UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE

ANDRÉ HIDEKI FURUKAWA OSHIRO

ANÁLISE DA INTENSIDADE ENERGÉTICA:
UM ESTUDO DE CASO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

São Paulo
2015

ANDRÉ HIDEKI FURUKAWA OSHIRO

ANÁLISE DA INTENSIDADE ENERGÉTICA:
UM ESTUDO DE CASO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Energia da
Universidade de São Paulo para a obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dra. Hirdan Katarina de
Medeiros Costa

Versão Corrigida

São Paulo
2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHO POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO PARA
FINS DE ESTUDO E PESQUISA DESDE QUE CITADA A FONTE

FICHA CATALOGRÁFICA

Oshiro, André H. F.

Análise da intensidade energética: um estudo de caso para
o Estado de São Paulo / André Oshiro; orientadora: Hirdan
Katarina de Medeiros Costa – São Paulo, 2015

96 f.:il : 30 cm

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em
Energia) IEE da Universidade de São Paulo

1. Intensidade Energética 2. Política Energética 3. Fontes
Energéticas Renováveis.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Professora Hirdan, por todo o apoio, disposição, paciência, além do alto astral, dispendidos durante o mestrado.

Ao Professor Edmilson Moutinho dos Santos, pelas sugestões iniciais e colaborações ao longo deste trabalho.

Ao colega da Universidade de Oxford, Oktoviano Gandhi, pelo trabalho em conjunto e pelas ricas análises e colaborações realizadas durante sua curta estadia como aluno visitante no programa de pós-graduação em energia da USP.

Aos demais professores do IEE, por construírem e fomentarem esse ambiente acadêmico no qual há uma grande proximidade entre todos os seus membros.

Ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

Aos meus colegas e amigos da USP, pelos momentos de descontração e parceria, tornando minha jornada universitária muito mais agradável.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS	6
JUSTIFICATIVA	7
ESTRUTURA CAPITULAR	9
1 REFERENCIAL CONCEITUAL E ANALÍTICO	10
1.1 Intensidade energética.....	10
1.1.1 Quantidades energéticas	10
1.1.2 Quantidades monetárias.....	12
1.2 Análise de Decomposição.....	13
2 METODOLOGIA.....	17
2.1 Dados	17
2.2 Detalhamento metodológico	20
2.3 Limitações.....	23
3 O ESTADO DE SÃO PAULO	26
3.1 Um breve histórico.....	26
3.2 Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP).....	27
3.3 Matriz Energética do Estado de São Paulo (MEESP)	33
3.4 Plano Paulista de Energia (PPE)	38
3.5 Anuário Estatístico por Municípios do Estado de São Paulo (AEMESP).....	39
3.6 Considerações sobre as políticas energéticas do estado de São Paulo.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 Análise setorial	46
4.1.1 Setor primário	47
4.1.2 Setor secundário	47
4.1.3 Setor terciário	49
4.2 Resultados do LDMI I	51
5 CONSIDERAÇÕES POLÍTICAS.....	57
5.1 Ações de Eficiência Energética no PPE.....	57
5.2 Regulação da produção de energia a partir do bagaço.....	58
5.3 Compartilhar a experiência do estado de São Paulo	60
5.4 Diversificar e melhorar a eficiência dos combustíveis para transporte	61

5.5	Melhorar a infraestrutura para a produção de bens de alto valor agregado	62
5.6	A criação de incentivos a outras tecnologias de energia renovável: lições a partir da experiência norte-americana.....	65
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXO I.....	77

RESUMO

O sistema energético pode ser visto não apenas como uma restrição, mas também como uma oportunidade para o desenvolvimento produtivo de uma sociedade. Pela segunda ótica, o objetivo principal a ser perseguido é a da garantia do suprimento energético e da adequação das formas e fontes de energia aos usos finais demandados. Ao mesmo tempo, dentro do contexto global de preocupação com as mudanças climáticas, faz-se necessário conceber uma nova trajetória de desenvolvimento para o estado de São Paulo, mais moderna, com maior participação de fontes renováveis de energia, focada na diminuição da intensidade energética, e mais voltada ao desenvolvimento tecnológico. Este trabalho procurou, então, mostrar que o estado de São Paulo já promoveu uma verdadeira transformação de sua matriz energética em termos da participação de energias renováveis, no entanto, que os paulistas ainda devem encarar outros desafios maiores como saber lidar com a tendência não declinante de sua intensidade energética nos últimos anos. Enfim, ao decompor o indicador de intensidade energética para o estado de São Paulo, buscou-se explicitar as possíveis causas de forma a observar se há um *tradeoff* aparente entre o uso de fontes energéticas renováveis e a estagnação dos valores da intensidade energética estadual.

Palavras-Chave: Intensidade Energética; Política Energética; Fontes Energéticas Renováveis.

ABSTRACT

The energy system can be understood not only as a constraint, but also as an opportunity for a society productive development. Taking the second approach, the main objective to be pursued is that of securing energy supply and adequacy of forms and sources of energy to the demanded end uses. At the same time, within the context of global concern about climate change, it is necessary to devise a new development path for the state of São Paulo, more modern, with a higher share of renewable energy sources, focused on reduction of energy intensity and more focused on technological development. This study sought to show, therefore, that the state of São Paulo has promoted a true transformation of its energy matrix in terms of the share of renewable energies. However, the state must still face other major challenges such as how to deal with its non-downward energy intensity trend in recent years. Finally, by decomposing the energy intensity indicator for the state of São Paulo, we sought to clarify the possible causes in order to observe whether there is an apparent tradeoff between the use of renewable energy sources and the stagnation of the state energy intensity values.

Key-words: Energy Intensity; Energy Policy; Renewable Energy Sources

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução mundial da OTEP, do CTEF e das Perdas em relação ao PIB.	3
Figura 2 - Evolução da intensidade energética para os pares de países: Canadá e Austrália, Rússia e Brasil.	3
Figura 3 - Diagrama: análise através de modelos.....	14
Figura 4 - Diagrama: análise sistêmica <i>Top-down / Bottom-up</i>	15
Figura 5 - Diagrama: relação causal ou explanatória	16
Figura 6 - Diagrama: procedimento <i>Input/Output</i> na análise de decomposição	16
Figura 7 - Intensidade Energética de Grupos Energéticos Seleccionados.	32
Figura 8 - Composição total da demanda energética do ESP 2005-2035.	34
Figura 9 - Balanço Oferta x Demanda de energéticos em 10^3 tep.....	35
Figura 10 - Balanço Oferta x Demanda de energéticos em 10^3 tep (continuação).....	35
Figura 11 - Evolução das Emissões de CO ₂ - Aspecto Socioeconômico.	36
Figura 12 - Emissões totais de CO ₂ em 10^3 t (2005-2035) - Cenário Base.....	37
Figura 13 - Intensidade energética referente ao ESP, ao Brasil, ao Mundo e à OCDE de 1995 a 2011 (2012 para o Brasil e o ESP).	44
Figura 14 - Composição da intensidade energética do ESP de 1995 a 2012.....	46
Figura 15 - Composição do consumo energético do setor secundário.	48
Figura 16 - Vendas no varejo – Variações ano a ano (porcentagem) de Setembro/2008 a Março/2010.....	50
Figura 17 - Resultados do LMDI I para a intensidade energética do estado de São Paulo de 1995 a 2012.	53
Figura 18 - Produção e Intensidade Energética do Setor Energético Brasileiro.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - PIB e CTEF do estado de São Paulo.	17
Tabela 2 - PIB e CTEF do Brasil, dos países da OCDE e do mundo.	18
Tabela 3 - PIB e CTEF setoriais do estado de São Paulo.	19
Tabela 4 - Participação da Oferta Interna Bruta de Energia* (%).....	28
Tabela 5 - Participação do Consumo Final (%).....	29
Tabela 6 - Evolução (10^3 tep) e Participação da Suficiência e Dependência Energética.	30
Tabela 7 - Evolução da Intensidade Energética e Consumo <i>per capita</i>	30
Tabela 8 - Intensidade Energética de Grupos de Energéticos Seleccionados.*	31
Tabela 9 - Intensidade Energética por Setores.	32
Tabela 10 - Evolução das Emissões de CO ₂ - Aspectos Socioeconômicos.....	33
Tabela 11 - Resultados da decomposição multiplicativa da intensidade energética do ESP para o período entre 1995 (ano base) e 2012.....	51
Tabela 12 - Resultados da decomposição aditiva da intensidade energética do ESP para o período entre 1995 (ano base) e 2012.....	52
Tabela 13 - Eficiências no processo de produção de álcool hidratado.....	59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A&B – Indústria de Alimentos e Bebidas
AEEMESP – Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo
BEESP – Balanço Energético do Estado de São Paulo
BEN – Balanço Energético Nacional
CEPE – Conselho Estadual de Política Energética
CER – Certificado de Energia Renovável
CTEF – Consumo Total de Energia Final
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
ESP – Estado de São Paulo
GEE – Gases de Efeito Estufa
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
IDA – *Index Decomposition Analysis*
IEA – *International Energy Agency* (Agência Internacional de Energia)
IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*
LDMI - *Logarithmic Mean Divisia Index*
LEAP – *Long range Energy Alternatives Planning System*
MEESP – Matriz Energética do Estado de São Paulo
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIE – Oferta Interna Bruta de Energia
OTEP – Oferta Total de Energia Primária
PDEE – Plano Decenal de Expansão de Energia
PEMC – Política Estadual de Mudanças Climáticas
PIB – Produto Interno Bruto
PNB – Produto Nacional Bruto
PNE – Plano Nacional de Energia
PPC – Paridade do Poder de Compra
PPE – Plano Paulista de Energia
P&C – Indústria de Papel e Celulose
RPS – *Renewable Portfolio Standard*
SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SEESP – Secretaria de Energia do Estado de São Paulo

INTRODUÇÃO

A partir da revolução industrial, um conjunto de mudanças tecnológicas e alterações nas relações sociais, houve um brusco aumento na capacidade de apropriação e transformação da natureza pelo homem. Consequentemente, a história testemunhou um acelerado processo de produção material, cada vez mais ancorada e dependente da disponibilidade de recursos energéticos minerais.

No que se convencionou posteriormente como primeira revolução industrial, iniciada no século XVIII, o desenvolvimento da máquina a vapor encadeou uma exploração em escala extraordinária do carvão mineral. Já na segunda revolução industrial, iniciada no século XIX, o advento do motor a combustão interna foi responsável pela função estratégica que o petróleo exerceria, sendo assumido como principal combustível. Houve também grandes avanços da ciência e das tecnologias relacionadas ao domínio dos campos eletromagnéticos.

Desde o começo da revolução industrial, então, o acesso crescente aos recursos energéticos passou a ser entendida e associada ao progresso tecnológico e ao desenvolvimento socioeconômico (JUNIOR et al., 2007). Porém, o começo da década de 70 contou com três eventos históricos de suma relevância para que ocorresse um amplo debate em torno da questão desse progresso e desenvolvimento, o que acabaria por estabelecer um novo paradigma quanto às apropriações energéticas.

Em 1971, o economista Nicholas Georgescu-Roegen publica aquela que viria a ser sua mais famosa obra, *“The entropy law and the economic process”*, na qual faz uma crítica as teorias econômicas mais aceitas ao examinar teoricamente o processo produtivo à luz da segunda lei da termodinâmica, refutando então a hipótese de crescimento econômico ilimitado. Em 1972 é publicado o livro *“The limits to growth”*, também conhecido como “Relatório do Clube de Roma”, no qual foram apresentados os resultados provenientes de um modelo computacional elaborado por pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts que simulava consequências futuras resultantes da interação entre os sistemas humanos e o ecossistema, então, indicando a tendência a um possível colapso econômico e social devido à degradação dos recursos naturais. Finalmente, em 1973, no contexto geopolítico da guerra do *Yom Kipur*, ocorre um evento conhecido como segunda fase da crise do petróleo (um súbito e dramático aumento do preço do barril de petróleo, concomitante a um aumento das taxas internacionais de juros) que é considerado como um dos grandes

responsáveis pela mudança na forma como as sociedades lidavam com a apropriação energética (ALMEIDA et al., 2007).

Uma das resultantes dessa mudança consistiu na constatação da necessidade de desenvolverem-se possibilidades técnicas a fim de oferecer os produtos e serviços necessários (ou seja, ainda atrelado ao paradigma de crescimento econômico contínuo) apropriando-se de menores quantidades de recursos energéticos (JANNUZZI; SWISHER, 1997). Ainda, se antes as preocupações dos diversos governos estavam concentradas exclusivamente na cadeia de oferta das principais fontes energéticas, carvão e petróleo, de forma a disponibilizar energia economicamente barata, no período pós-crise os governos passaram a se preocupar com diversas questões a partir da ótica do lado da demanda (ALMEIDA et al., 2007).

