = produção vegetal anual, em Gg;

R = relação de resíduos/produção;

Rs = conteúdo de matéria seca nos resíduos;

Re = proporção de resíduos expostos à queima;

Rq = fração oxidada de resíduos durante a queima;

Tc = conteúdo de carbono nos resíduos.

A massa total de nitrogênio (MN) gerada durante a queima, por sua vez, foi estimada através da multiplicação da massa total de carbono (MC) pela relação nitrogênio (N) / carbono (C). Esta relação para a cultura da cana de açúcar foi considerada igual a 1,27/42,46 = 0,0299, segundo Lima et. al. (2010), baseando-se em literatura consultada.

A partir de tais equações, as quantidades de CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e NO<sub>x</sub> foram estimadas por meio da multiplicação das massas MC ou MN (dependendo da composição do gás analisado, se carbono ou nitrogênio, respectivamente) pelas taxas de emissão e fatores de conversão para cada gás. As equações (5), (6), (7) e (8) demonstram como foram calculadas tais estimativas.

$$\text{Emissão de CH}_4 = (\text{biomassa de resíduos queimada}) \times Tc \times \text{taxa de emissão} \times \text{fator de conversão} \quad (5)$$

$$\text{Emissão de CO} = (\text{biomassa de resíduos queimada}) \times Tc \times \text{taxa de emissão} \times \text{fator de conversão} \quad (6)$$

$$\text{Emissão N}_2\text{O} = (\text{biomassa de resíduos queimada}) \times Tc \times \text{razão N/C} \times \text{taxa de emissão} \times \text{fator de conversão} \quad (7)$$

$$\text{Emissão de NO}_x = (\text{biomassa de resíduos queimada}) \times Tc \times \text{razão N/C} \times \text{taxa de emissão} \times \text{fator de conversão} \quad (8)$$

Os fatores de conversão foram incorporados ao cálculo das estimativas das emissões por considerarem o peso molecular dos gases emitidos, o que se faz necessário devido ao fato das taxas de emissão estarem em unidades de carbono ou nitrogênio (LIMA et. al., 2010). As taxas de emissão e fatores de conversão utilizados pelos autores seguem as diretrizes metodológicas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC da sigla em inglês) e podem ser visualizadas na Tabela 4.

Tabela 4– Taxa de emissão de gases liberados durante a queima de resíduos agrícolas e fatores de conversão para o cálculo de emissões

Gás	Taxa de Emissão	Fator de Conversão
CH <sub>4</sub>	0,005 (C)	16/12
CO	0,060 (C)	28/12
N <sub>2</sub> O	0,007 (N)	44/28
NO <sub>x</sub>	0,121 (N)	46/14

Fonte: IPCC (1996) apud Lima et. al. (2010).

Como o Brasil não possui estatísticas oficiais sobre a prática da queima de resíduos da cana-de-açúcar, os pesquisadores da EMBRAPA realizaram o levantamento de

dados consultando especialistas de diversas instituições de referência no assunto, nas regiões e estados produtores de cana-de-açúcar (LIMA et. al., 2010). Ademais, segundo os autores, mesmo a colheita mecanizada pode ser realizada conjuntamente à queima da cana-de-açúcar, o que, por sua vez, fez com que os autores assumissem no relatório que toda a área de cana-de-açúcar submetida à colheita mecânica não foi acompanhada da prática de queima.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Para mais informações sobre a metodologia empregada no cálculo das estimativas de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana, consultar Lima et. al. (2010).





## 5 RESULTADOS

A fim de avaliar se vem ocorrendo o *decoupling* no setor de produção de cana-de-açúcar, foram calculados quatro indicadores, que, conforme proposto pela OECD (2002), podem ser aplicados para tal avaliação.

A partir de dados fornecidos pelo SINDAG, das vendas de defensivos agrícolas para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, e da produção obtida de tal cultura nos respectivos anos de análise, presente na base de dados da UNICA, tomando-se ambas as informações em volume (toneladas), calculou-se o indicador de *decoupling* do uso de defensivos agrícolas no cultivo da cana-de-açúcar brasileira. Indicadores foram calculados tanto para o produto comercial quanto para o princípio ativo.

Através da visualização da Figura 20, construída a partir dos dados de vendas de defensivos agrícolas por produto comercial e ingrediente ativo e de moagem de cana, ambos tendo como ano base 2000, observa-se claramente que o *decoupling* absoluto do uso de defensivos não ocorre no período de 2000 a 2010. Isto porque a trajetória das vendas de defensivos acompanha a da quantidade processada de cana-de-açúcar, sendo que de 2005 a 2007, o crescimento das vendas de defensivos é, de fato, superior ao da moagem.

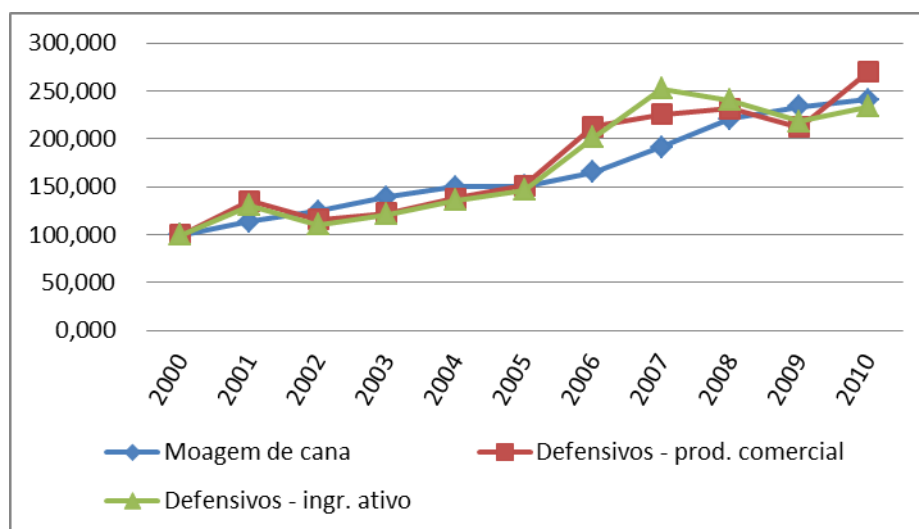


Figura 20 - Índice de vendas de defensivos agrícolas, dadas em quantidade de produto comercial e de princípio ativo e índice do volume de produção de cana-de-açúcar (Brasil) no período 2000-2011 - Ano base 2000

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SINDAG e da UNICADATA.

Nota: Os dados de moagem de cana são apresentados pela UNICADATA por safras. Diante disto, o ano de 2000,

por exemplo, refere-se à safra 2000/2001 e assim sucessivamente.

A despeito da não ocorrência do *decoupling* absoluto, há a possibilidade do *decoupling* relativo ter ocorrido no período analisado. De 2005 a 2007, tal como se observa na Figura 20, o uso de defensivos aumentou mais do que a quantidade produzida de cana, o que sinaliza a não ocorrência do *decoupling* relativo. No entanto, nos demais anos, com exceção de 2009 a 2010 para o caso do produto comercial, esta constatação não fica tão evidente.

A identificação do *decoupling* relativo de impacto ambiental pelo uso de defensivos é possível por meio da análise dos resultados da razão e do fator dos indicadores, calculados considerando a evolução das variáveis para o período entre 2000 e 2010. No entanto, dado que a produção de cana-de-açúcar, assim como toda atividade agrícola, e o uso de defensivos estão sujeitos a variações devido às condições climáticas e/ou econômicas e financeiras do setor, a escolha do período inicial e final pode alterar o resultado do indicador de *decoupling*. Ainda que pela análise gráfica seja possível uma indicação da ocorrência ou não do *decoupling*, apontando, inclusive, a partir de qual ano, para complementar a discussão foram também calculadas as razões dos indicadores com dados da média tri anual das vendas de defensivos e da moagem de cana. Os resultados obtidos para o triênio e na comparação entre o triênio final e inicial podem ser visualizados na Tabela 5. Nos Anexos de A a L, constam os resultados das razões, calculadas ano a ano, não só dos indicadores de uso de defensivos, mas também para as demais variáveis ambientais.

Tabela 5 - Razão e fator dos indicadores de *decoupling* do uso de defensivos agrícolas no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, calculados comparando os triênios e o período todo. Ano inicial: 2000 e ano final: 2010

Período final / Período inicial	Tipo de defensivo agrícola			
	Produto Comercial		Ingrediente Ativo	
	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>
2º triênio/1º triênio	0,903	0,097	0,910	0,090
3º triênio/2º triênio	1,240	-0,240	1,310	-0,310
Biênio (2009-10)/3º triênio	0,875	0,125	0,792	0,208
<b>Biênio (2009-10)/1º triênio</b>	<b>0,981</b>	<b>0,019</b>	<b>0,945</b>	<b>0,055</b>

Obs.: 1º triênio = 2000/2001/2002; 2º triênio = 2003/2004/2005 e 3º triênio = 2006/2007/2008.

Fonte: Elaboração própria.

Analisando a Tabela 5, observa-se que, para a maior parte dos períodos analisados, constatou-se *decoupling* relativo para o uso de defensivos agrícolas (tanto por produto comercial quanto por ingrediente ativo). A exceção foi o resultado quando se compara o 3º (2006/2007/2008) e o 2º triênios (2003/2004/2005). Vale ressaltar que o *decoupling* ocorre quando a razão do indicador apresentar valores menores do que 1 e, conseqüentemente, quando o fator do indicador assumir valores entre 0 e 1.

Embora os resultados apontem para a ocorrência do *decoupling* relativo, é importante enfatizar que ainda não existem muitos estudos na literatura que apresentem parâmetros de referência para comparar o grau de *decoupling* expresso pelos indicadores e, portanto, para avaliar se sua evolução é expressiva ou não. Tão pouco existem parâmetros que permitam discutir o que seriam indicadores almejados de serem alcançados para cada variável ambiental, dados os setores ou segmentos ou produtos estudados. Portanto os resultados acima podem ser vistos com cautela, mas não permitem grandes inferências sobre a efetividade ou grau de *decoupling*.