Desde então, um intenso debate entre estudiosos de diversas áreas do conhecimento vem produzindo uma vasta literatura de abordagem teórica, podendo ser elucidada no contraste entre o trabalho dos economistas Georgescu-Roegen e Robert Solow (MUELLER, 1998; MUELLER, 2005) quando tratando do papel dos recursos naturais e dos fluxos energéticos dentro do processo de produção e do consequente crescimento econômico.

Neste contexto, um instrumento analítico conhecido como intensidade energética ganhou relevância como agenda de pesquisa e passou a ser utilizado e testado exaustivamente por diversos estudiosos. Foco deste trabalho, a intensidade energética é um indicador construído a partir da razão entre a energia consumida e o valor adicional produzido em determinada economia, ou seja, uma relação entre quantidades energéticas e quantidades monetárias para um determinado período. Interpreta-se a partir deste instrumento que uma diminuição quantitativa do indicador indica uma maior eficiência: para cada unidade monetária produzida foi necessário um consumo de energia menor. Assim, acreditando ser possível que haja um *decoupling*, ou seja, um aumento do crescimento econômico desassociado de um aumento do uso de recursos energéticos, este indicador tornou-se instrumento disseminado dentro da esfera das políticas públicas.

Por exemplo, dando continuidade aos estudos da Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency* – IEA), Goldemberg e Prado (2011) apresentam as relações entre a oferta total de energia primária (OTEP), o consumo total de energia final (CTEF), as perdas na conversão da OTEP para o CTEF, medidas em toneladas equivalentes de petróleo (tep), e o produto interno bruto (PIB), medido em milhares de unidades de dólares (baseados no ano 2000 e na paridade do poder de compra – PPC), ao longo da série histórica de 1971 a 2008, num cenário mundial (Figura 1). Observa-se uma tendência declinante da intensidade energética que, grosso modo, indica um aumento na eficiência tecnológica.

Figura 1 - Evolução mundial da OTEP, do CTEF e das Perdas em relação ao PIB.

Fonte: Adaptado de Goldemberg e Prado (2011).

A intensidade energética pode ser afetada por outros fatores além da própria eficiência energética das tecnologias em vigor. Alguns desses fatores são o desenvolvimento econômico, o clima e o preço da energia (OKAJIMA e OKAJIMA, 2013). Por exemplo, países como a Rússia ou Canadá, que têm invernos rigorosos usam quantidade considerável de energia para aquecimento e, portanto, tendem a ter maior intensidade energética em comparação a países economicamente semelhantes (PIB *per capita*), porém com clima mais ameno (Figura 2).

Figura 2 - Evolução da intensidade energética para os pares de países: Canadá e Austrália, Rússia e Brasil.

Fonte: Elaboração própria com dados obtidos em <http://data.worldbank.org/>

Portanto, identificamos duas linhas de pesquisa distintas dentro da agenda de estudos da economia da energia. Uma linha de pesquisa está voltada ao exame da intensidade energética agregada em séries históricas a fim de comparar o desempenho entre diversas nações (DURO *et al*, 2010; GOLDENBERG e PRADO, 2011; JAKOB *et al*, 2012; PEN e SÉVI, 2010; LIDDLE, 2009, 2010; MIKETA e MULDER, 2005). Outra, apoiado no uso de ferramentas estatísticas, visa a identificação das forças por trás das mudanças nos valores do indicador ao longo do tempo, através de uma técnica conhecida como *Index Decomposition Analysis* (IDA) (ANG e ZHANG, 2000) que basicamente possibilita uma análise das mudanças decorrentes a partir de uma perspectiva estrutural da economia (composição setorial) ou de uma perspectiva sobre o conteúdo energético (progresso tecnológico).

O Brasil, enquanto sétimo maior consumidor de energia e sétima maior economia do mundo (IEA, 2013), desempenha um papel importante no mercado energético mundial. Porém, diferentemente do que se encontra para os países mais desenvolvidos, poucos estudos de caso foram realizados para o contexto brasileiro. Fato ainda mais agravado quando considerado a segunda linha de pesquisa mencionada acima e quando considerado que a intensidade energética do país apresenta um comportamento distinto: enquanto que o indicador para os países desenvolvidos vem apresentando um decréscimo em seus níveis, o mesmo indicador para o caso brasileiro apresenta certa estabilidade.

Faz-se importante a observação de que o Brasil apresenta uma matriz energética singular. A energia hidrelétrica corresponde a 42% de sua produção total de energia e representa de 70% a 80% da geração de eletricidade doméstica (EPE, 2013; IEA, 2013). Como um grande produtor de etanol a partir da cana-de-açúcar, o Brasil tem o maior mercado mundial de veículos flexíveis quanto ao combustível. Em virtude de uma política federal que normatiza a adição compulsória de 20% a 25% de etanol anidro à gasolina, o Brasil encontra-se na vanguarda dos esforços coletivos para reduzir o consumo de combustíveis fósseis no transporte.

Dentro desse cenário brasileiro, destaca-se o papel exercido pelo estado de São Paulo (ESP), o estado com o maior PIB, sendo responsável por 33,9% do total do país. Com cerca de um quinto da população brasileira, o PIB *per capita* de São Paulo está bem acima da média nacional. O estado também possui um sistema de transportes energeticamente mais eficiente e infraestruturas que são consideradas as melhores do país (BAKE, 2006).

A matriz energética do ESP é diferente da do restante do Brasil em razão da importância da cana-de-açúcar como fonte de energia primária. Mais de 60% das plantações de cana estão

localizadas no ESP (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2007), tornando o estado o maior produtor de etanol no país.

Logo, se por um lado o ESP apresenta uma matriz energética de caráter sustentável, por outro lado é possível que a forte presença de recursos renováveis na composição da matriz contribua para o desempenho atípico de sua intensidade energética.

Diante desse contexto, este trabalho traz três contribuições. Em primeiro lugar, calcula e decompõe a intensidade energética com foco no ESP. Em segundo lugar, o estudo não apenas menciona a importância relativa da atividade econômica para efeitos de eficiência energética, mas também fornece explicações lógicas e hipóteses para o comportamento da tendência da intensidade energética no ESP. Finalmente, destacamos como as políticas federais e estaduais, bem como os eventos que ocorreram no setor energético afetaram a intensidade energética do ESP. Dessa forma, espera-se que os tomadores de decisões e formuladores de políticas públicas possam utilizar esse estudo para examinar como as políticas adotadas afetaram a intensidade energética do estado, e assim, aprimorem ainda mais a base de conhecimentos com a qual desenvolverão as políticas futuras.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho consiste em analisar os fatores referentes ao indicador de intensidade energética, através da aplicação de uma técnica de decomposição de indicadores, e, assim, identificar as forças determinantes para o comportamento dos níveis agregados da intensidade energética para o ESP no período de 1995 a 2012.

Além do objetivo geral, este trabalho também busca atender os seguintes objetivos:

- Contextualizar o atual cenário energético e as políticas energéticas do ESP; e
- Apresentar propostas de políticas públicas condizentes com esse cenário.

JUSTIFICATIVA

A partir de uma perspectiva internacional existe uma preocupação crescente em relação à pressão que os sistemas energéticos exercem sobre o meio ambiente e a base de recursos naturais do planeta. A maioria dos atuais estudos reconhece que o mundo se encontra em um período de grandes transformações, alimentadas por incertezas no tocante a problemas fundamentais, que podem afetar a manutenção da vida no planeta. Não se sabe com precisão como esses problemas poderão evoluir e quais impactos gerarão na humanidade. Logo, há um desafio quanto à previsão de quais serão as políticas públicas e as tecnologias mais adequadas a serem adotadas para solucionar tais problemas. Somente a partir do conhecimento dessas soluções é que se poderá planejar com maior juízo a base energética necessária para alimentar o futuro do planeta (OSHIRO; SANTOS; FAGÁ, 2013).

O planejamento é uma das ferramentas essenciais para o desenvolvimento sustentável, principalmente em setores de investimentos de longo prazo e de forte atuação governamental, como é o caso do setor energético. Portanto, de forma a viabilizar um sólido planejamento, as três esferas governamentais vêm elaborando planos e políticas, muitas vezes desconexas entre si, abordando os diversos setores estratégicos da sociedade.

Porém, em nosso entendimento, o objetivo principal a ser perseguido é o adequado equacionamento das políticas públicas em face do aparente *tradeoff*¹ entre a garantia do suprimento energético, adequando-se as formas e fontes de energia aos usos finais demandados, e a mitigação das prováveis mudanças climáticas que enfrentaremos, por meio de uma redução das emissões de gases do efeito estufa. Então, as propostas a serem desenvolvidas pela política energética devem integrar-se ao conjunto de outras políticas públicas, incluindo a política ambiental e tecnológica, de forma a alcançar um cenário político sinérgico.

Enfim, de acordo com Bicalho e Queiroz (2012), é a partir da formulação das questões energéticas e ambientais em termos de um *tradeoff* que se torna factível identificarmos com maior clareza os agentes econômicos e sociais beneficiados ou prejudicados pelas diferentes políticas e suas respectivas estruturas de incentivos e penalidades.

¹ *Tradeoff*: é uma expressão que define uma situação de escolha conflitante, isto é, quando uma ação econômica que visa à resolução de determinado problema acarreta, inevitavelmente, outros. (MANKIW, 2011)

Relevância e motivação

O sistema energético pode ser visto como uma restrição ou uma oportunidade para o desenvolvimento produtivo do ESP. Face ao caráter crucial e estratégico da energia para o desenvolvimento econômico e para o bem-estar da sociedade, as estratégias e políticas aplicáveis a este sistema ultrapassam o âmbito restrito da energia.

Por exemplo, o ESP destaca-se por seu compromisso de longo prazo com o uso de energias renováveis, que são consideradas como uma das principais estratégias para a redução de emissões de gases do efeito estufa. Uma geografia favorável e políticas consistentes ao longo de várias décadas permitiram que se construísse uma matriz energética com grande participação de energias renováveis e consequente diminuição relativa da queima de combustíveis fósseis, ocasionando um impacto positivo sobre sua intensidade carbônica. Em contrapartida, essa estratégia enfrenta difíceis desafios no que diz respeito à intensidade energética, a qual não tem apresentado tendências de diminuição nos últimos anos, provavelmente devido às características físicas e tecnológicas dos processos de apropriação destas fontes renováveis de energia.

Mostra-se assim a necessidade de elaborar um conjunto de estudos de forma a prover os formuladores de políticas públicas e tomadores de decisões com informações, não somente em termos quantitativos como também em termos qualitativos, auxiliando, assim, na formulação de políticas públicas que conduzirá o ESP a uma requerível trajetória sustentável de desenvolvimento.

ESTRUTURA CAPITULAR

Além desta seção introdutória, a presente dissertação compõe-se do capítulo 1 que apresenta um arcabouço conceitual e analítico sobre o qual esta dissertação se sustenta. Já o capítulo 2 descreve o método e as fontes de dados utilizadas, além do reconhecimento de um conjunto de limitações presentes. Neste trabalho, a IDA é usada para determinar as forças por trás da mudança na intensidade energética e separá-las em mudanças estruturais na economia - referida aqui como efeito atividade - e mudança das tecnologias e dos processos em vigor – referida aqui como efeito eficiência.

O capítulo 3 contextualiza o atual cenário energético e as políticas energéticas do ESP. No capítulo 4, o trabalho aborda e discute os resultados, que são divididos em duas partes, uma análise setorial e uma análise agregada.

Um conjunto de considerações e sugestões de políticas a serem adotadas que visam melhorar o cenário energético do ESP é traçado no capítulo 5. Finalmente, no capítulo 6 são tecidas as considerações finais desta dissertação.

1 REFERENCIAL CONCEITUAL E ANALÍTICO

1.1 Intensidade energética

A intensidade energética como conceito é um indicador construído a partir da razão entre a energia consumida e o valor adicional produzido em um determinado contexto.

Enquanto instrumento aplicado na análise de uma economia complexa como a do ESP, faz-se necessário que utilizemos esse indicador em níveis superiores de agregação. Ou seja, trataremos, então, a intensidade energética como uma relação entre quantidades energéticas (numerador) e quantidades monetárias (denominador) para um determinado período.

$$\text{intensidade energética} = \frac{\text{quantidades energéticas}}{\text{quantidades monetárias}}$$

Interpreta-se a partir deste instrumento que uma diminuição quantitativa do indicador agregado indica uma maior eficiência: para cada unidade econômica produzida foi necessário um menor consumo de energia.

1.1.1 Quantidades energéticas

A energia é uma propriedade de estado da matéria que se manifesta e é percebida e medida através de fluxos, ou seja, transferência de energia entre corpos. São concebidos diversas formas de energia e seus respectivos fluxos: energia mecânica/trabalho, energia térmica/calor, energia elétrica/corrente, energia das ligações químicas e das ligações físicas.

A sociedade tem um interesse prático, pois a energia pode ser utilizada para satisfazer uma série de necessidades humanas, tais como iluminação, conforto térmico, lazer, etc. Contudo, a maior parte da energia não satisfaz essas necessidades diretamente. Ainda, não consumimos diretamente a energia; nosso uso final normalmente realiza-se através de equipamentos, aparelhos, máquinas e dispositivos que têm a função de converter a energia que é colocada à nossa disposição pelo mercado na forma em que necessitamos. Então,

precisamos realizar muitas vezes uma série de transformações para que a energia esteja em uma forma apropriada a um uso final (JUNIOR et al., 2007).

Assim, conceituamos a cadeia energética como o conjunto sequencial de atividades necessárias para que diversas formas de energia sejam transformadas desde a fonte até seu consumo final. Essas atividades estão relacionadas à obtenção de energia proveniente da natureza (energia primária), à sua modificação em centros de transformação (energia secundária) e ao seu transporte de um ponto a outro até o seu consumo final. Ainda, na ponta da cadeia, diferenciamos a energia que chega aos equipamentos da energia fruto da atividade do equipamento: denominamos a primeira de energia final enquanto que denominamos a última de energia útil.

Quanto à cadeia energética do ESP, nesta dissertação, foi utilizada a conceituação aplicada pela Secretaria de Energia do Estado de São Paulo (SEESP) na elaboração do Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP), como se segue:

- Energia Primária: produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, biomassa, energia eólica, solar, etc;
- Energia Secundária: produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação que têm como destino os diversos setores de consumo e eventualmente outros centros de transformação;
- Energia Total Geral: consolidação de todas as energias produzidas, transformadas e consumidas.
- Transformação: o setor que agrupa todos os centros de transformação onde a energia que entra (primária e/ou secundária) se transforma em uma ou mais formas de energia secundária com suas correspondentes perdas de transformação.
- Energia Final: energia primária e secundária que se encontra disponível para ser usada por todos os setores de consumo final.

Finalmente, tendo em vista a agregação dos valores energéticos na construção do indicador de intensidade energética, faz-se necessário a adoção de uma unidade de transformação dos diferentes insumos energéticos numa mesma base. Ou seja, é preciso estabelecer alguma forma de equivalência entre as diversas fontes energéticas consideradas.

Porém, quando buscamos um fator de conversibilidade bidirecional entre as diferentes formas de energia, há uma dificuldade presente que se origina do 2º princípio da

termodinâmica, que discrimina as formas de energia em função de sua capacidade de realizar trabalho mecânico. Por exemplo, pode-se transformar toda energia elétrica ou mecânica em calor ou energia térmica. Entretanto, o inverso é teoricamente impossível, ou seja, ao se transformar energia térmica em energia mecânica ou elétrica, obrigatoriamente uma parte da energia se transforma em calor a uma temperatura mais baixa, de “qualidade” inferior. Isto significa ter quantidades de energia térmica iguais, mas, dependendo da temperatura, com diferentes capacidades de realizar trabalho (SEESP, 2014). Portanto, devido a essa limitação e em função também de uma simplicidade operacional, os balanços energéticos geralmente adotam a equivalência energética baseada na energia térmica potencial, ou seja, na capacidade de produzir calor a partir de diferentes fontes energéticas.

Por convenção, o BEESP optou pela adoção de uma unidade conhecida como tonelada equivalente de petróleo (tep²), que representa a quantidade de petróleo necessária para a realização de todas as tarefas energéticas necessárias a uma sociedade, sejam elas mecânicas, elétricas ou térmicas. Uma unidade de tep equivale a 10^{10} cal.

1.1.2 Quantidades monetárias

Segundo Paulani e Braga (2012), no sistema econômico em que vivemos tudo pode ser avaliado monetariamente, de modo que toda a imensa gama de diferentes bens e serviços que uma sociedade é capaz de produzir pode ser transformada em algo de mesma substância, ou seja, no nosso caso, em moeda. Logo, torna-se possível a agregação e mensuração de toda uma infinidade de diferentes transações e, assim, a obtenção de informações como a quantidade total, monetariamente avaliada, dos bens e serviços produzidos por um país durante um determinado período.

Dentro dessa lógica temos o conceito de PIB como o valor de mercado de todos os bens e serviços finais produzidos em um país, em um dado período de tempo. No caso dessa dissertação, trabalhamos com um período de tempo anual e, também, por vez limitamos o conceito a uma aplicação regional, ou seja, ao ESP.

É importante notar que se faz necessária a distinção entre duas medidas de PIB: o nominal e o real. O PIB nominal é a soma das quantidades de bens finais produzidos

² O BEESP utiliza o acrônimo em inglês: toe (tonne of oil equivalente). Então, em algumas das figuras retiradas do relatório da SEESP, ao invés de “tep” será encontrado a unidade “toe”.

multiplicadas por seus preços correntes. Isso implica que variações do PIB nominal refletem tanto variações nas quantidades como variações nos preços. Já o PIB real é uma medida do produto, ou seja, as variações do PIB real refletem unicamente as variações das quantidades, essas alheias às variações dos preços.

As variações de preços ocorrem devido ao que entendemos como um fenômeno inflacionário: um aumento do nível (geral) de preços. A taxa de inflação é a taxa à qual o nível de preços aumenta. Ou seja, considerada a inflação, então o PIB nominal usa os preços correntes para avaliar a produção de bens e serviços da economia e o PIB real usa preços constantes de um ano-base para avaliar a produção de bens e serviços dessa economia de modo a extrair o fenômeno inflacionário do processo contábil.

De modo a compatibilizar as medidas tomamos como conceito o que chamamos de deflator do PIB, fator de conversão calculado como a razão entre o PIB nominal e o PIB real. O deflator do PIB fornece o preço médio dos bens produzidos na economia. Outro fator de conversão possível é o índice de preços ao consumidor (IPC), que é o preço médio dos bens na economia através da ótica do consumidor.

Ainda, devido à consideração e verificação concreta de que diferentes economias podem possuir diferentes moedas, faz-se necessário a elucidação da teoria da paridade do poder de compra (PPC). De acordo com essa teoria, uma unidade de qualquer moeda dada deveria ser capaz de comprar a mesma quantidade de bens em cada economia (MANKIW, 2011).

1.2 Análise de Decomposição

Para analisar e compreender as mudanças históricas dos indicadores socioeconômicos, energéticos, ambientais entre outros, é útil distinguir e separar os elementos por trás dessas mudanças.

Num contexto histórico, a análise de decomposição é uma técnica que foi desenvolvida para decompor os indicadores agregados, possibilitando analisar as mudanças ocorridas num nível setorial e/ou sub-setorial. Metodologicamente, a técnica analítica está fundamentada no arcabouço teórico desenvolvido pela estatística para lidar com os problemas de números índices em economia e numa abordagem a luz da análise de sistemas (FENGLING, 2004).

Aqui, conceituamos sistema como um conjunto de elementos que interagem (inter-relacionados ou interdependentes) e que formam um todo complexo. Logo, a análise de sistemas consiste nos processos que lidam com a especificação de sistemas através da análise de suas características e de seu desempenho.

Conforme se observa na Figura 3, a análise de sistemas constitui uma etapa fundamental dentro dos problemas de gestão e/ou formulação de políticas.

As análises costumam ser realizadas através de modelos³ físicos, análogos ou matemáticos. No caso da análise de decomposição, trabalhamos com modelos numéricos.

Figura 3 - Diagrama: análise através de modelos

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Fengling (2004), a análise de sistemas numéricos podem ser classificadas em dois grupos distintos, Segundo uma perspectiva direcional: uma abordagem *top-down* ou *bottom-up*. (Figura 4)

Normalmente, abordagens *top-down* partem de uma compreensão holística do sistema para então analisar os efeitos sobre os componentes do sistema em questão. Antes de conduzir uma análise *top-down*, faz-se necessário o conhecimento e/ou definição das principais características e funções do sistema a ser analisado. Então, este tipo de abordagem pode ser utilizado para ressaltar as relações numéricas entre os componentes do sistema. Ainda, pautado pelos resultados, esta abordagem pode contribuir para a sugestão de mudanças e melhorias de acordo com seus componentes.

³ Entendemos um modelo como uma representação simplificada do sistema real que se deseja analisar.

Figura 4 - Diagrama: análise sistêmica Top-down / Bottom-up

Fonte: Adaptado de Fengling, 2004.

Nós podemos considerar a análise de decomposição como uma análise sistemática *top-down*. Esta metodologia inclui procedimentos tais como a definição do sistema e sua caracterização de um ponto de vista agregado até a identificação de alguns de seus componentes e a forma com que estes componentes impactam o sistema. É possível calcular a relação entre as partes e o todo, ou seja, os efeitos. (FENGLING, 2004)

Portanto, a análise de decomposição assume que há uma relação causal entre os *inputs* e os *outputs* dentro de um sistema, como representado pela Figura 5. Ainda, assumindo que esta relação causal é constante, diversas técnicas de análise de decomposição são então capazes de quantificar os impactos sobre um sistema, dado o conhecimento dos efeitos que agem sobre as componentes.

Figura 5 - Diagrama: relação causal ou explanatória

Fonte: Adaptado de Fengling, 2004.

A Figura 6 ilustra de forma mais específica o procedimento *input/output* descrito anteriormente para o caso da análise de decomposição. Antes da análise, além da estrutura do sistema, já são conhecidos os componentes e as relações causais entre estes, porém a magnitude de como alterações em cada componente impacta o todo é desconhecida. Então, visando elucidar como se comportam as componentes em relação ao sistema, a análise de decomposição utiliza-se dos dados disponíveis em níveis mais desagregados para conduzir os cálculos necessários.

Figura 6 - Diagrama: procedimento *Input/Output* na análise de decomposição

Fonte: Adaptado de Fengling, 2004.

Ainda, entendemos que teorias econômicas visam identificar relações quantitativas entre variáveis dependentes de forma a explicar comportamentos econômicos de uma sociedade com base em dados baseados no passado (problemas de séries históricas). Segundo Fengling (2004), essas relações são utilizadas de forma a explicar os fenômenos socioeconômicos. Assim, de forma similar a essas teorias econômicas, a análise de decomposição distingue-se pela separação dos efeitos que impactam um indicador agregado em níveis mais desagregados, fornecendo, então, novas informações sobre o sistema em análise.

2 METODOLOGIA

2.1 Dados

O CTEF para os anos entre 1995 e 2012 é obtido a partir da edição de 2013 do BEESP. As informações sobre o PIB de São Paulo estão disponíveis no site do SEADE (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados), um banco de dados de estatísticas do governo do ESP. Outros dados, como o deflator do PIB e as taxas de inflação, bem como o consumo de energia agregada e o PIB para o Brasil, para os países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) e para o mundo, foram obtidos a partir da base de dados do *World Bank*. As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os dados agregados para o ESP e para o Brasil, os países da OCDE e o mundo. A Tabela 3 apresenta os dados desagregados setorialmente para o ESP.

Tabela 1 - PIB e CTEF do estado de São Paulo no período de 1995 a 2012.

Ano	PIB a preços correntes	Deflator do PIB	PIB a preços constantes	Consumo final de energia
	(10 ⁶ R\$)		(10 ⁶ 2005-R\$)	(10 ³ tep)
1995	263.298	4,22%	573.662	41.399
1996	307.924	2,15%	585.999	44.815
1997	344.891	3,38%	605.778	47.756
1998	353.085	0,04%	605.992	48.333
1999	383.250	0,25%	607.532	48.654
2000	424.161	4,31%	633.693	46.019
2001	463.478	1,31%	642.015	46.193
2002	511.736	2,66%	659.080	45.768
2003	579.847	1,15%	666.637	47.102

Fonte: Elaboração própria.

continua...

continuação

Tabela 1 - PIB e CTEF do estado de São Paulo no período de 1995 a 2012.

Ano	PIB a preços correntes	Deflator do PIB	PIB a preços constantes	Consumo final de energia
	10 ⁶ R\$		10 ⁶ 2005-R\$	10 ³ tep
2004	643.487	5,71%	704.717	50.347
2005	726.984	3,16%	726.984	50.759
2006	802.655	3,96%	755.751	53.072
2007	902.784	6,09%	801.787	57.334
2008	1.003.015	5,17%	843.252	61.063
2009	1.084.353	-0,33%	840.472	61.917
2010	1.247.596	7,53%	903.790	64.544
2011	1.392.763	2,73%	928.489	63.188
2012	1.486.022	0,87%	936.585	66.061

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2 - PIB e CTEF do Brasil, dos países da OCDE e do mundo.