Em termos absolutos, tal como se pode notar na Figura 21, observa-se, ainda que com algumas variações, um aumento do uso de defensivos agrícolas pelo setor canavieiro. Aumento este que, no entanto, foi acompanhado pelo crescimento absoluto da produção de cana no Brasil, presente na Figura 22. Comparando-se essas duas bases de dados, verifica-se que no ano de 2000 foram utilizados 0,08438 quilos de defensivos por produto comercial para cada tonelada de cana produzida. Este coeficiente se eleva para 0,09459 em 2010. Para os defensivos analisados segundo o ingrediente ativo, observa-se uma redução de seu uso, de 0,04401 quilos de defensivos por tonelada de cana produzida em 2000 para 0,04266, em 2010. Tendo em vista que houve aumento no uso de produtos comerciais, mas redução por tonelada de ingrediente ativo, há que se considerar que uma análise mais pormenorizada do tema indica que é relevante avaliar questões tecnológicas relacionadas à própria produção dos defensivos agrícolas usados.

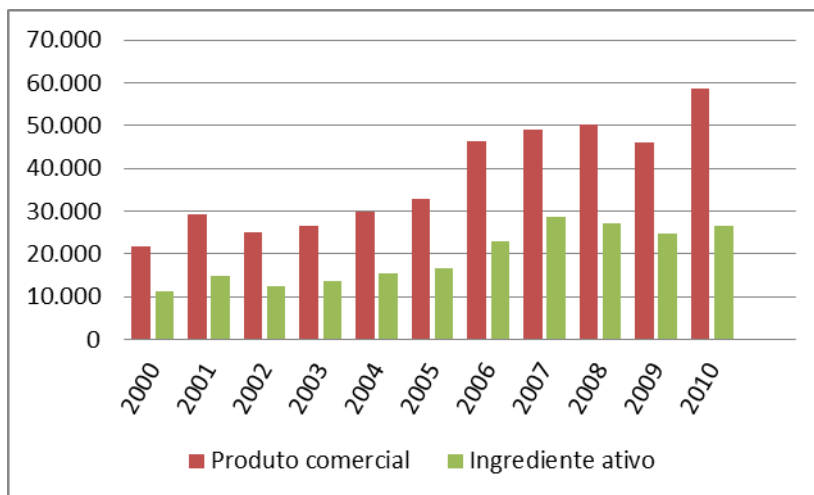


Figura 21 – Vendas de defensivos agrícolas, por produto comercial e ingrediente ativo, para o cultivo da cana de açúcar no Brasil no período de 2000 a 2010 (em toneladas).

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SINDAG.

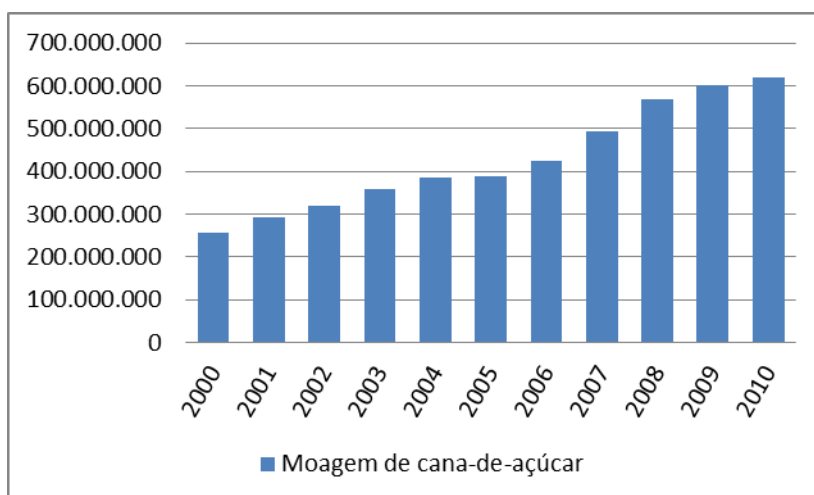


Figura 22 – Moagem de cana-de-açúcar no Brasil no período de 2000 a 2010 (em toneladas)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da UNICA.

Nota: Os dados de moagem de cana são apresentados pela UNICADATA por safras. Diante disto, o ano de 2000, por exemplo, refere-se à safra 2000/2001 e assim sucessivamente.

Como quase 91% dos defensivos agrícolas utilizados no cultivo da cana-de-açúcar são herbicidas, também calculou-se um indicador de *decoupling* para este defensivo com as médias tri anuais das vendas de herbicidas e da quantidade produzida de cana. A partir da visualização da Figura 23, constata-se a não ocorrência do *decoupling* absoluto do uso de herbicidas pelo setor canavieiro, visto que não há uma tendência clara de distanciamento entre

a variável ambiental (uso de herbicidas, por produto comercial e ingrediente ativo) e a variável de moagem de cana (*driving force*).

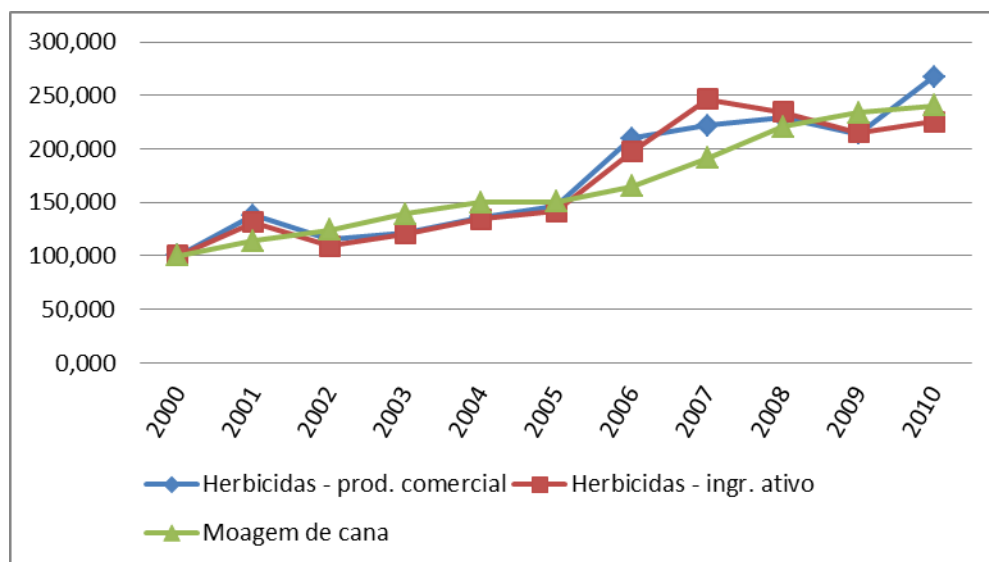


Figura 23 - Índice de vendas herbicidas, por produto comercial e princípio ativo e índice de moagem de cana-de-açúcar (Brasil) no período 2000 - 2010 - Ano base 2000

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SINDAG e da UNICADATA.

Nota: Os dados de moagem de cana são apresentados pela UNICADATA por safras. Diante disto, o ano de 2000, por exemplo, refere-se à safra 2000/2001 e assim sucessivamente.

Da mesma forma que na análise do uso de defensivos em geral, o *decoupling* relativo somente não ocorre quando se compara o 3º com o 2º triênio. A razão do indicador de *decoupling* do uso de herbicidas por produto comercial, presente na Tabela 6, é maior do que 1, o que indica a não ocorrência do *decoupling*.

Comportamento semelhante ao dos defensivos agrícolas, também se observa quando se analisam as vendas de herbicidas, em toneladas, para o cultivo da cana no Brasil. Tal como no caso do primeiro e com variações semelhantes, as vendas de herbicidas, por produto comercial e ingrediente ativo, aumentaram desde o ano de 2000, o que pode ser visualizado na Figura 24. Analisando-se tais quantidades conjuntamente com as de moagem de cana (Figura 22), constata-se que enquanto em 2000 foram utilizadas 0,07411 quilos de herbicidas (produto comercial) para cada tonelada de cana produzida, no ano de 2010 esse coeficiente foi de 0,08244. Quando se considera o uso de herbicidas por ingrediente ativo, o *decoupling* ocorre, sendo que a redução de seu uso por tonelada de cana produzida foi de 0,04113 (2000) para 0,03856 (2010).

Tabela 6 - Razão e fator dos indicadores de *decoupling* do uso de herbicidas no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, calculados comparando os triênios e o período todo. Ano inicial: 2000 e ano final: 2010

Período final / Período inicial	Herbicidas			
	Produto Comercial		Ingrediente Ativo	
	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>
2º triênio/1º triênio	0,879	0,121	0,895	0,105
3º triênio/2º triênio	1,246	-0,246	1,303	-0,303
Biênio (2009-10)/3º triênio	0,887	0,113	0,791	0,209
<b>Biênio (2009-10)/1º triênio</b>	<b>0,972</b>	<b>0,028</b>	<b>0,923</b>	<b>0,077</b>

Obs.: 1º triênio = 2000/2001/2002; 2º triênio = 2003/2004/2005; e 3º triênio = 2006/2007/2008.

Fonte: Elaboração própria.

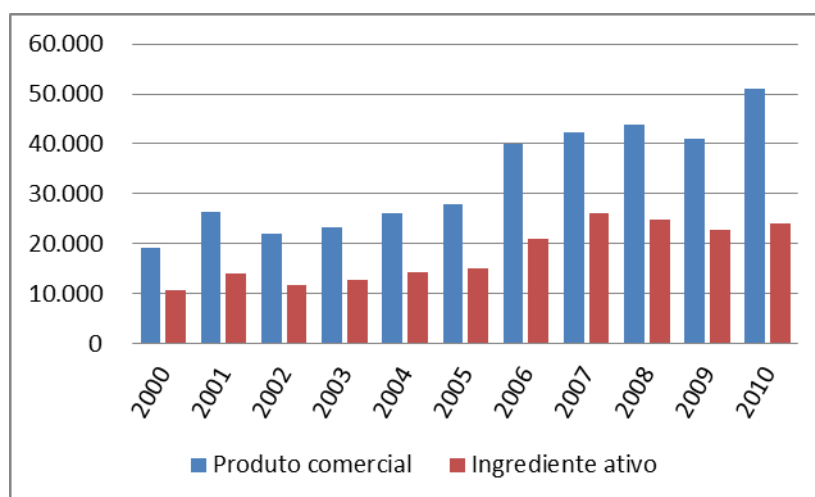


Figura 24 - Vendas de herbicidas, por produto comercial e ingrediente ativo, para o cultivo da cana de açúcar no Brasil no período de 2000 a 2010 (em toneladas).

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SINDAG.

Um dos fatores que contribui para o aumento do uso de defensivos agrícolas pelo setor canavieiro é a redução das queimadas e isto devido ao fato de que com a queima algumas pragas e insetos são mortos. Há, no entanto, alternativas ao uso de defensivos agrícolas e dentre estas, o controle biológico, que vem sendo adotado crescentemente no cultivo da cana.

Outra variável ambiental analisada para verificar a dissociação na produção de cana-de-açúcar é a de uso de fertilizantes. Para o período de 1999 a 2010, o emprego de

fertilizantes para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil cresceu mais rapidamente do que a quantidade de cana produzida. Na Figura 25 é possível observar o crescimento das variáveis ambiental e econômica, bem como que o *decoupling* absoluto não se verifica no período.

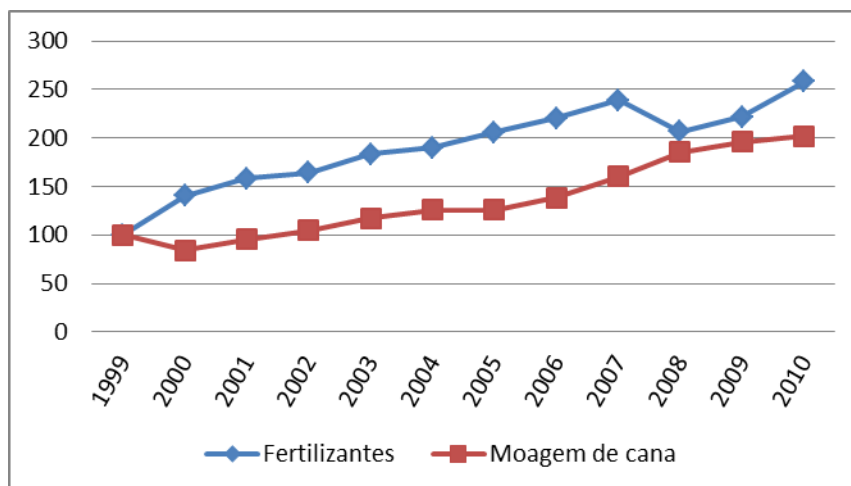


Figura 25 - Índice de vendas fertilizantes e índice de moagem de cana-de-açúcar (Brasil) no período 1999-2010 - Ano base 2000

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANDA e da UNICADATA.

Nota: Os dados de moagem de cana são apresentados pela UNICADATA por safras. Diante disto, o ano de 2000, por exemplo, refere-se à safra 2000/2001 e assim sucessivamente.

A ocorrência do *decoupling* relativo no uso de fertilizantes, por sua vez, pode ser examinada através da razão dos indicadores. Estes são apresentados na Tabela 7 e apontam para a ocorrência do *decoupling* relativo na maior parte do período, com exceção do 2º (2002 a 2004) em relação ao 1º triênio (1999 a 2001). Isto porque, segundo metodologia da OECD (2002), o *decoupling* ocorre quando o resultado da razão do indicador é menor do que 1. É interessante notar que no caso do uso dos fertilizantes, a tendência de queda da razão do indicador se mantém ao longo de todos os subperíodos comparados.

Apesar da importância dos resultados apresentados, principalmente por evidenciar que o *decoupling* relativo está ocorrendo, é preciso ter cautela nas análises tanto no que se refere ao caso dos fertilizantes quanto das demais variáveis ambientais utilizadas nesta pesquisa. Diferentemente da metodologia empregada pela OECD (2002), onde os indicadores de *decoupling* foram calculados tendo como referência somente um determinado período final e inicial, na presente pesquisa a evolução de tais indicadores é observada ano a ano, sendo que esses resultados estão no Anexo E, além daqueles apresentados neste capítulo para os triênios. Dado que as conclusões das duas formas pelas quais os indicadores foram calculados podem



variar, falta na metodologia da OECD (2002) uma especificação e recomendação mais clara e rigorosa quanto ao cálculo e avaliação dos indicadores de *decoupling*.

Tabela 7 - Razão e fator dos indicadores de *decoupling* do uso de fertilizantes no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil. Cálculo por triênio e para o período (1999 - 2010)

Período final / Período inicial	Fertilizantes	
	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>
2º triênio/1º triênio	1,092	-0,092
3º triênio/2º triênio	0,836	0,164
4º triênio/3º triênio	0,730	0,270
<b>4º triênio/1º triênio</b>	<b>0,666</b>	<b>0,334</b>

Obs.: 1º triênio = 1999/2000/2001; 2º triênio = 2002/2003/2004; 3º triênio = 2005/2006/2007 e 4º triênio = 2008/2009/2010.

Fonte: Elaboração própria.

Na agricultura, por exemplo, é evidente o impacto que as variações nos preços e as alterações climáticas têm na quantidade de defensivos agrícolas e fertilizantes empregados pelos produtores a cada ano.

A despeito da ocorrência do *decoupling* relativo do uso de fertilizantes pela atividade canavieira, observa-se um aumento, em termos absolutos, do uso de fertilizantes no cultivo da cana nos últimos três anos, tal como demonstra a Figura 26. Aumento este, no entanto, que elevou o consumo de fertilizantes em 2010 a um patamar inferior ao observado no ano de 2007. Concomitantemente a tal cenário, um fato preocupante é que o consumo de fertilizantes pelo setor canavieiro a partir de 2009 teve um crescimento maior do que a quantidade de cana produzida, o que pode ser visto na Figura 25.

Ainda no que se refere aos resultados apresentados, é importante levar em consideração que a produção de cana de açúcar certamente está sujeita a variáveis como preços de seus produtos, choques climáticos afetando a safra, e mesmo políticas do governo que afetam, por exemplo, a comercialização de etanol e os investimentos no setor. Estes aspectos têm sido discutidos na literatura e explicam conjuntamente a mudança na tendência e taxa de crescimento da produção de cana a partir de 2007.

O uso de fertilizantes na atividade agrícola é justificado pelos produtores devido à necessidade de obter maior produtividade e assim utilizar menor quantidade de terra para produzir mais. De fato, no setor canavieiro observa-se um aumento da produtividade desde o ano 2000, como demonstrado na Figura 27. Ademais, os fertilizantes são considerados pelos produtores como um insumo e sendo assim eles são fatores de produção.

Em termos ambientais, no entanto, a intensificação do uso de fertilizantes implica no agravamento da pressão ambiental.

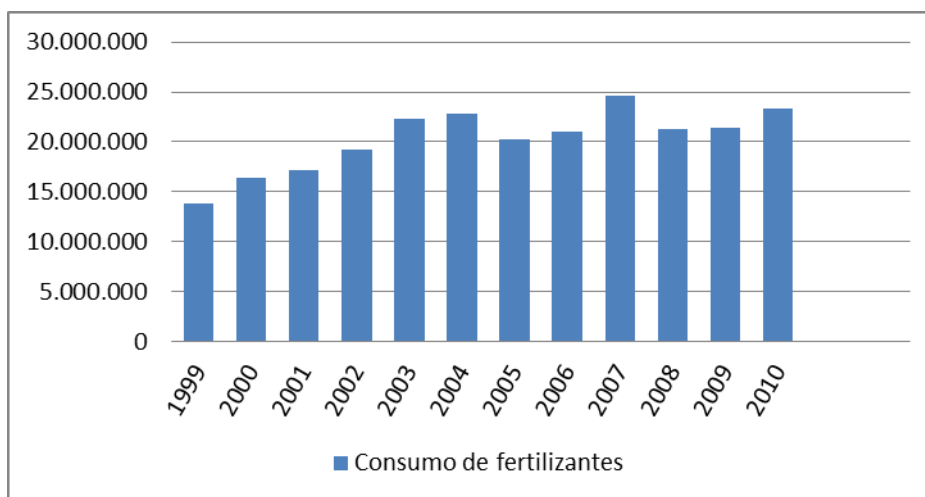


Figura 26 - Consumo de fertilizantes para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil no período de 1999 a 2010 (em toneladas)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANDA.

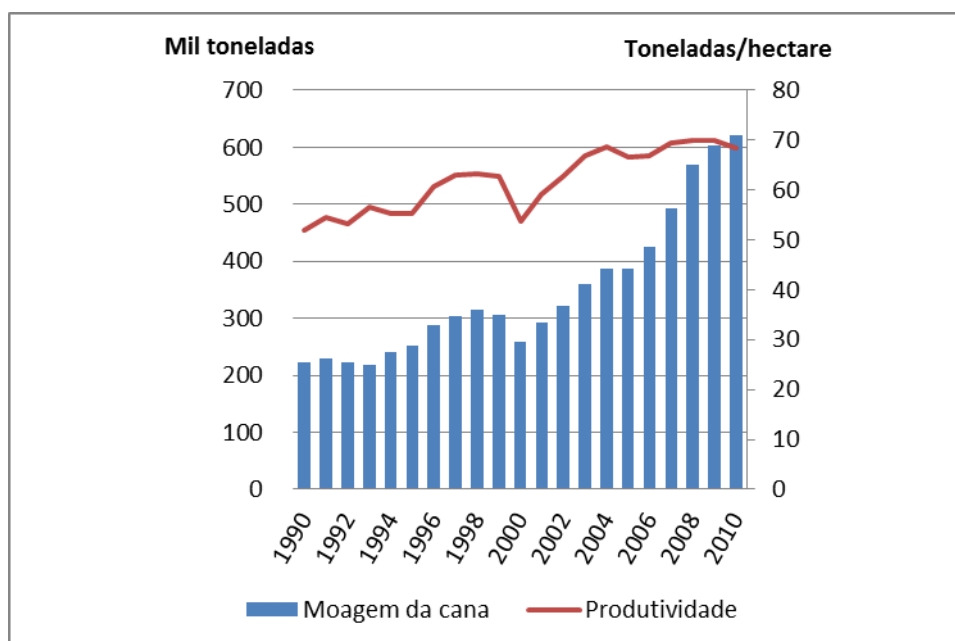


Figura 27 – Moagem (em mil toneladas) e produtividade (em toneladas/hectare) da cana-de-açúcar – 1990 a 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da UNICADATA.

Nota: Os dados de moagem de cana são apresentados pela UNICADATA por safras. Diante disto, o ano de 2000, por exemplo, refere-se à safra 2000/2001 e assim sucessivamente.

Apenas a título de ilustração, para um grupo de vinte países membros da OECD<sup>9</sup> foram encontrados valores de fator de *decoupling* do consumo de fertilizantes comerciais (NPK) pela atividade agrícola que variaram de -0,24 (Austrália) a 0,61 (Alemanha). Desses vinte países, observou-se a ocorrência do *decoupling*, valores do fator maiores do que 1, em quatorze deles, sendo que somente em três destes não se observou o *decoupling* absoluto, a saber, Canadá, Irlanda e EUA. Os países onde não se verificou adissociação, nem absoluta nem relativa foram: Austrália, Espanha e Turquia. Os indicadores de *decoupling*, calculados pela OECD (2002), tiveram como referência os anos de 1997 e 1985.