Ano	Brasil		OCDE		Mundo	
	PIB	Consumo final de energia	PIB	Consumo final de energia	PIB	Consumo final de energia
	10 ⁶ 2005-\$ PPC	10 ³ tep	10 ⁶ 2005-\$ PPC	10 ³ tep	10 ⁶ 2005-\$ PPC	10 ³ tep
1995	1.248.880	161.095	26.777.335	4.873.533	40.227.823	8.993.322
1996	1.275.731	169.663	27.605.825	5.020.092	41.706.042	9.219.901
1997	1.318.786	178.276	28.608.578	5.068.162	43.361.054	9.303.895
1998	1.319.254	182.553	29.368.725	5.085.407	44.409.209	9.341.950
1999	1.322.626	186.691	30.364.191	5.180.977	46.006.189	9.544.031
2000	1.379.575	187.442	31.615.040	5.292.651	48.136.150	9.788.865
2001	1.397.715	190.712	32.041.695	5.274.230	49.219.638	9.877.729
2002	1.434.838	195.759	32.588.626	5.310.425	50.535.520	10.064.422
2003	1.451.292	198.976	33.253.903	5.373.290	52.315.454	10.416.682
2004	1.534.218	210.042	34.321.952	5.479.849	54.878.759	10.920.548
2005	1.582.643	215.332	35.247.017	5.511.705	57.326.453	11.189.912
2006	1.645.243	222.818	36.349.775	5.505.670	60.262.807	11.482.602
2007	1.745.528	235.460	37.354.043	5.548.103	63.420.945	11.747.597
2008	1.835.760	248.594	37.426.718	5.472.598	65.039.191	11.901.536
2009	1.829.734	240.464	36.074.779	5.224.645	64.564.615	11.851.871
2010	1.967.579	265.887	37.150.074	5.406.239	67.808.027	12.515.723
2011	2.021.343	270.028	37.843.379	5.304.780	70.370.547	12.715.769
2012	2.038.984	280.6	38.354.436	-	72.457.585	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3 - PIB e CTEF setoriais do estado de São Paulo

Ano	Primário		Secundário		Terciário	
	PIB	Consumo final de energia	PIB	Consumo final de energia	PIB	Consumo final de energia
	10 ⁶ 2005-R\$	10 ³ tep	10 ⁶ 2005-R\$	10 ³ tep	10 ⁶ 2005-R\$	10 ³ tep
1995	9.388	1.104	191.957	14.885	372.318	25.410
1996	7.770	1.224	183.883	15.463	394.346	28.128
1997	9.418	1.283	189.721	16.463	406.640	30.010
1998	11.135	1.173	187.949	18.005	406.908	29.155
1999	9.548	1.236	184.185	18.210	413.799	29.208
2000	8.670	1.138	199.791	17.051	425.233	27.830
2001	14.633	1.033	193.179	17.863	434.202	27.297
2002	17.528	1.111	199.128	18.712	442.423	25.945
2003	16.651	1.059	210.572	20.050	439.414	25.993
2004	15.335	1.121	238.427	21.617	450.955	27.609
2005	13.384	1.013	230.434	22.489	483.167	27.257
2006	16.312	1.084	227.752	23.958	511.687	28.030
2007	15.778	1.146	237.484	25.780	548.526	30.408
2008	12.214	1.089	248.945	27.267	582.093	32.707
2009	13.615	938	244.095	27.079	582.762	33.900
2010	16.911	963	262.806	28.843	624.073	34.738
2011	19.594	938	254.666	27.160	654.229	35.090

Fonte: Elaboração própria.

2.2 Detalhamento metodológico

Dentre as diversas técnicas de análise de decomposição existentes, Ang, Zhang e Choi (1998) e Ang e Liu (2001) argumentam que o método *logarithmic mean Divisia Index* (LDMI) é preferível a outros métodos de decomposição no estudo da intensidade energética. Na sequência do debate, em Ang (2004), concluiu-se que o *logarithmic mean Divisia Index I* (LMDI I) é o mais adequado para o assunto abordado neste trabalho. Ele não apresenta termo residual e é, portanto, muito desejável para a análise de longo prazo. Além disso, as relações entre as formas multiplicativa e aditiva podem ser facilmente estabelecidas.

Nesta dissertação, a intensidade de energia irá ser decomposta nos setores econômicos primário, secundário e terciário. O setor primário consiste nas atividades de agricultura, silvicultura e pesca. O setor secundário é composto pela mineração, indústrias de manufatura, construção civil, produção e distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e coleta de lixo. O setor terciário é composto pelos setores de transporte, serviços de saúde, educação e outros serviços.

Seja E a somatória do consumo energético de cada um dos três setores econômicos de tal forma que totalize o consumo energético do ESP:

$$E = \sum_i E_i$$

Da mesma forma, seja Y a somatória do PIB de cada setor econômico do ESP:

$$Y = \sum_i Y_i$$

Nós também definimos a intensidade energética do setor i no ano t :

$$I_i^t = E_i^t / Y_i^t$$

Além disso, definimos a porcentagem do PIB do setor i em relação ao agregado no ano t :

$$S_i^t = Y_i^t / Y^t$$

Logo, temos para um determinado ano que:

$$E = \sum_i E_i = \sum_i Y \times \frac{Y_i}{Y} \times \frac{E_i}{Y_i} = \sum_i Y \times S_i \times I_i$$

E, finalmente, como a intensidade energética é, por definição, o consumo de energia final em relação ao PIB, a intensidade energética global é dada pela equação:

$$I = E/Y = \sum_i S_i \times I_i$$

Podemos ver que a intensidade total de energia é afetada por dois fatores: a contribuição setorial para o PIB e a intensidade energética setorial. Portanto, através do LMDI, mudanças na intensidade energética agregada podem ser atribuídas ou a mudanças estruturais na economia ou a melhoria da eficiência energética.

O método de decomposição pode ser ainda dividido em dois tipos: multiplicativo e aditivo. Ambos são igualmente válidos para analisar a mudança na intensidade energética agregada.

Na decomposição multiplicativa, a alteração proporcional da intensidade energética global, do ano 0⁴ para o ano t é dada por:

$$D_{tot} = I^t / I^0$$

Podemos, então, decompor o D_{tot} da seguinte forma:

⁴ O ano 0 neste trabalho refere-se ao ano de 1995, pois este é o ano a partir de quando o PIB setorial do ESP pode ser obtido

$$D_{tot} = D_{atv} \times D_{efc} \times D_{rsd}$$

Já na decomposição aditiva, a alteração proporcional da intensidade energética global, do ano 0 para o ano t é dada por:

$$\Delta I_{tot} = I^t - I^0$$

E podemos, então, decompor o ΔI_{tot} da seguinte forma:

$$\Delta I_{tot} = \Delta I_{atv} + \Delta I_{efc} + \Delta I_{rsd}$$

Os termos D_{atv} e ΔI_{atv} dão os impactos estimados devido à atividade econômica, enquanto que D_{efc} e ΔI_{efc} dão os impactos estimados decorrentes das variações na eficiência energética setorial. Se D_{atv} (D_{efc}) for maior ou menor que um, o efeito atividade (efeito eficiência) será responsável, respectivamente, pelo aumento ou pela diminuição da intensidade energética. Quanto maior o valor da componente, para além de um, maior será a contribuição para a alteração na intensidade energética. Da mesma forma, se ΔI_{atv} (ΔI_{efc}) for maior ou menor do que zero, o efeito atividade (efeito eficiência) será responsável, respectivamente, pelo aumento ou pela diminuição da intensidade energética. Quanto maiores forem os valores absolutos de ΔI_{atv} e ΔI_{efc} , maior será a contribuição para a alteração da intensidade energética.

Os termos D_{rsd} e ΔI_{rsd} são, respectivamente, os termos residuais para o método de decomposição multiplicativo e aditivo. No LMDI I o primeiro que sempre terá um valor próximo ao unitário e o último um valor quase nulo.

Os cálculos de D_{atv} , D_{efc} , ΔI_{atv} e ΔI_{efc} são realizados através das seguintes e respectivas equações:

$$D_{atv} = \exp \left[\sum_i \frac{L \left(\frac{E_i^t}{Y^t}, \frac{E_i^0}{Y^0} \right)}{L(I^t, I^0)} \times \ln \left(\frac{S_i^t}{S_i^0} \right) \right]$$

$$D_{efc} = \exp \left[\sum_i \frac{L\left(\frac{E_i^t}{Y^t}, \frac{E_i^0}{Y^0}\right)}{L(I^t, I^0)} \times \ln \left(\frac{I_i^t}{I_i^0} \right) \right]$$

$$\Delta I_{atv} = \sum_i L\left(\frac{E_i^t}{Y^t}, \frac{E_i^0}{Y^0}\right) \times \ln \left(\frac{S_i^t}{S_i^0} \right)$$

$$\Delta I_{efc} = \sum_i L\left(\frac{E_i^t}{Y^t}, \frac{E_i^0}{Y^0}\right) \times \ln \left(\frac{I_i^t}{I_i^0} \right)$$

$$\text{No qual: } L(a, b) = \frac{a-b}{\ln(a)-\ln(b)}$$

Finalmente, como já citado, as relações entre as formas multiplicativa e aditiva podem ser relacionadas através da seguinte fórmula:

$$\frac{\Delta I_{tot}}{\ln(D_{tot})} = \frac{\Delta I_{atv}}{\ln(D_{atv})} = \frac{\Delta I_{efc}}{\ln(D_{efc})}$$

2.3 Limitações

Na literatura não há um consenso quanto a correlação entre os processos energéticos e os resultados econômicos. Empiricamente, estudiosos têm encontrado resultados controversos quanto ao papel da energia e sua contribuição no processo produtivo, tendo alguns estudos sugeridos evidências positivas (JORGENSEN, 1986; MURILLO-ZAMORANO, 2005; SCHURR, 1982; STERN e KANDER, 2012) enquanto outros contestam tais evidências (DENISON, 1985; GULLICKSON e HARPER, 1987; HANSEN e PRESCOTT, 2002).

Também, faz-se necessário lembrar que, além da ampla gama de estudos que analisam as diversas economias através da ótica da intensidade energética em busca de caminhos mais sustentáveis, alguns autores mais céticos em relação ao real progresso possível de ser atingido vêm realizando duras críticas quanto à inadequação dos instrumentos analíticos utilizados (GIAMPIETRO, MAYUMI E SORMAN, 2011; KOCSIS, 2012; SORMAN e

GIAMPIETRO, 2013). Smil⁵ (2003 *apud* FIORITO, 2013) ressalta que há muitas incertezas dentro desta área de estudo e que, portanto, estes instrumentos devem ser utilizados com muita cautela, pois caso sejam utilizados sem a devida crítica, estes são capazes de levar a conclusões inócuas que mais contribuiriam para obscurecer do que esclarecer os fatos.

Por exemplo, uma das críticas é a constatação de evidências empíricas da existência do efeito Jevons (BROOKES, 2000), também conhecido como efeito bumerangue, no qual se constata que um aumento de eficiência na utilização de um recurso devido a um progresso tecnológico tende a um aumento na taxa de consumo global deste recurso ao invés de sua redução.

Ainda, Fiorito (2013, p. 472), ao questionar-se se o indicador de intensidade energética pode ser usado para estudar o *decoupling* nas economias modernas é bem incisivo ao responder negativamente e finalizar:

“Para superar os limites da abordagem através dos indicadores de intensidade energética é importante desenvolver descrições mais complexas do funcionamento das economias modernas, evitando assim uma perigosa compressão de informações incompatíveis referindo-se a diferentes dimensões em índices agregados referentes a uma única escala de análise.”

Portanto, é de suma importância destacar que este trabalho apresenta algumas limitações de contorno que devem ser levantados previamente para uma compreensão mais lúcida de seu alcance.

Primeiramente, ressalta-se o fato de que as fontes de dados utilizadas neste trabalho abordam a energia sob o prisma da Primeira Lei da Termodinâmica (ou Princípio de Joule), marginalizando um possível tratamento mais completo sob o prisma da Segunda Lei da Termodinâmica.

Ou melhor, entendendo que a Primeira Lei postula que, em todo processo natural, a energia do universo se conserva, temos então um tratamento das questões energéticas como sendo de natureza estritamente quantitativa.

Porém, uma abordagem mais completa das questões energéticas deve também possuir um componente qualitativo, sendo este componente fornecido pela Segunda Lei que entende a

⁵ Smil, V., 2003. Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties. The MIT Press, Cambridge.

energia como a soma de dois fatores, exergia⁶ e anergia⁷, estabelecendo assim condições e limites para que as transformações energéticas ocorram.

Portanto, e porque neste trabalho, os dados são tratados em um nível agregado, isto nos leva a crer que a real eficiência com a qual a economia faz uso de suas fontes energéticas é de fato menor do que aquela que nossos dados indicam.

Em segundo lugar, faz-se importante o esclarecimento de que nosso estudo tem como limite de contorno a economia do ESP. Ou seja, isto implica que somente foram considerados fatores domésticos (por exemplo, o PIB). Porém, uma análise mais completa deveria compreender efeitos influenciados por fatores externos aos limites geográficos.