Além dos indicadores já apresentados, também se calculou na presente pesquisa o indicador de *decoupling* das emissões dos gases metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) provenientes da queima de resíduos da cana-de-açúcar. Na Figura 28, observa-se que a partir de 1995 o índice da quantidade produzida de cana começa a se distanciar daquele representativo da evolução da quantidade emitida de gases de efeito estufa. Vale ressaltar que todos os gases emitidos apresentam um comportamento muito semelhante. Apesar do distanciamento entre as duas variáveis, o *decoupling* absoluto não ocorre, o que é visível na Figura 29, construída considerando-se as variáveis em unidades físicas.

Pela Figura 28 nota-se uma redução da moagem da cana de açúcar no ano de 2000, o que foi acompanhado de uma redução, ainda que menor, das emissões dos gases de efeito estufa, verificando-se na sequência um crescimento das duas variáveis. Segundo a metodologia da OECD (2002), a Figura 28 evidencia a ocorrência do *decoupling* relativo da produção em relação à emissão dos gases.

Na Figura 29 são observadas duas tendências distintas das emissões de gases de efeito estufa: uma decrescente, de 1990 a 2000; e outra crescente, de 2000 a 2006. No primeiro período a taxa de crescimento anual das emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana foi de - 13,20%, enquanto que no segundo foi de 27,10%. Para estes mesmos períodos, a produção da cana-de-açúcar apresentou taxas de crescimento anual de 15,82% e 38,61%, respectivamente, sendo que de 2000 a 2006, é nítida a elevação conjunta, em termos absolutos, das emissões e da moagem da cana-de-açúcar. A

---

<sup>9</sup> A saber, Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, EUA, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Japão, Noruega, Reino Unido, Suécia, Suíça e Turquia.

partir de tais constatações, conclui-se que não houve *decoupling* absoluto da produção de cana em relação à emissão de gases de efeito estufa.

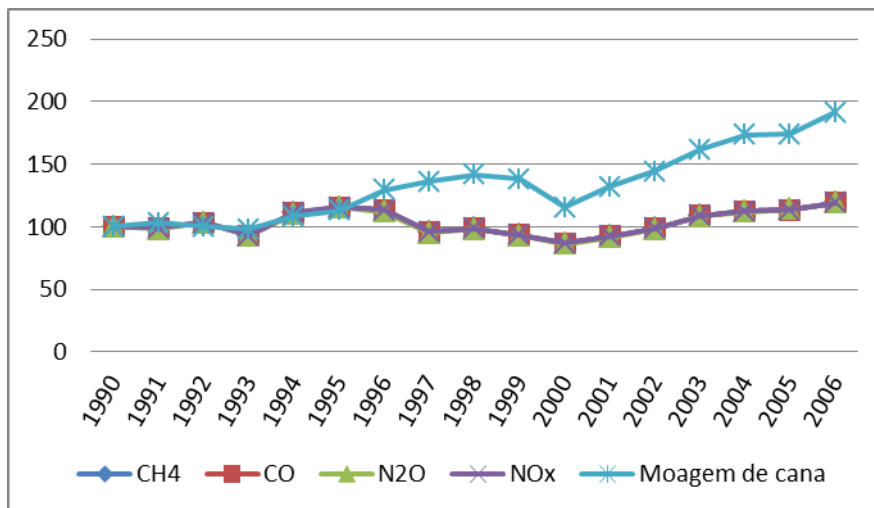


Figura 28 - Índice de emissões de gases de efeito estufa *versus* índice de volume de produção de cana-de-açúcar no Brasil no período de 1990 a 2006– Ano Base = 1990

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Lima et. al. (2010) e UNICADATA.

Nota: Os dados de moagem de cana são apresentados pela UNICADATA por safras. Diante disto, o ano de 2000, por exemplo, refere-se à safra 2000/2001 e assim sucessivamente.

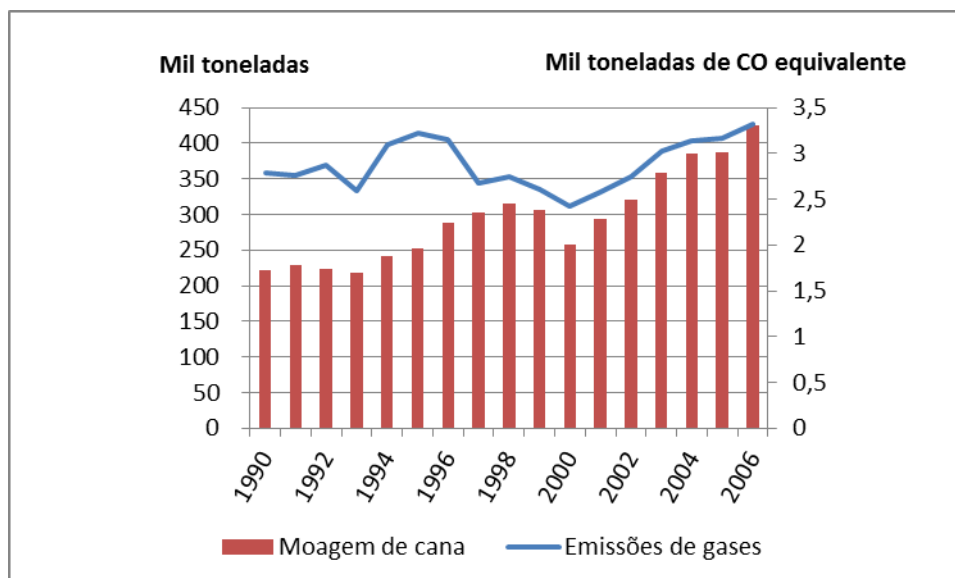


Figura 29 – Total de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar (em toneladas de CO equivalente) *versus* moagem da cana (em toneladas) – 1990 -2006

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados da razão dos indicadores de *decoupling* das emissões de cada um dos gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Razão dos indicadores de *decoupling* das emissões de gases de efeito estufa proveniente da queima da palha da cana na fase de pré colheita. Cálculo por triênio e para o período (1990 - 2006)

Razão do indicador de <i>decoupling</i>					
Período final / Período inicial	Tipo de gás				
	CH <sub>4</sub>	CO	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	TOTAL
2º triênio/1º triênio	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004
3º triênio/2º triênio	0,756	0,756	0,751	0,756	0,756
4º triênio/3º triênio	0,936	0,936	0,937	0,936	0,936
5º triênio/4º triênio	0,943	0,942	0,948	0,942	0,942
Biênio (2005- 2006)/5º triênio	0,954	0,954	0,957	0,954	0,954
<b>Biênio (2005- 2006)/1º triênio</b>	<b>0,639</b>	<b>0,639</b>	<b>0,641</b>	<b>0,639</b>	<b>0,639</b>

Obs.: 1º triênio = 1990/1991/1992; 2º triênio = 1993/1994/1995; 3º triênio = 1996/1997/1998; 4º triênio = 1999/2000/2001 e 5º triênio = 2002/2003/2004.

Fonte: Elaboração própria.

Como os resultados da razão dos indicadores são todos menores do que 1 conclui-se pela ocorrência do *decoupling* relativo de emissões de todos os gases considerados individualmente e também quando considerada sua somatória. Essa ocorrência no período de 1990 a 2006 fica evidente na Figura 28, particularmente a partir de 1996. De acordo com especialista do setor<sup>10</sup>, pressões dos sindicatos de cortadores de cana nesse ano possivelmente contribuíram para a redução das queimadas, e, conseqüentemente, das emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana, que poderiam explicar o início do *decoupling* em 1996. É importante também lembrar que a partir da segunda metade da década de 90, com a regulamentação federal e estadual da queima na agricultura, e, particularmente, no setor canavieiro, as pressões e a fiscalização pela redução da queima aumentaram e,

<sup>10</sup> Via comunicação pessoal realizada no dia 03 de Dezembro de 2012, com a professora do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP e também pesquisadora especialista do setor sucroenergético do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da ESALQ/USP, Mirian Rumenos Piedade Bacchi.

portanto, podem ajudar a compreender os determinantes do *decoupling* observado até início dos anos 2000.

No ano de 1990, para cada tonelada de cana-de-açúcar produzida eram emitidas 12,52 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente de gases de efeito estufa. Em 2006, esse coeficiente se reduziu para 7,8. Portanto, apesar do aumento, em termos absolutos, do total de emissões de gases provenientes das queimadas nos canaviais, em termos relativos, tal como demonstrado na Figura 30, houve uma diminuição das emissões por tonelada de cana produzida.

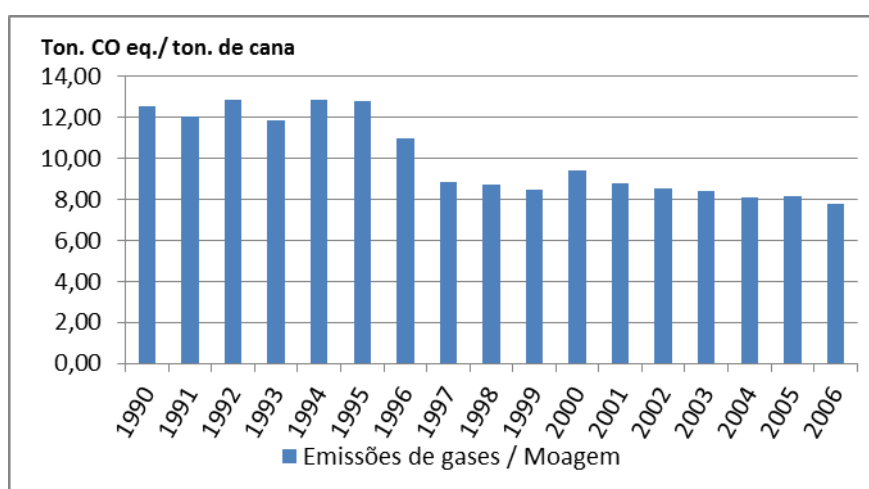


Figura 30 – Total de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar (em toneladas de CO equivalente) dividido pela moagem de cana (em toneladas) – 1990 a 2006

Fonte: Elaboração própria.

Em documento da OECD (2002) foram calculados indicadores de *decoupling* das emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) pela atividade agrícola de dezenove países membros da OECD<sup>11</sup>. Para cinco destes, a saber, Finlândia, Irlanda, Noruega, Suíça e Suécia, não se observou a ocorrência do *decoupling* das emissões de metano. No caso do óxido nitroso, de acordo com gráfico apresentado por OECD (2002), o *decoupling* não ocorre na Austrália, Canadá, Holanda, Noruega, Suécia e ainda que de forma não muito clara, na Irlanda. Os fatores foram calculados para o período 1990-1997, sendo que seus valores, no entanto, não foram divulgados no relatório. Ademais, de acordo com OECD (2002), os países

<sup>11</sup> Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, EUA, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Japão, Noruega, Reino Unido, Suécia e Suíça.

européus registraram um pequeno, mas absoluto, *decoupling* para ambos os gases, o que pode ser explicado pela redução da atividade pecuária, principalmente de suínos e bovinos, e pela mudança no manejo de dejetos dos animais.

A despeito da ocorrência do *decoupling* das emissões de gases de efeito estufa ser um resultado importante já que, no Brasil, a produção da cana-de-açúcar se encontra em expansão, deve-se ressaltar que essas emissões não seriam lançadas no ar se não houvesse a queima de resíduos da cana na fase de pré colheita. Dito de outra forma, as emissões de gases de efeito estufa dessa fonte poderiam ser evitadas, por exemplo, mecanizando-se a colheita da cana. Por este lado, é importante ressaltar que com a mecanização da colheita seriam eliminadas as emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima das folhas da cana, mas, por outro, ter-se-iam emissões de gases poluentes geradas pela queima de combustíveis necessários ao funcionamento das colhedadeiras de cana. Ademais, por poder gerar a compactação do solo, a mecanização não é recomendada em algumas áreas agrícolas.

Portanto, a partir dos resultados dos indicadores, observou-se que o *decoupling* na produção canavieira se verifica, nos períodos mais recentes de análise, para todas as variáveis ambientais analisadas nesta pesquisa, o que inclui as emissões de gases de efeito estufa, o uso dos defensivos agrícolas, dos herbicidas e dos fertilizantes. A despeito da importância desses resultados, vale ressaltar que os indicadores foram calculados para períodos distintos, a saber, de 2000 a 2011 para o indicador de uso dos defensivos e de herbicidas, de 1999 a 2011 para o de uso dos fertilizantes e de 1990 a 2006 para o de emissões em função da limitação na disponibilidade de dados.

Apesar de não ter sido possível devido à falta de dados, seria interessante calcular os indicadores de uso de defensivos e herbicidas para o começo dos anos 90 e compará-los ao período mais recente. Da mesma forma, outros indicadores poderiam ser calculados caso os dados estivessem disponíveis, destacadamente, o uso de água, não só na atividade canavieira, mas até mesmo na atividade de processamento (moagem) da cana.

Com a expansão da produção da cana-de-açúcar no Brasil e da crescente importância do etanol como combustível veicular, o setor canavieiro passou a ser cada vez mais pressionado a adotar práticas mais sustentáveis de plantio e colheita. A despeito, no entanto, de ações no Estado de São Paulo, como a implantação da Lei 11.241 de eliminação gradativa da queima da palha da cana, a criação do Projeto Ambiental Etanol Verde, do protocolo agroambiental, da obtenção de certificações ambientais, do zoneamento agroambiental, tanto em São Paulo quanto no Brasil todo, entre outros, o *decoupling* absoluto,

mais importante em termos ambientais, não está ocorrendo em nenhuma das variáveis ambientais analisadas, tal como demonstrado nesta pesquisa.





## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A despeito de ter sido possível o cálculo dos indicadores de *decoupling* para o setor canavieiro, a dificuldade em se encontrar dados ambientais no Brasil é muito grande, sendo que alguns, mesmo quando disponíveis, apresentam defasagem temporal, tal como os de emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima da palha da cana em relação aos dados disponíveis de produção e moagem de cana. As estimativas de emissão, apesar de terem sido divulgadas em relatório de 2010, somente foram mensuradas até 2006.

Além dos indicadores de impacto ambiental apresentados na presente pesquisa, o objetivo também era calcular indicadores de uso de recursos naturais, tal como o de uso de água pelo setor canavieiro. Este não foi possível de ser calculado devido à indisponibilidade de informações quantitativas sistemáticas do volume de água utilizada no cultivo da cana-de-açúcar.

A expansão da produção da cana-de-açúcar, além de implicar na ocupação de terras antes destinadas à produção de alimentos, também gera impactos ambientais. Ademais, como o setor agropecuário é o principal responsável pelas emissões de alguns gases de efeito estufa, como o metano e o óxido nitroso, com o aumento populacional mundial, a necessidade de expansão da produção de alimentos, desconsiderando-se o surgimento de novas técnicas de cultivo de alimentos e criação de animais, resultará num aumento das emissões dos gases mencionados.

Para que o mundo transite de uma economia marrom para uma economia verde, baseada na promoção do bem estar, igualdade social e redução da degradação ambiental, o PNUMA (2011) propõe que sejam estimuladas algumas atividades econômicas em detrimento de outras que, por exemplo, baseiam-se no esgotamento do capital natural. Uma das atividades incentivadas é o uso de energias renováveis, sendo que a grande aposta do Brasil neste aspecto é a geração de bioenergia a partir da cana-de-açúcar e do uso do etanol como combustível veicular. Neste aspecto, é importante ressaltar que apesar dos biocombustíveis emitirem menor quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera se comparados aos combustíveis fósseis, sua produção gera pressão ambiental através da expansão do uso da terra, degradação dos solos e, no caso da cana, de emissões de gases provenientes da prática, ainda existente no país, de queima da palha da cana na etapa de pré colheita da mesma.

O incentivo ao consumo de um combustível que emite menos gases poluentes do que a gasolina e à produção de energia renovável, o biodiesel, é inegavelmente importante para o meio ambiente, mas deverão ser considerados também os impactos ambientais gerados pelo cultivo e colheita da matéria-prima utilizada na produção de etanol e de bioenergia, a cana-de-açúcar. Tornar o setor sucroenergético mais sustentável requererá empreendimentos e esforços não só no aprimoramento e modernização dentro das indústrias como também nos canaviais, o que de certa forma já vindo ocorrendo em algumas propriedades e usinas.

O conceito de *decoupling* constitui-se num dos pilares para que ocorra o “esverdeamento” da economia mundial, visto que busca a dissociação entre o impacto ambiental e/ou uso dos recursos naturais e a atividade econômica. Ou seja, almeja-se produzir mais, degradando menos o meio ambiente e utilizando menos recursos naturais.

O conceito de *decoupling* e a análise de sua ocorrência ou não por meio da visualização gráfica e do cálculo de indicadores, constituem-se numa nova abordagem e método, dentre outros existentes na literatura corrente, para a verificação dos problemas ambientais gerados pela atividade produtiva. Por tratar-se de um tema novo, no entanto, ainda não foram definidos parâmetros claros que delimitem a ocorrência do *decoupling*. A constatação ou não do *decoupling* através do resultado da razão do indicador deixa dúvidas quando os resultados são muito próximos de 1.

Adicionalmente, e para o caso específico da cana-de-açúcar, não se tem outros trabalhos que mensurem o *decoupling* para as mesmas variáveis ambientais avaliadas neste estudo, para outros países e regiões, que permitissem um comparativo dos indicadores obtidos e uma discussão mais qualitativa a respeito da ocorrência ou da ausência do *decoupling* nessa atividade.

Apesar disto e ainda que, tal como alertado pela OECD (2002), o indicador de *decoupling* deva ser analisado com cautela visto que apenas capta uma parte de um problema ambiental mais complexo, os resultados apresentados nesta pesquisa demonstram resultados importantes e evidenciam que avanços ainda precisam ser implantados no setor canavieiro de forma a torná-lo mais sustentável e ser possível a verificação do *decoupling* absoluto no setor. Vale ressaltar que a não dissociação entre a atividade econômica e o uso de recursos naturais e de impactos ambientais, exercerá maior pressão de carga ao planeta e assim agravará os atuais problemas ambientais.

De acordo com os resultados apresentados e discutidos na presente pesquisa, a dissociação relativa entre o impacto ambiental e a produção da cana-de-açúcar está ocorrendo de forma mais expressiva nas emissões de gases de efeito estufa nessa atividade. Ou seja, o

*decoupling* ocorre para o impacto ambiental mais visível no setor canavieiro na atualidade, e sobre o qual a pressão pelo seu fim é maior, a saber, a poluição atmosférica (dada pelas emissões de gases de efeito estufa). A pressão pelo fim das queimadas na fase de pré colheita da cana-de-açúcar advém tanto da esfera governamental quanto da sociedade em geral, o que inclui os ambientalistas e a população residente em regiões de cultivo da cana-de-açúcar.

Quanto ao uso de defensivos agrícolas e fertilizantes no cultivo da cana, estes ainda são vistos como necessários para promover o aumento da produtividade do setor. Além disto, os defensivos e fertilizantes são considerados insumos produtivos e não necessariamente fatores cujo uso leva à degradação ambiental, o que justifica que a pressão pela redução de seus usos é muito inferior se comparada à pressão pelo fim das queimadas. A despeito destes fatores, um *decoupling* relativo foi constatado, em algum período, para estas variáveis.

O uso mais eficiente de defensivos agrícolas e fertilizantes pelo setor canavieiro do ponto de vista ambiental (de reduzir a degradação ambiental) e de forma que possibilite a ocorrência do *decoupling* absoluto, pode ser alcançado por um conjunto de medidas de manejo da cultura, dentre os quais pelo uso do controle biológico nos canaviais. Outro fator que pode contribuir para a ocorrência do *decoupling* na produção da cana-de-açúcar brasileira são as exigências dos países compradores sobre produtos do setor, etanol e açúcar, que passam pela necessidade de adotar esquemas de certificação ambiental, que ao estabelecerem normas de produção a serem seguidas, pressionam os produtores a utilizar de maneira mais sustentável os recursos naturais e reduzir os impactos ambientais gerados pela atividade antrópica.

No que se refere aos fertilizantes e defensivos agrícolas demandados pela atividade agrícola, é importante ressaltar que tal demanda está sujeita a fatores econômicos externos como níveis de preços, choques de oferta bem como crises econômicas, tal como a iniciada em 2008. Perturbações estas que podem influenciar significativamente no cálculo e interpretação dos indicadores de *decoupling*. Além disto, se os indicadores forem calculados ano a ano (tal como consta nos Anexos), não se observa a ocorrência do *decoupling* relativo, salvo exceção em alguns períodos.