Ainda, é preciso considerar que as mudanças ao longo do tempo do indicador analisado, intensidade energética, não são reflexos exclusivamente de efeitos de fatores técnicos (mudanças na composição da matriz de energéticos, mudanças econômicas estruturais e inovações tecnológicas), mas também podem ser correlacionadas aos efeitos de fatores não técnicos (mudanças sociais, culturais, educacionais, comportamentais etc.). Porém, este trabalho limita-se ao estudo dos efeitos provenientes dos fatores técnicos citados. Além disso, algumas classificações utilizadas (por exemplo, a divisão da economia entre três setores) seguem uma convenção arbitrária e, portanto, refletem valores estáticos.

O contínuo processo de desenvolvimento e globalização faz com que haja um questionamento quanto a uma suposta nova divisão internacional do trabalho, o que para as análises dessa dissertação impactam na composição dos setores econômicos, pois cada vez mais, as indústrias têm terceirizado serviços, que então passam a ser contabilizados no terceiro setor.

Finalmente, atenta-se ao entendimento de que os modelos aqui empregados são ferramentas que possuem o potencial de fornecer informações úteis, porém limitadas. Seus resultados devem utilizados como critérios adicionais a um planejamento energético mais amplo.

⁶ “Energia disponível”: de forma simplificada, a parcela energética que pode ser convertida em trabalho.

⁷ “Energia não disponível”: de forma simplificada, a parcela energética que não pode ser mais convertida.

3 O ESTADO DE SÃO PAULO

3.1 Um breve histórico

Como já salientado na introdução dessa dissertação, o ESP possui PIB superior a US\$ 790 bilhões e 55% de sua matriz energética é formada por fontes de energia consideradas limpas, com a meta de chegar a 69% em 2020 (SEESP, 2014).

Esse cenário demonstra o compromisso de longo prazo do ESP com o uso de energias renováveis, que são consideradas como uma das principais estratégias para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Uma geografia favorável e políticas consistentes ao longo de várias décadas permitiram que o ESP construísse uma matriz energética com grande participação de energias renováveis e consequente diminuição relativa da queima de combustíveis fósseis.

Nesse sentido, destaca-se a elaboração do BEESP desde 1980, com a respectiva documentação histórica dos diversos energéticos utilizados estadualmente, assim como de instrumento que serve de diretriz para políticas públicas (SEESP, 2012).

Reflexo histórico da maturidade do planejamento energético estadual, a Lei Estadual n.11.248/2002 criou o Conselho Estadual de Política Energética (CEPE), definindo como umas das suas finalidades a elaboração do Plano Estadual de Energia, hoje, denominado Plano Paulista de Energia (PPE). Também, a Lei Estadual n. 13.798/2009 instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), com meta de redução de 20% de CO₂, com base em 2005 (SEESP, 2012, p. 21).

Em 2011, seguindo a mesma linha de compromisso com o planejamento pautado nos conceitos de desenvolvimento sustentável e economia verde, o ESP lançou a Matriz Energética do Estado de São Paulo (MEESP) para o horizonte 2005-2035. E, em 2014, o ESP publicou o Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo (AEEMESP), referente ao ano 2013, para uso como ferramenta de análise e de fomento para a construção dessas políticas no âmbito municipal (SEESP, 2011, 2013, 2014).

Dessa forma, os tópicos 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 tratam desses documentos de maneira específica, ressaltando-se, sobretudo, os objetivos de cada um deles, a metodologia adotada, as informações em nível de intensidade energética e as conclusões.

3.2 Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP)

O balanço energético consiste em um conjunto de quadros contábeis que procuram explicitar os fluxos e as quantidades de energia que percorrem um determinado sistema energético. Sua aplicação é realizada dentro de limites de contornos espaciais e temporais, explicitando as diversas relações existentes entre o setor energético e demais setores tais como o setor econômico, o social e o ambiental (ALMEIDA et al., 2007). Este instrumento permite uma melhor visualização da forma como se produz, transforma e utiliza a energia na sociedade (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Dentro dessa linha, o governo do ESP, através da SEESP, elabora, anualmente, o BEESP servindo como instrumento para o planejamento de ações públicas e privadas (SEESP, 2014; OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

O BEESP de 2014 contém informações e dados estatísticos, com base referente ao ano de 2013 e séries históricas do período de 2004 a 2013. Para o cálculo das estimativas de emissão de CO₂, a SEESP (2014) explica que seguiu a metodologia do *Greenhouse Gas Inventory – Reference Manual*.

O BEESP é um importante instrumento de análise do perfil da MEESP e das tendências em relação à intensidade energética do ESP (SEESP, 2014).

Como já dito, a MEESP destaca-se por possuir perfil limpo, com 53,5% de sua Oferta Interna Bruta de Energia (OIE), em 2013, proveniente de fontes renováveis de energia, com destaque para os derivados da cana 29,9% e hidráulica e eletricidade com 18,6%. Dado ainda mais relevante quando comparado com a média brasileira de 44,1% em 2011 (EPE, 2012), e com a média mundial de 13,3% em 2010 (IEA, 2012; OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

A participação das energias não renováveis na OIE foi de 46,5%, com destaque para petróleo e derivados com 37,7% e gás natural 6,9% (SEESP, 2014, p. 10)

A Tabela 4 apresenta a participação da OIE de cada um dos energéticos ao longo da série histórica considerada. Observa-se uma crescente participação das fontes renováveis na composição da MEESP, capitaneado pelo aumento da participação dos derivados de cana-de-açúcar e pela diminuição da participação dos derivados de petróleo. A partir de 2007, a MEESP tornou-se majoritariamente limpa.

Tabela 4 - Participação da Oferta Interna Bruta de Energia* (%).

ENERGÉTICOS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Energia Não-Renovável	54,4	54,0	52,3	50,1	48,1	44,8	42,6	44,6	48,0	47,7	46,5
Petróleo e Derivados	45,1	44,6	42,6	39,7	38,1	35,1	34,9	35,8	38,7	39,0	37,7
Gás Natural	5,6	5,8	6,7	7,4	7,3	7,3	5,8	6,6	6,7	6,7	6,9
Carvão Mineral e Derivados	3,7	3,6	3,0	3,0	2,7	2,4	1,9	2,2	2,6	2,0	1,9
Energia Renovável	45,6	46,0	47,7	49,9	51,9	55,2	57,4	55,4	52,0	52,3	53,5
Hidráulica e Eletricidade	18,9	17,8	18,2	18,9	18,6	18,1	17,4	17,9	18,9	18,8	18,0
Lenha e Carvão Vegetal	2,1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3
Deriv. Cana + Etanol Etílico	22,0	23,8	25,0	26,5	29,0	32,9	36,2	33,7	29,3	29,8	32,0
Outras Fontes Primárias**	2,6	2,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,3	2,4	2,4	2,3	2,2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(*) OIE = Produção + Importação - Exportação + Variação de Estoque.

(**)Out. Fontes Prim. Renováveis = Palha de Arroz + Borra de Café + Resíduos de Vegetação.

Fonte: SEESP, 2014.

Em relação aos demais energéticos limpos, ressalta-se a inflexão que resultou na inversão desta tendência no período 2010-2012, devido principalmente às quebras na safra de cana-de-açúcar e à queda da competitividade do etanol resultante das políticas federais voltadas à manutenção artificial do preço da gasolina (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013). Esse cenário se modifica em 2013 e esse setor volta a se recuperar com 32% de participação.

Considerando essas tendências da OIE, a participação no consumo final de energia por energético (Tabela 5) registra de 2004 a 2011 um aumento da participação em 3,5% do bagaço de cana, atingindo um pico de 23,8% em 2009, com queda de participação de 2010-2012 e recuperação a partir de 2013. Para os derivados de petróleo, verifica-se uma redução da participação em 8,4% dos derivados de petróleo de 2007 a 2009, com destaque para o óleo combustível que no período reduziu sua participação de 2,8% para 0,5%. Contudo, no período 2010-2012, ocorre uma inversão, com o aumento da participação dos derivados de petróleo.

Tabela 5 – Participação por Energético do Consumo Final (%).

ENERGÉTICOS	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gás Natural	6,1	6,8	7,5	7,4	6,9	5,9	6,3	6,6	6,2	6,0
Carvão Vapor	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lenha	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1
Outras Fontes Primárias	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5
Gás de Coqueria	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Coque de Carvão Mineral	2,3	2,1	2,0	2,0	1,7	1,3	1,5	1,4	1,4	1,2
Eletricidade	21,2	22,0	22,2	21,6	21,2	20,8	20,9	21,7	21,7	21,6
Carvão Vegetal	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Etanol Etílico	3,6	3,8	4,8	6,1	7,1	8,0	7,6	6,8	5,8	6,0
Bagaço de Cana	17,8	18,6	19,0	19,8	22,1	23,2	22,1	19,2	19,8	21,3
Derivados de Petróleo	45,1	42,7	40,6	39,4	37,5	37,4	38,3	41,0	41,9	40,8
Óleo Diesel	15,6	15,4	14,6	14,4	14,6	14,2	15,0	15,9	16,0	16,1
Óleo Combustível	2,8	2,2	1,4	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	0,6	0,5
Gasolina	7,8	8,0	7,7	7,2	6,6	6,2	6,6	8,5	9,5	8,7
GLP	3,9	3,7	3,6	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0
Nafta	4,6	3,3	3,6	3,5	2,6	3,3	3,4	2,9	2,9	2,9
Querosene	3,2	3,3	3,0	3,0	3,0	2,9	3,2	3,5	3,4	3,3
Gás Canalizado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gás de Refinaria	2,0	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,7	1,9	1,8	1,8
Outras Sec. de Petróleo	2,0	2,2	2,6	2,5	2,4	2,6	2,4	2,7	2,9	2,9
Não Energ. do Petróleo	3,2	2,7	2,3	2,5	2,3	2,6	2,2	1,8	1,7	1,6
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: SEESP, 2014.

Notam-se, também, o aumento da participação do gás natural e a diminuição da participação da lenha, em muitos casos, tais produtos substitutos (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

A Tabela 6 apresenta a suficiência energética com crescimento até o ano 2009, sofrendo então uma inflexão que resultou numa queda no período 2010-2012.

Tabela 6 - Evolução (10³ tep) e Participação da Suficiência e Dependência Energética.

ENERGÉTICOS	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Demanda Total*	56.771	57.494	58.486	63.193	67.078	69.228	70.714	70.180	72.627	75.570
(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Suficiência Total	24.711	25.688	27.080	30.136	34.904	36.228	35.734	31.828	34.385	37.734
(%)	43,5	44,7	46,3	47,7	52	52,3	50,5	45,4	47,3	49,9
Dependência Total	32.060	31.806	31.406	33.057	32.174	33.000	34.982	38.352	38.242	37.836
(%)	56,5	55,3	53,7	52,3	48	47,7	49,5	54,6	52,7	50,1

(*) Demanda Total = OIE+ Ajustes; OIE = Produção + Importação - Exportação + Var. de Estoques.

Fonte: SEESP, 2014.

Pelo fato do ESP ser produtor de cana-de-açúcar e derivados, a sua suficiência ou dependência energética encontra-se fortemente relacionada à utilização, ou não, desta fonte.

Diante das evidências demonstradas pelos dados da MEESP no tocante à OIE e ao CTEF, e valendo-se do desenvolvimento teórico do assunto por Oshiro, Santos e Fagá (2013), essa pesquisa passa a analisar alguns indicadores socioeconômicos, dentre os quais a intensidade energética e o consumo *per capita*.

A Tabela 7 mostra os dados constante do capítulo 7 do BEESP. No período entre 2004 e 2013, percebe-se um aumento de 35,9% no consumo energético e uma elevação do PIB de 40,0%.

Tabela 7 - Evolução da Intensidade Energética e Consumo *per capita*.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Consumo (1)	51.637	52.102	54.482	58.785	62.690	63.543	66.149	64.666	67.811	70.179
PIB (2)	701.829	726.984	755.784	811.760	859.583	852.892	920.625	947.825	964.200	983.086
Setor Primário	13.869	11.265	11.525	11.815	11.902	11.455	12.020	12.214	12.448	12.256
Setor Secundário	225.430	193.955	197.671	209.823	219.196	202.364	221.813	226.129	219.735	226.818
Setor Terciário	462.530	406.680	424.980	457.829	485.391	495.657	526.469	544.352	560.990	569.901
População (3)	39	39	40	40	40	41	41	42	42	42
(1)/(2) (tep/10³ 2005-R\$)	0,074	0,072	0,072	0,072	0,073	0,075	0,072	0,068	0,07	0,071
(1)/(3) (tep/10³ hab.)	1.332	1.329	1.375	1.469	1.551	1.557	1.605	1.555	1.617	1.659

(1) Consumo Total Final Energético em 10³ tep.

(2) Produto Interno Bruto em 10⁶ 2005-R\$.

(3) População em 10⁶ habitantes.

Fonte: SEESP, 2014.

Diante dos dados da Tabela 7, obtém-se uma intensidade energética em torno de 0,070 tep/10³ R\$, com leve redução em 2010 e 2011, coincidente à redução da participação das fontes renováveis, e um consumo *per capita* que cresceu significativamente até o ano de 2010 atingindo um patamar de 1.605 tep/10³ hab (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Conforme visto na Tabela 7, a intensidade energética do ESP caracteriza-se como estável. Ao desagregar o indicador por fontes, é possível verificar a diferente contribuição dos derivados de petróleo e dos derivados de cana-de-açúcar.

Observa-se na Tabela 8 que, até 2009, um aumento na participação do bagaço de cana ocasionou um aumento da intensidade energética dos derivados de cana-de-açúcar, ocorrendo o inverso com os derivados de petróleo, sendo estes os compositores majoritários do indicador agregado (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013). Em 2011, com a diminuição da participação do bagaço, tem-se o decréscimo da intensidade energética. Em 2012, esta eleva-se em decorrência do aumento da participação dos derivados de petróleo. Já no ano de 2013, a intensidade energética particularmente aumenta em razão do aumento da participação do bagaço.

Tabela 8 - Intensidade Energética de Grupos de Energéticos Seleccionados.*

ESPECIFICAÇÃO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Petróleo e Derivados**	0,038	0,035	0,035	0,034	0,032	0,032	0,032	0,032	0,034	0,033
Elettricidade	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015
Carvão e Derivados	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Lenha, Carvão Vegetal e Outras Fontes Primárias	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Cana-de-Açúcar e Derivados	0,016	0,016	0,017	0,019	0,021	0,023	0,021	0,018	0,018	0,020
Total	0,074	0,072	0,072	0,072	0,073	0,075	0,072	0,068	0,070	0,071

(*) Unidades em tep/10³ 2005-R\$.

(**) Inclusive Gás Natural.

Fonte: SEESP, 2014.

Esses resultados podem ser explicados através das diferentes eficiências termodinâmicas envolvidas nos processos que permeiam a cadeia energética dessas distintas fontes, conforme série histórica constante na Figura 7.

Figura 7 - Intensidade Energética de Grupos Energéticos Seleccionados.

(*) Inclusive Gás Natural.

Fonte: SEESP, 2014.

A Tabela 9 traz a intensidade energética por setores.

Tabela 9 - Intensidade Energética por Setores.

SETORES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Primário	0,081	0,076	0,080	0,081	0,076	0,068	0,067	0,063	0,062	0,066
Secundário*	0,095	0,097	0,101	0,102	0,104	0,111	0,108	0,098	0,105	0,136
Terciário**	0,060	0,056	0,055	0,056	0,056	0,057	0,055	0,054	0,055	0,067
Total	0,074	0,072	0,073	0,073	0,073	0,075	0,072	0,069	0,070	0,072

(*) Não inclui o setor energético.

(**) Estão incluídos os setores energético, residencial, comercial, público e de transportes.

Fonte: SEESP, 2014.

A Tabela 10 apresenta os indicadores ambientais que relacionam a emissão em toneladas de CO₂ com os dados socioeconômicos.

Tabela 10 - Evolução das Emissões de CO₂ - Aspectos Socioeconômicos.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Emissões (1)	67,06	67,27	67,7	70,65	72,21	69,08	75,03	80,01	85,12	85,34
População (2)	38.771	39.201	39.620	40.022	40.420	40.815	41.224	41.580	41.940	42.305
PIB (3)	702.111	726.984	755.784	811.760	859.583	852.892	920.625	947.825	964.200	983.086
(1)/(2)*	1,730	1,716	1,709	1,765	1,787	1,692	1,820	1,924	2,030	2,017
(1)/(3)**	0,096	0,093	0,090	0,087	0,084	0,081	0,082	0,084	0,088	0,087

(1) Total de emissões em 10³ tCO₂/ano.

(2) População em 10⁶ habitantes.

(3) Produto Interno Bruto em 10⁶ R\$.

(*) unidades em CO₂/10³ R\$.

(**) unidades em tCO₂/hab.

Fonte: SEESP, 2014.

Nota-se que até 2009 houve uma significativa redução da relação CO₂ emitida por PIB gerado, um indício de maior eficiência dos processos. Porém, o inverso ocorre a partir de 2011, com uma leve redução em 2013. No tocante à emissão per capita, observa-se um aumento, o que pode significar aumento do consumo per capita de energéticos.

3.3 Matriz Energética do Estado de São Paulo (MEESP)

A MEESP para o horizonte 2005-2035 tem como objetivo influenciar as políticas públicas nos próximos trinta anos dentro de um viés de incorporação de energias limpas e do conteúdo de sustentabilidade. Igualmente, esse documento teve a pretensão de direcionar os investimentos do setor público e privado nesse período.

Como salientado por Oshiro, Santos e Fagá (2013), em setores de investimentos de longo prazo e de forte atuação governamental, como é o caso do setor energético, o planejamento exerce um papel fundamental para a busca e para a concretização do desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, a SEESP ressalta que a publicação da MEESP vem de encontro ao realizado pela EPE, no âmbito federal, com a publicação do Balanço Energético Nacional (BEN) e demais estudos de planejamento, como o Plano Nacional de Energia (PNE), o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE), dentre outros (SEESP, 2011).

Em termos de compreensão do conteúdo da MEESP, a SEESP explica que a abordagem foi dividida em quatro âmbitos: Econômico; Tecnológico e de Eficiência; Oferta; e, Autoprodução de Energia. Com isso, a MEESP traça o cenário base, principal referência para

uma série de premissas específicas, e Cenários Alternativos com vistas a se dar conta da evolução de perspectivas econômicas nacional e regional, além de se abordar mudanças de premissas, tais como aprimoramentos de eficiência e alterações na oferta.

Quanto à metodologia, a MEESP adotou o LEAP (*Long range Energy Alternatives Planning System*) como modelo central para o cenário base da MEESP. A partir dessa construção, obtiveram-se padrões e tendências do desenvolvimento socioeconômico, tecnológico e de oferta energética do ESP.

Dentro da abordagem energética, a MEESP apresenta a composição da demanda de energia estadual (Figura 8). Diante desses dados, no horizonte 2005-2035, observa-se que a demanda de $51,3 \cdot 10^3$ tep atingirá cerca de $130 \cdot 10^3$ tep, estando incluso o uso não energético, ou seja, aumento de aproximadamente 152%.

Figura 8 - Composição total da demanda energética do ESP 2005-2035.

Fonte: SEESP, 2011.

Na Figura 8, percebe-se, também, aumento da participação das fontes bagaço, óleo diesel, etanol e gás natural acompanhada de uma redução da participação da eletricidade e da gasolina. Todavia, registra-se que a participação das fontes ditas renováveis atingirá somente o patamar aproximado de 50% da composição, muito aquém da meta traçada no PPE, de 69% (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Quanto à questão da suficiência energética, a MEESP traz as Figuras 9 e 10, com o balanço dos principais energéticos existentes no ESP.

Figura 9 - Balanço Oferta x Demanda de energéticos em 10^3 tep.

Fonte: SEESP, 2011.

Destaca-se o aumento da demanda e autossuficiência do gás natural, do bagaço de cana-de-açúcar e do diesel.

Figura 10 - Balanço Oferta x Demanda de energéticos em 10^3 tep (continuação).

Fonte: SEESP, 2011.

Ainda, através das Figuras 09 e 11, percebe-se que apesar da autossuficiência da gasolina, existe déficit da oferta de outros derivados do petróleo. E, é possível verificar que o ESP tende depender da energia elétrica.

Oshiro, Santos e Fagá (2013) trataram da questão da intensidade energética, adotando o indicador a partir da previsão de demanda e da premissa de crescimento médio anual do PIB de 3,5 % para o período. Como resultado, nos 30 anos, o crescimento do PIB seria de 180%, acompanhado de um crescimento de aproximadamente 150% da demanda energética. Com isso, seguindo o modelo, a estimativa seria de uma intensidade energética do ESP de 0,063 em 2035, levemente inferior ao valor atual.

As Figuras 11 e 12 apresentam, respectivamente, o indicador ambiental que relaciona a emissão de gases do efeito estufa e o PIB e a emissão total de CO₂ (SEESP, 2011).

Figura 11 - Evolução das Emissões de CO₂ - Aspecto Socioeconômico.

Fonte: SEESP, 2011.

Figura 12 - Emissões totais de CO₂ em 10³ t (2005-2035) - Cenário Base.

Fonte: SEESP, 2011.

Observa-se que há uma perspectiva de aumento de emissões de CO₂ em aproximadamente 50% até 2020 e de pouco mais de 110% até 2030. Esses dados contrariam o sentido da PEMC, conforme explicado no item 3.1. Contudo, reforça-se que o indicador ambiental aponta uma tendência de queda da intensidade da relação dióxido de carbono e PIB, seguindo a tendência já notada no BEESP, com a adoção de medidas de maior eficiência tecnológica (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Percebe-se através do contraste da avaliação presente, dos planos e políticas adotados, e da MEESP que há uma série de conflitos a serem resolvidos dentro do ambiente estratégico que concerne aos planejamentos dos sucessivos governos do ESP.

Caso não seja adotado um modelo de desenvolvimento para o ESP em vista de transformá-lo em um polo tecnológico que conduza a reduções substanciais na intensidade energética estadual, o futuro estadual será, então, pouco promissor.

Devido às descobertas de petróleo e gás natural na Bacia de Santos, a participação das indústrias extrativas no PIB paulista deverá aumentar. Assim, conforme mostra a experiência histórica de alguns países, ao se transformar em produtor/exportador de matérias primas e, particularmente, energia, o ESP tenderá a apresentar um aumento da intensidade energética ao longo do tempo.

3.4 Plano Paulista de Energia (PPE)

A SEESP aprovou no ano de 2012 o PPE, cujo intuito é assegurar o suprimento de energético do ESP por meio do estímulo às fontes renováveis.

Conforme já dito, há uma meta de aumentar de 52%, em 2011, para 69% a participação das energias limpas na MEESP até 2020. Ainda, além do PPE, o ESP assumiu um compromisso, através da Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009, que institui a PEMC, com a intenção de reduzir em 20%, até 2020, as emissões de gases de efeito estufa sobre o total emitido em 2005 (SEESP, 2012).

O PPE adota como diretrizes os seguintes temas: manutenção das expectativas de crescimento econômico, tanto para o país quanto para o estado, utilizadas na elaboração do cenário base da Matriz 2035; aderência às metas definidas pelo comitê gestor da PEMC; integração de políticas e programas com impacto na demanda por energéticos, já definidos no âmbito das diversas secretarias do estado; priorização de ações baseada em aspectos de factibilidade e de efeito sobre o resultado esperado; aderência ao programa de governo na área energética (SEESP, 2012, p. 24).

O PPE assume como missão estabelecer políticas públicas para estimular o crescimento econômico com a diminuição da intensidade energética do ESP, além da ampliação do uso de energias renováveis e da substituição de fontes fósseis por tecnologias mais eficientes (SEESP, 2012).

Aponta-se que o PPE adota as bases de dados da MEESP, do BEESP, já comentados nos itens 3.2 e 3.3, e do 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do ESP (SEESP, 2012).

Em termos de ações voltadas a diminuir a intensidade energética, as conclusões do PPE ressaltam a relevância de várias políticas, estruturadas e permanentes nos campos educacional, tecnológico e regulatório, destinadas à eficiência nos setores focando a eletricidade e os combustíveis, maiores detalhes se encontram no Capítulo 4 e no Anexo I desse trabalho (SEESP, 2012).

As conclusões do PPE direcionam a destacar a necessidade de se reverter perdas verificadas nas últimas safras de biocombustíveis, principalmente, etanol. Para fontes de energia renováveis, o PPE aponta a importância do crescimento da competitividade e a adequação da regulação. Reforça-se que ações contínuas de fiscalização de obras estratégicas de geração e de distribuição para se evitar atrasos e insegurança de fornecimento. Para o gás,

o PPE ressalta a relevância da confiabilidade do fornecimento e da estabilização de preços para a expansão do mercado (SEESP, 2012).

Finalmente, o PPE mostra que os desafios citados levam à necessidade de adoção de medidas e de planos paulatinos, com diversos passos e etapas para implantação e com o monitoramento do CEPE para sua concretização a ser efetivada através do trabalho de grupos temáticos multi-setoriais (SEESP, 2012).

3.5 Anuário Estatístico por Municípios do Estado de São Paulo (AEMESP)

O último documento que essa dissertação faz referência é o AEMESP, com base no ano de 2013, que traz de forma sistematizada, dados sobre os principais energéticos consumidos pelos municípios paulistas e as emissões de CO₂ (SEESP, 2013).

Os dados disponibilizados englobam 645 municípios e objetivam compilar e divulgar com vistas a fomentar ações de políticas públicas energéticas no âmbito regional, dentro dos conceitos de sustentabilidade e de economia verde. Tal prática vem amparar ações de cunho nacional.