Por fim, o setor canavieiro deverá cada vez mais desenvolver meios de degradar menos o meio ambiente, tanto pelo fim das queimadas, como pelo uso de medidas de controle biológico, de rotação de culturas quanto pelo desenvolvimento de qualquer outra inovação tecnológica menos intensiva na degradação do meio ambiente e do uso dos recursos naturais. Além de ser questionado por utilizar terras que antes eram destinadas ao cultivo de

alimentos, o setor canavieiro gera degradação ambiental bastante visível pela população, o que gera pressão por parte desta também, particularmente no que tange às queimadas e suas consequências para as comunidades próximas de onde é praticada.

Ainda que outros estudos sobre o setor canavieiro sejam necessários, os cálculos dos indicadores de *decoupling* já permitem obter um panorama da produção da cana-de-açúcar no Brasil, bem como a identificação dos aspectos que precisam ser melhorados em termos ambientais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo, 1990 -2010.

ABRAMOVAY, R. Trunfos e custos da descarbonização da matriz energética com base no etanol. In: NETTO, A.D. (Coord). **O estado da arte em economia: o Brasil e a ciência econômica em debate**. São Paulo: Saraiva, 2011, v. 2, p. 163-183.

AGUIAR, D.A.; RUDORFF, B.F.T.; SILVA, W.F.; CARVALHO, M.A.; GOLTZ, E.; AULICIANO, T.L.N.; BRANDÃO, D.; ADAMI, M.; SUGAWARA, L.M.; MELLO, M.P. **Monitoramento do modo de colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo – ano safra 2009/2010**. São José dos Campos: INPE, 2010. 154p. (Relatório técnico).

ALMEIDA, F.. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002. 101p.

ALMEIDA, L. T.. Economia verde: a reiteração de ideias à espera de soluções. **Estudos Avançados**: São Paulo, v.26, n. 74; p. 93-103, 2012.

ALMEIDA, L.T.; FEIX, R.D; MIRANDA, S.H.G. Comércio e meio ambiente: evidências do setor agroexportador brasileiro. In: MAY, P. H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 245-262.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCT, 1992. 27 pág. Disponível em: <  
[http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/convencao\\_clima.pdf](http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/convencao_clima.pdf)>. Acesso em: 20 Nov. 2012.

\_\_\_\_\_. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. Brasília: MCT, 2010. 520p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Série Biodiversidade nº1. Brasília: MMA, 2000. 30 pág. Disponível em: <  
[http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/cdb\\_ptbr.pdf](http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/cdb_ptbr.pdf)>. Acesso em: 20 Nov. 2012.

\_\_\_\_\_. **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília: MMA, Jun. 1992. 4 pág. Disponível em: < <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente: Agenda 21**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995. Disponível em: < <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf> >. Acesso em: 19 nov. 2012.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010. 327p.

CARVALHO, P.G.M.; BARCELLOS, F. C. Mensurando a sustentabilidade. In: MAY, P.H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 99-132.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE - CEPAL. **La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe**. Síntesis 2010. Santiago do Chile: Publicação das Nações Unidas, 2010. 113p.

CEPEA/ESALQ/USP. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: < <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 11 Set. 2012.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de Janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 Fev. 1986. Seção 1, p. 2548-2549 . Disponível em: <<http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2060632.PDF>> . Acesso em: 15 Nov. 2012.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: <[http://www.rio20.gov.br/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20](http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20)>. Acesso em: 03 Set. 2012.

CORDANI, U.G.; MARCOVITCH, J.; SALATI, E. Avaliação das ações brasileiras após a Rio-92. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.11, n.29; p. 399-408, 1997.

COSTA, A.A.V.M.R. Agricultura sustentável I: conceitos. **Revista de Ciências Agrárias**. Lisboa, v.33, n.2; p. 61-74, dez. 2010a.

COSTA, A.A.V.M.R. Agricultura sustentável III: indicadores. **Revista de Ciências Agrárias**. Lisboa, v.33, n.2, p. 90-105, dez. 2010b.

CÚPULA DOS POVOS. **Documentos Finais da Cúpula dos povos na Rio+20 por justiça social e ambiental**. Rio de Janeiro, 22 Jun. 2012. Disponível em: <<http://cupuladospovos.org.br/wp-content/uploads/2012/06/Declaracao-final-PORT.pdf>>. Acesso em: 20 Nov. 2012.

DIRETOR DO PNUMA DIZ QUE TEXTO DA RIO+20 É REFLEXO DA SITUAÇÃO GLOBAL. **Globo**, Rio de Janeiro, 22 Jun. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/rio20/noticia/2012/06/diretor-do-pnuma-diz-que-texto-da-rio20-e-reflexo-da-situacao-global.html>>. Acesso em: 15 Nov. 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Impacto ambiental da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.cana.cnpm.embrapa.br/>>. Acesso em: 12 Nov. 2012.

EMBRAPA SOLOS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 57 p.

ENRÍQUEZ, M.A. Economia dos recursos naturais. In: MAY, P.H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 49-78.

GAETANI, F.; KUHN, E.; ROSENBERG, R. O Brasil e a economia verde: um panorama. **Política Ambiental**. Belo Horizonte, n.8, Jun., p.78-87, 2011.

GODOI, A.F.L.; RAVINDRA, K.; GODOI, R.H.M.; ANDRADE, S.J.; SANTIAGO-SILVA, M.; VAN VAECK, L.; VAN GRIEKEN, R. Fast chromatographic determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosol samples from sugar cane burnig. **Journal of Chromatography A**, Las Vegas, v. 1027, p. 49-53, 2004.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A.B. **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement**. Massachusetts, Nov. 1991. 57p. (NBER Working Paper 3914).

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 20 set. 2002. Seção 1, pág. 2. Disponível: <[http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/24/Documentos/Lei%20Estadual\\_11241\\_2002.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/24/Documentos/Lei%20Estadual_11241_2002.pdf)>. Acesso em: 26 Nov. 2012.



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e da Agricultura e Abastecimento. Resolução SMA-SAA n. 4, de 18 de Setembro de 2008. Dispõe sobre o zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. **Diário Oficial Poder Executivo**, São Paulo, 20 set. 2008. Seção 1, pág. 93.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Resolução SMA n. 88 de 19 de Dezembro de 2008. Dispõe as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-n%C2%B0-88-de-19-12-2008-republicada-em-26-03-2009/> >. Acesso em: 20 Nov. 2012.

HARDI, P.; ZDAN, T.. **Assessing sustainable development**: principles in practice. International Institute for Sustainable Development. Manitoba: IISD, 1997. 175 p.

HUNT, E. K. **História do pensamento econômico**: uma perspectiva crítica. 7 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1981. 541p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. IBGE, Out. 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201210\\_5.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201210_5.shtm)>. Acesso em: 5 Out. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasnacionais/2009/default.shtm>>. Acesso em: 7 Out. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2012. Estudos e Pesquisas - Informação Geográfica, n. 9. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 350p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais**: Brasil – 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 172p. (Série Relatórios Metodológicos, n. 24).

IPEADATA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 21 Ago. 2012.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, fontes de dados e aplicações. Campinas: Alínea, 2001. 141p.

KUZNETS, S. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 45, n.1, p. 1-28. March, 1955.

LANGOWSKI, E. **Queima da cana: uma prática usada e abusada**. Cianorte: APROMAC, Mai. de 2007. Disponível em: <<http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANA.pdf>>. Acesso em: 15 Nov. 2012.

LIMA, M.A. de; LIGO, M.A.V.; PESSOA, M.C.P.Y.; NEVES, M.C.; CARVALHO, E.C. EMBRAPA **Emissões de efeito estufa na queima de resíduos agrícolas**. Segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Brasília: MCT, 2010. 65p. (Relatórios de referência).

LOUETTE, A. (Org.). **Indicadores de nações: uma contribuição ao diálogo da sustentabilidade**. Gestão do conhecimento. São Paulo: Willis Harman House, 2007. 116p.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle: remaking the way we make things**. New York: North Point Press, 2002. 193p.

MILHORANCE, F. O que foi a Rio 92. **O Globo**, 30 Mai. 2012. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio20/o-que-foi-rio-92-4981033>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

MINC, C. Reflexos da economia verde. **O Globo**, Rio de Janeiro, 07 Ago. 2012. Seção Opinião, p. 7.

MEDINA, H.V. de.; GOMES, D.E.B. **Reciclagem de automóveis: estratégias, práticas e perspectivas**. CETEM. Rio de Janeiro, 2003. (Série Tecnologia Ambiental). Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/series\\_sta/sta-27.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sta/sta-27.pdf)>. Acesso em: 13 Out. 2010.

NACIONES UNIDAS. **El futuro que queremos**. Resolución aprobada por la Asamblea General. Naciones Unidas, 11 Set. 2012, 60 pág. Disponível em: <<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N11/476/13/PDF/N1147613.pdf?OpenElement>>. Acesso em: 25 Out. 2012.

NASCIMENTO, L.F.; LEMOS, A.D.C.; MELLO, M.C.A. **Gestão socioambiental estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229p.

NEVES, M.F.; CONEJERO, M.A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2010. 288p.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure and Economic Growth**. OECD, 16 Mai. de 2002. Disponível em: <[http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=sg/sd\(2002\)1/final](http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=sg/sd(2002)1/final)>. Acesso em: 16 Ago. 2012.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **OECD Environmental Strategy for the First Decade of the 21<sup>st</sup> Century**. OECD, 16 Mai. de 2001. Disponível em: <<http://www.oecd.org/environment/environmentalindicatorsmodellingandoutlooks/1863539.pdf>>. Acesso em: 13 Set. 2012.

OMETTO, A.R.; MANGABEIRA, J.A.C.; HOTT, M.C. Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, Abr. 2005, p. 2297-2299.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza – Síntese para Tomadores de Decisão**, 2011. 52p. Disponível em: <[http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/1101-GREENECONOMYsynthesis\\_PT\\_online.pdf](http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/1101-GREENECONOMYsynthesis_PT_online.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2012.

SANCHEZ, G.F.; MATOS, M.M.; MARQUES, M.M.R. Análise da sustentabilidade da agricultura: marcos metodológicos para sistematização de indicadores. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, 50., 2012. Espírito Santo. **Anais...** Espírito Santo: SOBER, 2012. 20 p. Disponível em: <<http://icongresso.itarget.com.br/useradm/anais/?clt=ser.2>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

SAWYER, D. Economia verde e/ou desenvolvimento sustentável? **Política Ambiental**. Economia Verde: desafios e oportunidades. Belo Horizonte, n.8, p. 36-42, jun. 2011.