Nesse sentido, em termos de principais resultados, registra-se a relevância do município de São Paulo contribuído com cerca de 19,8% do total de todos os energéticos - de 44.487,82 x 10³ tep. Seguido por Guarulhos, com 6,3%, por Cubatão, com 2,8%, Campinas, com 2,8% e Santo André com 1,8% do total estadual. Isso equivale a 33,4% do total do consumo do ESP em 2013 (SEESP, 2013).

No tocante à abertura do consumo desse total, a SEESP (2013) aponta que há variações na participação dos municípios. Quanto à energia elétrica, os municípios com maior participação no consumo estadual foram: São Paulo: 29,47 TWh (2.535,80 x 10³ tep); Alumínio: 5,23 TWh (450,10 x 10³ tep); Cubatão: 3,82 TWh (328,36 x 10³ tep); Guarulhos: 3,39 TWh (291,25 x 10³ tep) e Campinas: 3,19 TWh (274,25 x 10³ tep).

Para os dados sobre gás natural, a SEESP (2013) ressalta que o maior consumo se registra nos municípios próximos a refinarias de petróleo e/ou cujos parques industriais encontram-se na rota do gasoduto Brasil-Bolívia, a saber: São Paulo: 1.466,03 x 10⁶ m³ (1.189,10 x 10³ tep); Cubatão 323,82 x 10⁶ m³ (262,65 x 10³ tep); Santo André: 306,70 x 10⁶

m^3 ($248,76 \times 10^3 \text{ tep}$); Santa Gertrudes: $280,66 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($227,64 \times 10^3 \text{ tep}$) e Jacareí: $264,02 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($214,14 \times 10^3 \text{ tep}$).

No que tange ao etanol hidratado, os principais consumidores são: São Paulo: 1.392,90 milhões litros ($670,55 \times 10^3 \text{ tep}$); Campinas: 220,90 milhões litros ($106,34 \times 10^3 \text{ tep}$); Ribeirão Preto: 142,90 milhões litros ($68,79 \times 10^3 \text{ tep}$); Guarulhos: 126,77 milhões litros ($61,03 \times 10^3 \text{ tep}$) e Sorocaba: 108,77 milhões litros ($52,36 \times 10^3 \text{ tep}$).

Para os derivados de petróleo, os municípios que apresentaram os maiores consumos foram: São Paulo: $4.398,00 \times 10^3 \text{ tep}$; Guarulhos: $2.371,55 \times 10^3 \text{ tep}$; Campinas: $805,11 \times 10^3 \text{ tep}$; Cubatão: $649,18 \times 10^3 \text{ tep}$ e Sorocaba: $448,77 \times 10^3 \text{ tep}$ (SEESP, 2013).

Para as emissões de CO_2 por município, a SEESP (2013) seguiu a metodologia do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), de 1993. Para o cálculo foram considerados os seguintes combustíveis: gás natural, gasolina automotiva e de aviação, óleo diesel, óleo combustível, querosene iluminante e de aviação, GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), Coque de petróleo e asfalto.

Assim, os principais municípios em termos de emissões de CO_2 foram: São Paulo $15.036,16 \times 10^3 \text{ tCO}_2/\text{ano}$; Guarulhos $6.992,89 \times 10^3 \text{ tCO}_2/\text{ano}$; Cubatão $2.413,35 \times 10^3 \text{ tCO}_2/\text{ano}$; Campinas $2.371,96 \times 10^3 \text{ tCO}_2/\text{ano}$ e Paulínia $1.448,21 \times 10^3 \text{ tCO}_2/\text{ano}$.

3.6 Considerações sobre as políticas energéticas do estado de São Paulo

As ideias expostas nesse item constam da publicação decorrente da presente pesquisa apresentada no Encontro de Economia de Energia da América Latina, que ocorreu em Montevidéu, Paraguai, em 2013 (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Como defendido na publicação parcial dos resultados dessa pesquisa, o sistema energético pode ser visto como uma restrição ou uma oportunidade para o desenvolvimento produtivo do ESP (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Face ao caráter crucial e estratégico da energia para o desenvolvimento econômico e para o bem-estar da sociedade, as estratégias e políticas aplicáveis a este sistema ultrapassam o âmbito restrito da energia (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

O objetivo principal a ser perseguido é a garantia do suprimento energético e a adequação das formas e fontes de energia aos usos finais demandados. Ao mesmo tempo,

cabe conceber uma nova trajetória de desenvolvimento para o ESP, menos focada na intensidade energética crescente, e mais voltada ao desenvolvimento tecnológico (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

As propostas a serem desenvolvidas pela política energética devem integrar-se ao conjunto de outras políticas públicas, incluindo a política industrial e tecnológica (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Mesmo mantendo-se como o estado brasileiro com o maior consumo de energia dentro da federação, o ESP apresenta-se em situação extremamente favorável para preservar sua segurança energética e a razoável modicidade dos preços energéticos (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Existem preocupações com a atual tendência de aumento da geração elétrica com base térmica, principalmente no tocante ao uso de combustíveis fósseis. Sugere-se que essa transformação possa afetar a competitividade da produção agroindustrial e industrial do Brasil e do ESP, bem como enfraquecer o posicionamento estadual referente às negociações da mudança do clima e seus impactos no comércio internacional (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Nesse trabalho, procurou-se mostrar que o ESP, até por motivos geográficos e históricos, já promoveu uma verdadeira transformação de sua matriz energética, praticamente sem paralelos em comparação com as demais principais nações emergentes e desenvolvidas. (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

O estado deve procurar o máximo aproveitamento e a maior adição de valor às fontes renováveis de energia; essas não mais se justificam só como instrumentos de busca da autossuficiência energética, mas como uma estratégia moderna de desenvolvimento, superando as barreiras que hoje, ainda, impedem o uso cada vez mais inteligente da biomassa da cana-de-açúcar, do biogás ou dos demais rejeitos urbanos e agrícolas. Porém, ao mesmo tempo é necessária uma atenção especial ao possível efeito colateral advindo dessa maior inserção das fontes renováveis no que tange o resultante aumento da sua intensidade energética (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

A transformação da trajetória de desenvolvimento rumo a quedas expressivas de intensidade energética envolve diferentes aspectos. Em primeiro lugar, a ênfase exagerada na modicidade dos preços da energia revela-se um erro (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Na medida em que o ESP transforma-se em um exportador líquido de energia, não são desprezíveis as ameaças de novas pressões políticas e sociais no sentido de se reduzir os

preços da energia em prol de um enganoso aumento da competitividade estadual, inclusive para atração de novos investimentos (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Ceder a essas tentações pode conduzir aos dilemas energéticos já experimentados pelo país nos anos 1980 e 1990. Além disso, muito mais crítico para a competitividade é garantir o acesso rápido e a segurança de suprimento de energéticos modernos em todos os cantos do ESP (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Em particular, deve-se manter a agressividade no processo de penetração dos gases combustíveis na MEESP, buscando-se maiores sinergias com as energias renováveis (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Acima de tudo, o ESP deve, rapidamente, encontrar seus caminhos para abandonar os antigos modelos econômicos e energéticos que caracterizam o contexto dos países menos desenvolvidos. Estabelecer as trajetórias tecnológicas que merecerão destaque é o grande desafio estratégico, pois requer a realização de escolhas e apostas (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Não se pode desprezar as possibilidades e necessidades de transferência internacional de tecnologia. Furtado (2003) ensina que as trajetórias de sucesso são pautadas por escolhas mais ou menos apropriadas das tecnologias a serem transferidas ou desenvolvidas na esfera doméstica (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

De qualquer forma, o acesso à tecnologia, local ou importada, é apenas o ponto de partida de uma trajetória de desenvolvimento tecnológico. Torna-se, ainda, obrigatório aproximar as competências locais ao sistema produtivo, o qual, em geral, ainda está vinculado às demandas e características dos sistemas socioeconômicos antigos. Uma trajetória tecnológica é, então, uma atividade do progresso técnico, associada a mudanças no paradigma cultural. A evolução do progresso técnico restringe-se e é delimitada pelo paradigma cultural (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Entre os aspectos culturais e econômicos definitivos encontra-se a capacidade de gerar recursos financeiros para investimentos estruturantes. O acesso ao capital no Brasil, especialmente para pequenas e médias empresas, que assumem os riscos das transformações tecnológicas, tende a ser limitado e caro (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Os novos capitalistas rapidamente compreendem o papel desestimulante dos sistemas de garantia adotados pelos bancos de fomento. O ESP pode conceber a sua agência de desenvolvimento como a gestora de um fundo de aval, que dê conforto ao sistema financeiro e viabilize as tomadas de crédito por aqueles que podem, de fato, transformar os processos produtivos e os cenários energéticos. Não cabe às instituições financeiras apostarem,

sozinhas, nos agentes que pretendem construir um futuro desconhecido (OSHIRO, SANTOS e FAGÁ, 2013).

Diante de tais considerações, entende-se que o ESP contém importantes peculiaridades no tocante ao seu sistema energético, sendo essencial que sejam ultrapassados certos obstáculos e problemas com vistas ao seu aprimoramento. Com isso, algumas dessas propostas as quais se procurou identificar nesse item serão relatadas com maior profundidade no Capítulo 5.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A base de dados é utilizada para calcular a intensidade energética a nível nacional, regional e global (Figura 13).

Figura 13 - Intensidade energética referente ao ESP, ao Brasil, ao Mundo e à OCDE de 1995 a 2011 (2012 para o Brasil e o ESP).

Nota: Os valores da intensidade energética referentes ao Brasil, ao Mundo e à OCDE estão em tep/10³ 2005-\$ enquanto que os valores referentes ao estado de São Paulo estão em tep/10³ 2005-R\$.

Fonte: Elaboração própria.

A intensidade energética dos países do mundo e da OCDE tem diminuído de forma regular ao longo do período de estudo. Essa tendência de queda tem sido progressivamente estabelecida desde a crise energética da década de 1970, o que levou ao desacoplamento do consumo de energia e crescimento do PIB, principalmente nas nações mais desenvolvidas.

Como explorado por diversos autores (GOLDEMBERG et al, 1987; MARTIN, 1988), os esforços de desvincular o crescimento do PIB ao consumo de energia se tornou uma alta prioridade nas estratégias energéticas de muitos governos e foram alcançados devido a várias razões, tais como: (i) mudança no perfil das atividades econômicas das sociedades industrializadas substituindo a indústria pesada por um predominância do setor de serviços; (ii) a transição para o uso de materiais menos intensivos em energia; (iii) a mudança de combustíveis tradicionais, menos eficientes, para fontes de energia mais eficientes, como a

eletricidade, combustíveis líquidos e gasosos, bem como os combustíveis sólidos transformados; e (iv) a adoção de novas e energeticamente mais eficientes tecnologias.

Goldemberg e Prado (2011) confirmaram a mudança para o uso de materiais menos intensivos em energia, bem como a adoção de novas e energeticamente mais eficientes tecnologias, atribuindo a queda contínua da intensidade energética nos países da OCDE e do mundo a partir de 1995, principalmente, ao aumento da eficiência energética.

Entretanto, apesar dos esforços para promover tal desvinculação que tem sido apontada como uma das prioridades da política energética nacional e local, essas tendências não se verificaram de forma significativa para o Brasil e para o ESP.

A intensidade energética do Brasil e do ESP, por exemplo, não cumpriu a previsão otimista feita por GELLER et al. (2004). Os autores previram que a intensidade energética do Brasil deveria cair de cerca de 10% a 21% do valor de 2000 até 2010, mas a intensidade de energia do Brasil aumentou em 1,2% nesse período. Enquanto, a intensidade de energia do ESP caiu apenas 2,9%.

A intensidade energética do ESP reflete a do Brasil, que consiste em um aumento gradual de 1995 a 1999, uma queda nos anos de 2000 e 2001 (depois de grande desaceleração econômica e escassez de energia). Em seguida, foi seguido por outro aumento gradual, conforme demonstrado por Polenske, Zhang e Compean. (2007).

Apesar de o ESP ser o estado mais desenvolvido no Brasil, a sua intensidade energética difere substancialmente da dos países desenvolvidos, que são representados pela OCDE na Figura 13.

No entanto, isso não significa necessariamente que o ESP (e o Brasil) sofreu deterioração da eficiência energética ou não teve acesso a práticas e tecnologias mais eficientes energeticamente.

Os países em desenvolvimento tendem a ter cada vez maior intensidade energética devido a aumentos de consumo de energia mais rápido do que seu PIB (MIELNIK e GOLDEMBERG, 2010).

Uma das razões é devida a expansão do setor secundário, muito intensivo energeticamente, como foi encontrado por Jung e Park (2000) para o caso da Coreia do Sul entre 1987 e 1993 - o seu período de crescimento econômico - e por Liao, Fan e Wei. (2007) e Zhao, Ma e Hong. (2010) para o caso da China, de 1998 a 2006. Além disso, Birol e Keppler (2000) salientam que, para uma economia em crescimento, os avanços tecnológicos são menos propensos a reduzir a intensidade energética devido ao efeito rebote.