SILVA, M.F.O.; COSTA, L.M. A indústria de defensivos agrícolas. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n. 35, Mar. 2012, p. 233-276. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3507.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3507.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2012.

SOLOW, R.M. Sustainability: an economist's perspective. In: STAVINS, R. **Economics of the Environment**. New York: W.W. Norton, 1991. p.179-187.

SOUZA, K. R. **Desafios ambientais na indústria automobilística**: uma análise do processo de reciclagem e reutilização de materiais. 2010. 86p. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Araraquara, 2010.

SOUZA, K.R.; MIRANDA, S.H.G. **Economia verde e o conceito de *decoupling***: limites e desafios à agropecuária brasileira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, 50., Administração e Sociologia Rural realizado na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), 2012. Disponível em: <http://icongresso.itarget.com.br/useradm/anais/?clt=ser.2>. Acesso em: 7 ago. 2012.

SZMRECSÁNYI, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 10, out. 1994, p. 73-82, 1994.

UNEP. United Nations Environment Programme. **‘Global green New Deal’. Environmentally-focused investment historic opportunity for 21st century prosperity and job generation.** UNEP Launches green Economy Initiative to get the global markets back to work. Press Release, London/Nairobi: UNEP, 22.10.2008, p.1.

UNEP. United Nations Environment Programme. **International Resource Panel. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth.** 2011. 174p. Disponível em: [http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling\\_Report\\_English.pdf](http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2012.

UNICA. União da Indústria da Cana-de-açúcar. **Novos termos e expressões marcam a comunicação do setor, agora sucroenergético.** Notícias. São Paulo: UNICA, 24 Jun. 2009. Disponível em: <http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode={829BA05E-B7B0-4E94-A9F8-652EBC9AFAE9}>>. Acesso em: 5 nov. 2012.

UNICA. União da Indústria da Cana-de-açúcar. **Setor Sucroenergético.** Disponível em: <http://www.unica.com.br/content/default.asp?cchCode={C2B8C535-736F-406B-BEB2-5D12B834EF59}>>. Acesso em: 5 nov. 2012.

UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on Environment and Development.** Annex III. United Nations, 14 Ago. 1992. Disponível em: [http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/principles\\_forests\\_1992.pdf](http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/principles_forests_1992.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2012.

URBAN, T. **Missão (quase) impossível**: aventuras e desventuras do movimento ambientalista no Brasil. São Paulo: Peirópolis, 2001. 168p.

van BELLEN, H.M. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: FGV, 2005. 256p.

VEIGA, J.E. **Desenvolvimento sustentável**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. 220p.

YOUNG, C.E.F. Potencial de crescimento da economia verde no Brasil. **Política Ambiental**. Economia Verde: desafios e oportunidades. Belo Horizonte, n.8, p. 88-97. jun. 2011.

ANEXO

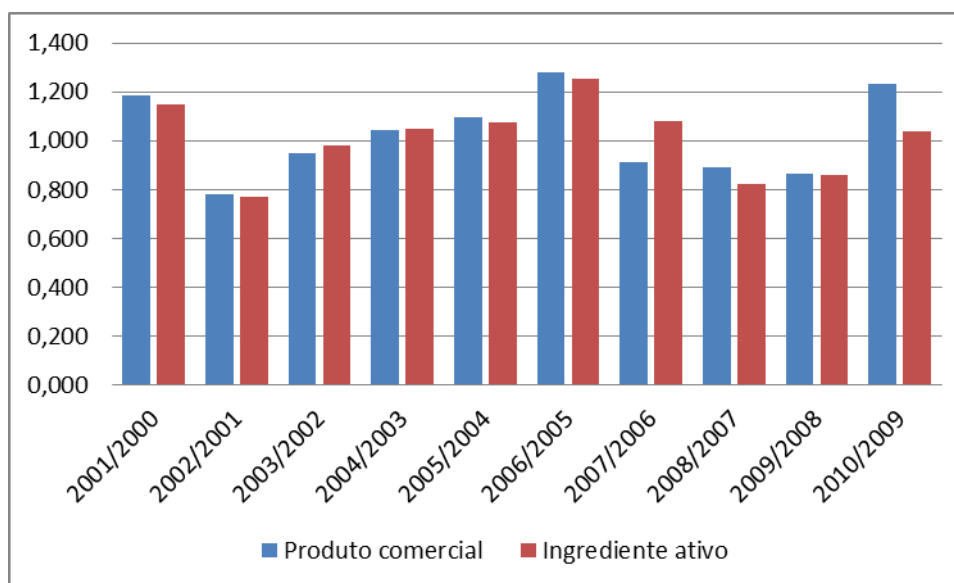


ANEXO A - Razão e fator dos indicadores de *decoupling* do uso de defensivos agrícolas no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, calculados ano a ano e para o período. 2000 - 2010

Ano final / Ano inicial	Tipo de defensivo agrícola			
	Produto Comercial		Ingrediente Ativo	
	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>
2001/2000	1,187	- 0,187	1,147	- 0,147
2002/2001	0,782	0,218	0,773	0,227
2003/2002	0,947	0,053	0,978	0,022
2004/2003	1,046	- 0,046	1,046	- 0,046
2005/2004	1,096	- 0,096	1,074	- 0,074
2006/2005	1,281	- 0,281	1,253	- 0,253
2007/2006	0,914	0,086	1,081	- 0,081
2008/2007	0,889	0,111	0,824	0,176
2009/2008	0,866	0,134	0,860	0,14
2010/2009	1,234	- 0,234	1,037	- 0,037
<b>2010/2000</b>	<b>1,121</b>	<b>-0,121</b>	<b>0,969</b>	<b>-0,031</b>

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO B – Razão dos indicadores de *decoupling* do uso de defensivos no cultivo da cana-de-açúcar, por produto comercial e ingrediente ativo. Cálculo ano a ano de 2000 a 2010



Fonte: Elaboração própria.

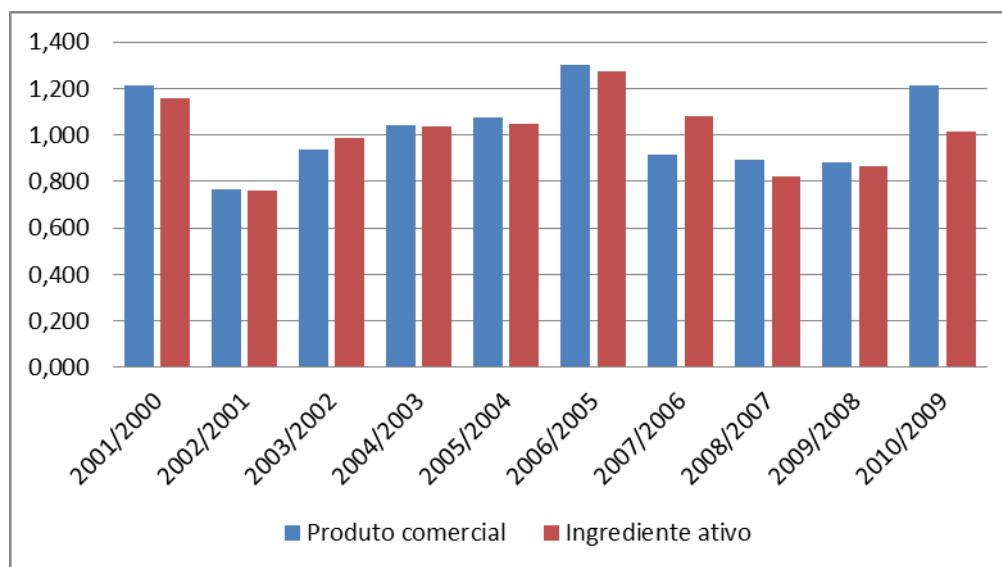


ANEXO C – Razão e fator dos indicadores de *decoupling* do uso de herbicidas no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, calculados ano a ano e para o período. Ano inicial: 2000 e ano final: 2010

Herbicidas				
Produto Comercial			Ingrediente Ativo	
Ano final / Ano inicial	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>
2001/2000	1,211	- 0,211	1,156	- 0,156
2002/2001	0,767	0,233	0,760	0,24
2003/2002	0,937	0,063	0,985	0,015
2004/2003	1,043	- 0,043	1,036	- 0,036
2005/2004	1,074	- 0,074	1,050	- 0,050
2006/2005	1,304	- 0,304	1,271	- 0,271
2007/2006	0,913	0,087	1,078	-0,078
2008/2007	0,895	0,105	0,823	0,177
2009/2008	0,883	0,117	0,868	0,132
2010/2009	1,214	- 0,214	1,017	- 0,017
<b>2010/2000</b>	<b>1,112</b>	<b>- 0,112</b>	<b>0,938</b>	<b>0,062</b>

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO D – Razão dos indicadores de *decoupling* do uso de herbicidas no cultivo da cana-de-açúcar, por produto comercial e ingrediente ativo. Cálculo ano a ano de 2000 a 2010



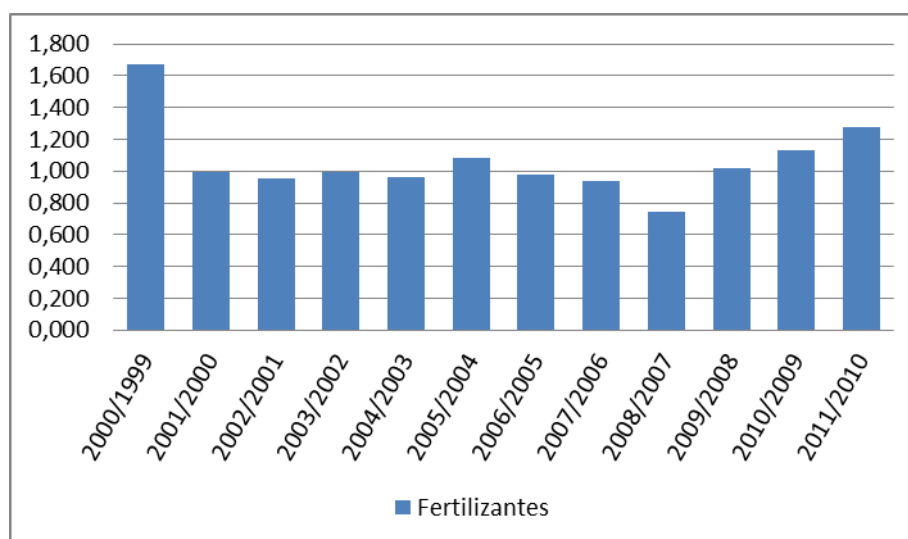
Fonte: Elaboração própria.

ANEXO E - Razão e fator dos indicadores de *decoupling* do uso de fertilizantes no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil. Cálculo ano a ano e para o período 2010/1999

Fertilizantes		
Ano final / Ano inicial	Razão do indicador	Fator de <i>decoupling</i>
2000/1999	1,672	- 0,672
2001/2000	0,991	0,009
2002/2001	0,950	0,05
2003/2002	0,995	0,005
2004/2003	0,964	0,036
2005/2004	1,081	- 0,081
2006/2005	0,976	0,024
2007/2006	0,936	0,064
2008/2007	0,7488	0,2512
2009/2008	1,016	- 0,016
2010/2009	1,129	- 0,129
2011/2010	1,280	- 0,280
<b>2010/1999</b>	<b>1,635</b>	<b>- 0,635</b>

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO F – Razão dos indicadores de *decoupling* do uso de fertilizantes no cultivo da cana-de-açúcar. Cálculo ano a ano de 1999 a 2011



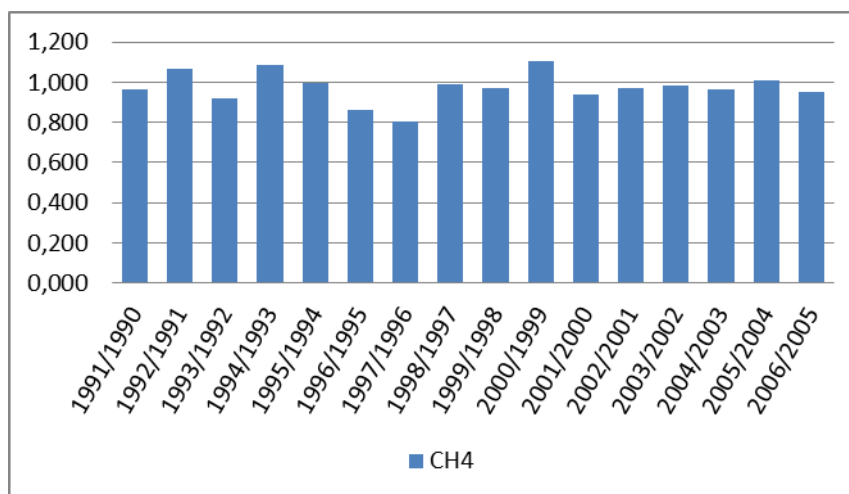
Fonte: Elaboração própria.

ANEXO G – Razão dos indicadores de *decoupling* das emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos da cana-de-açúcar no Brasil. Cálculo ano a ano

Razão do indicador de <i>decoupling</i>					
Tipo de gás					
Ano final / Ano inicial	CH <sub>4</sub>	CO	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	TOTAL
1991/1990	0,964	0,964	0,954	0,964	0,964
1992/1991	1,068	1,068	1,080	1,068	1,068
1993/1992	0,921	0,921	0,921	0,921	0,921
1994/1993	1,084	1,084	1,075	1,084	1,084
1995/1994	0,993	0,994	1,001	0,994	0,994
1996/1995	0,859	0,858	0,849	0,858	0,858
1997/1996	0,804	0,804	0,804	0,804	0,804
1998/1997	0,989	0,989	0,997	0,989	0,989
1999/1998	0,974	0,974	0,972	0,974	0,974
2000/1999	1,104	1,103	1,103	1,103	1,103
2001/2000	0,938	0,939	0,932	0,938	0,938
2002/2001	0,972	0,972	0,983	0,972	0,972
2003/2002	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986
2004/2003	0,962	0,962	0,960	0,962	0,962
2005/2004	1,007	1,007	1,012	1,007	1,007
2006/2005	0,954	0,954	0,952	0,954	0,954
<b>2006/1990</b>	<b>0,6226</b>	<b>0,6228</b>	<b>0,6220</b>	<b>0,6230</b>	<b>0,6228</b>

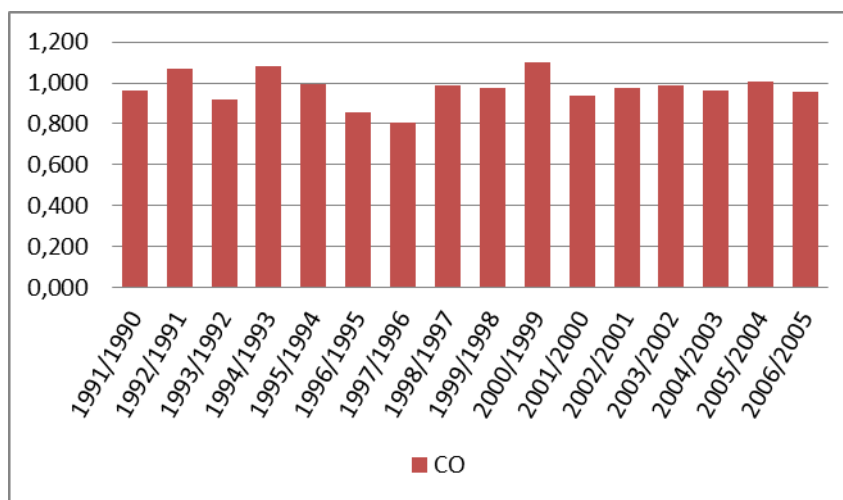
Fonte: Elaboração própria.

ANEXO H - Razão do indicador de *decoupling* de emissões de gás metano (CH<sub>4</sub>). Cálculo ano a ano de 1990 a 2006



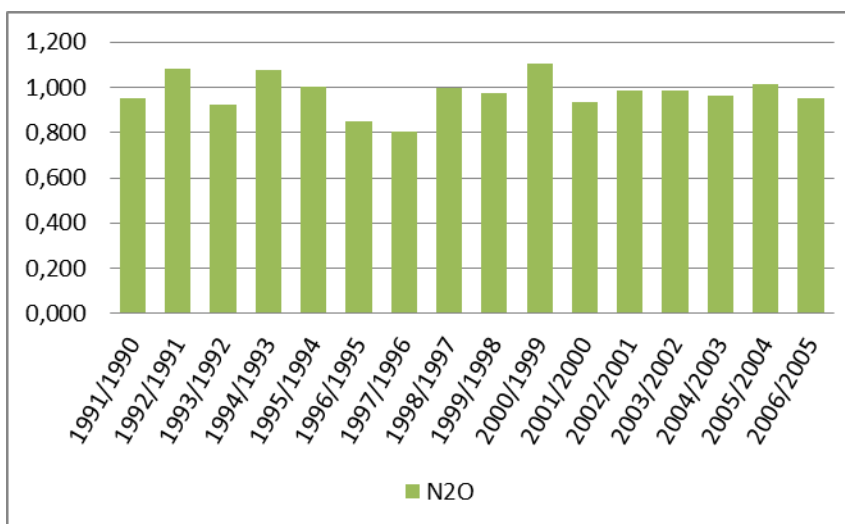
Fonte: Elaboração própria.

ANEXO I - Razão do indicador de *decoupling* de emissões de monóxido de carbono (CO).  
Cálculo ano a ano de 1990 a 2006



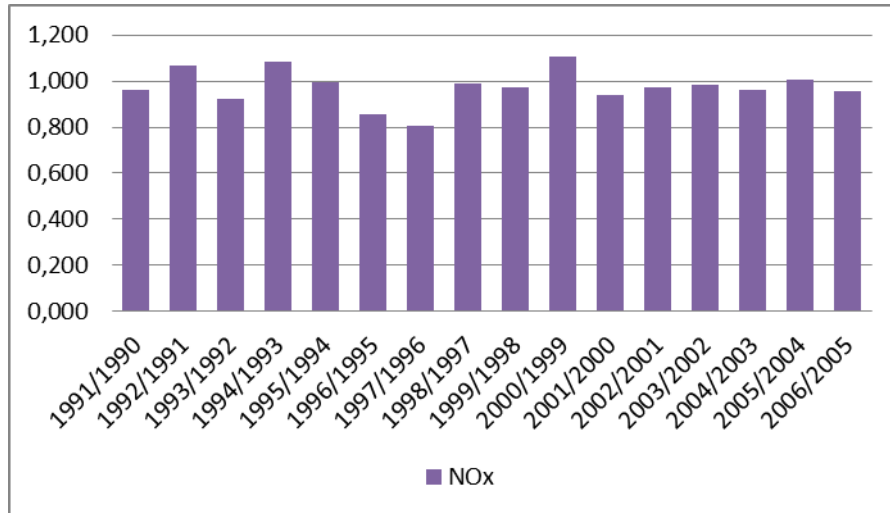
Fonte: Elaboração própria.

ANEXO J - Razão do indicador de *decoupling* de emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Cálculo  
ano a ano de 1990 a 2006



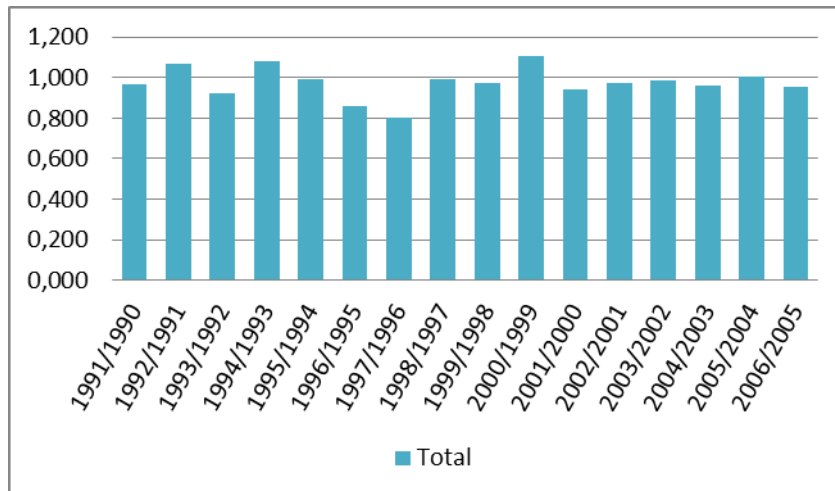
Fonte: Elaboração própria.

ANEXO K - Razão do indicador de *decoupling* de emissões de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>).  
Cálculo ano a ano de 1990 a 2006



Fonte: Elaboração própria.

ANEXO L – Razão do indicador de *decoupling* de emissões de todos os gases de efeito estufa. Cálculo ano a ano de 1990 a 2006



Fonte: Elaboração própria.