4.1 Análise setorial

Uma compreensão mais abrangente da tendência crescente da intensidade energética no ESP requer a dissociação da intensidade total de energia pela IDA, proposto para identificar o papel das mudanças estruturais na economia e da evolução da intensidade de energia por setor (Figura 14).

Figura 14 - Composição da intensidade energética do ESP de 1995 a 2012.

Fonte: Elaboração própria.

4.1.1 Setor primário

A intensidade energética do setor primário no ESP foi muito volátil ao longo do período de estudo, muito provavelmente devido ao seu pequeno tamanho em comparação aos outros dois setores e à sua dependência do clima.

De 1995 a 2012, a área de plantação de cana de açúcar no ESP mais do que dobrou, passando de quase 2,3 milhões de hectares para aproximadamente 5,2 milhões de hectares (IBGE).

Sparovek et al. (2009) deduziu que a expansão do plantio de cana de açúcar levou a um maior crescimento econômico e Martinelli et al. (2011) observaram que os municípios no ESP que possuem usinas de açúcar tiveram melhor desempenho do que aqueles que não as têm.

Portanto, pode-se supor que a redução da intensidade energética do setor primário é em parte devido ao crescimento da indústria da cana. Assumindo-se que a substituição de outras atividades primárias pela plantação de cana tem efeitos menores em termos de crescimento do consumo de energia. Martinelli et al. (2011), no entanto, advertiu que os resultados podem ser exclusivos para o ESP, por ser um grande mercado para o açúcar.

Além disso, a indústria da cana no ESP tem aumentado a sua eficiência pesquisando variedades de cana superiores e usando destilação do etanol mais eficiente entre outros métodos (COMPEAN e POLENSKE, 2011). O governo do estado também está aumentando o uso de colheita mecanizada na produção de cana (MACEDO, 2005). O estado tem adotado a colheita mecânica para substituir a colheita manual que é mais intensivo em trabalho (SEESP, 2014; UEKI, 2007). Enquanto isso, os estados do Norte e o Nordeste do Brasil ainda são dependentes dos métodos tradicionais.

4.1.2 Setor secundário

A intensidade energética do setor secundário tem aumentado de forma regular, atingindo o seu pico em 2009, com 43% de crescimento, comparativamente a 1995. A intensidade caiu em 2011 e aumentou significativamente até o mais alto nível histórico em 2012.

O aumento da intensidade energética do setor secundário segue a tendência geral dos países em desenvolvimento. A indústria de alimentos e bebidas (A&B) e a indústria de papel e celulose (P&C), em particular, têm crescido de forma significativa, com 179% e 66% de crescimento no consumo de energia, respectivamente, entre 1995 e 2012 (SEESP, 2014), como se pode verificar na Figura 15.

Figura 15 - Composição do consumo energético do setor secundário.

Fonte: SEESP, 2014.

O bagaço de cana domina o consumo de energia da A&B (74% em 1995 e 87% em 2012) e tornou-se uma das principais fontes do consumo total de energia do setor secundário (de 24% em 1995 para 43% em 2012). O crescimento do consumo de bagaço é causado pela rápida expansão da plantação de cana no ESP nas últimas décadas, que por sua vez é causada pelo aumento da demanda de etanol como combustível de veículos leves.

Essa mudança no consumo de bagaço pode afetar a intensidade energética do setor secundário significativamente. Similar ao carvão que é de 1,6 a 2,7 vezes menos produtivo do que o petróleo (CLEVELAND, KAUFMANN e STERN, 2000), o uso de energia direta a partir de biomassa pode ser menos eficiente na geração de produto econômico.

Quando a produção e consumo de bagaço de cana caiu drasticamente em 2011, a intensidade energética do setor secundário também seguiu para baixo, voltando a subir em 2012, na sequência da recuperação do consumo de bagaço.

Em 2012, o Brasil anunciou um grande corte nos impostos de eletricidade para reduzir os custos de energia para as indústrias e consumidores residenciais (Medida Provisória 579). Foi mais uma tentativa de reestimular a outrora crescente economia do país.

Acima de tudo, espera-se que com a redução dos custos com eletricidade haverá um aumento na competitividade das indústrias brasileiras, especialmente em áreas intensivas em energia como aço, alumínio e produtos petroquímicos. Além disso, o declínio dos preços da eletricidade deverá trazer alívio para as famílias, que teriam acesso a eletrodomésticos.

No entanto, este movimento pode acarretar uma expansão dessas indústrias intensivas em energia e, conseqüentemente, pode aumentar ainda mais a intensidade energética do ESP e do Brasil. Casos semelhantes foram encontrados por Liao, Fan e Wei (2007) e Zhao, Ma e Hong (2010) para a intensidade energética da China. Quando o preço do carvão foi mantido artificialmente baixo, a intensidade energética aumentou entre 1998 e 2006 devido ao rápido crescimento das indústrias mais intensivas em energia.

4.1.3 Setor terciário

A intensidade energética do setor terciário é menor do que a do setor secundário, em alinhamento com o que foi encontrado por outros pesquisadores (MA e STERN, 2007; METCALF, 2008; OKAJIMA e OKAJIMA, 2013). A intensidade energética desse setor atingiu o pico em 1997 e, lentamente e de forma irregular, tem diminuído ao longo do tempo.

Tolmasquim et al. (1998) argumentaram que o aumento de quase 15% na intensidade energética brasileira na década de 1990 foi causada pela rápida expansão dos serviços energéticos residenciais, sem aumento proporcional do PIB e por outras mudanças estruturais na economia.

O aumento do consumo residencial no ESP foi ainda mais acentuado, com um salto de 41% entre 1990 e 1998 - com o maior aumento entre 1995 e 1996, uma caminhada de 10% - em comparação com o aumento nacional de 9% durante o mesmo período (EPE, 2006).

O PIB estadual cresceu apenas 20% nesse período (SEESP, 2014). Por isso, os crescentes serviços de energia residencial podem ser um dos fatores que causam a intensidade energética do setor terciário no ESP diminuir de forma tão gradual.

No entanto, a queda constante da intensidade energética a partir de 1997 sugere que a eficiência energética do setor dos serviços tem melhorado. Isso pode ser devido à adoção de

tecnologias modernas no setor de serviços e à melhoria no transporte público ao longo dos anos.

A partir de 2006, a intensidade energética do setor terciário estabilizou e até mesmo apresentou um aumento (com uma queda em 2010 e novos aumentos, em 2011 e 2012). São necessárias mais pesquisas para analisar essa nova ascensão da intensidade energética no setor terciário do ESP.

Berg e Tobin (2011) destacaram o impacto do colapso do *Lehman Brothers*, em setembro de 2008, sobre a economia brasileira, o que levou a uma restrição do crédito entre os bancos privados brasileiros e a uma queda acentuada das exportações do país. O governo reagiu rapidamente à crise através de injeção de liquidez na economia, reforço de programas sociais existentes, bem como da introdução de um pacote de estímulo com base no aumento do consumo interno de veículos automóveis e eletrodomésticos, principalmente em famílias de renda média (Figura 16).

Figura 16 - Vendas no varejo – Variações ano a ano (porcentagem) de Setembro/2008 a Março/2010.

Fonte: Berg e Tobin (2011) baseado em PMC/IBGE (Pesquisa Mensal de Comércio/ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Ao mesmo tempo, o governo também gastou US \$ 8,3 bilhões, ou 40,3% do seu pacote de estímulo para investir em infraestrutura pública, o que ajudou a reduzir os gargalos de transporte, a proporcionar habitação para os mais pobres e a criar empregos. Assim, o

estímulo do governo pode ajudar a explicar a queda da intensidade energética do setor terciário entre 2009 e 2011.

São necessárias mais pesquisas para analisar individualmente a intensidade energética de indústrias em cada setor (por exemplo, a indústria da cana no setor primário e da indústria automóvel no setor secundário).

4.2 Resultados do LDMI I

Nesta seção, o LDMI I é aplicado aos dados agregados do ESP (com os resultados da decomposição mostrados nas Tabelas 11 e 12). Há uma quebra estrutural no ano de 2001, quando o ano-base foi substituído por 2001, os resultados de 2002 em diante mostram um resíduo diminuto.

Tabela 11 - Resultados da decomposição multiplicativa da intensidade energética do ESP para o período entre 1995 (ano base) e 2012.

Ano	D_{tot}	D_{atv}	D_{efc}	D_{rsd}
1995	1,000	1,000	1,000	1,000
1996	1,060	0,994	1,066	1,000
1997	1,092	0,996	1,096	1,000
1998	1,105	0,996	1,110	1,000
1999	1,110	0,992	1,119	1,000
2000	1,006	0,994	1,012	1,000
2001	0,997	0,993	0,999	1,004
2002	0,962	0,993	0,965	1,004
2003	0,979	0,997	0,978	1,004
2004	0,990	1,003	0,983	1,004
2005	0,968	0,995	0,969	1,004
2006	0,973	0,988	0,981	1,004
2007	0,991	0,985	1,002	1,004
2008	1,003	0,983	1,017	1,004
2009	1,021	0,982	1,036	1,004
2010	0,990	0,982	1,004	1,003
2011	0,943	0,975	0,964	1,003
2012	0,977	0,966	1,009	1,003

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 12 - Resultados da decomposição aditiva da intensidade energética do ESP para o período entre 1995 (ano base) e 2012.

Ano	ΔI_{tot}	ΔI_{atv}	ΔI_{efc}	ΔI_{rsd}
1995	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1996	0,00431	-0,00043	0,00474	0,00000
1997	0,00667	-0,00028	0,00695	0,00000
1998	0,00759	-0,00032	0,00791	0,00000
1999	0,00792	-0,00061	0,00853	0,00000
2000	0,00045	-0,00043	0,00089	0,00000
2001	-0,00022	-0,00048	-0,00004	0,00030
2002	-0,00272	-0,00049	-0,00255	0,00031
2003	-0,00151	-0,00023	-0,00158	0,00030
2004	-0,00072	0,00022	-0,00125	0,00030
2005	-0,00234	-0,00037	-0,00225	0,00028
2006	-0,00194	-0,00083	-0,00140	0,00029
2007	-0,00066	-0,00106	0,00012	0,00029
2008	0,00025	-0,00127	0,00125	0,00027
2009	0,00150	-0,00132	0,00257	0,00026
2010	-0,00075	-0,00129	0,00029	0,00025
2011	-0,00411	-0,00175	-0,00260	0,00024
2012	-0,00163	-0,00249	0,00062	0,00024

Fonte: Elaboração própria.

A intensidade energética do ESP aumentou entre 1995 e 1999 e permaneceu volátil desde então. O efeito da eficiência energética tem sido o efeito mais forte dos dois, dado que o efeito atividade permaneceu aproximadamente constante de 1995 a 2004.

Depois de 2004, o D_{atv} começou a declinar lentamente, marcando a transição para o setor de serviços, que tem menor intensidade energética. Apesar, de o setor terciário ter sido sempre o setor dominante no ESP, contribuindo com aproximadamente 67% do PIB a cada ano. Em 2012, a atividade econômica contribuiu 133% para a alteração da intensidade de energia em comparação com os -33% da eficiência energética, como se pode ver na Figura 17.

Figura 17 - Resultados do LMDI I para a intensidade energética do estado de São Paulo de 1995 a 2012.

Fonte: Elaboração própria.

A primeira queda-livre em 2000 é devida principalmente à desvalorização do real, em 1999, que depreciou 66% frente ao dólar no início daquele ano. O PIB real que permaneceu aproximadamente constante levando à desvalorização em 1999 experimentou um grande salto em 2000, acompanhado pelo declínio do desemprego (EVANGELIST e SATHE, 2006).

A segunda queda na intensidade energética de 2001 a 2002 coincide com a crise energética em 2001, que foi causado pela falta de investimentos em geração de energia (SCARAMUCCI et al., 2006). Entre 01 de junho de 2001 e 28 de fevereiro de 2002, a energia foi racionada. As famílias foram obrigadas a reduzir seu consumo de energia em 20%, e os usuários industriais e comerciais entre 15 e 25% (SZKLO et al., 2005).

Como o PIB do ESP aumentou, apesar da queda no consumo de energia, a intensidade de energia caiu. Este aprimoramento da eficiência energética é mais provável devido à substituição de energia por capital e / ou de trabalho.

No entanto, mais pesquisas sobre a possibilidade de substituição dos três fatores de produção, são necessários para confirmar se esse é o caso. Todavia, como a eficiência energética retrocedeu no ano seguinte, pode-se supor que pouco ou nenhum avanço tecnológico ocorreu de fato.

A eficiência energética começou a melhorar novamente a partir de 2009. Os preços da gasolina no Brasil ficaram defasados em relação aos preços internacionais desde 2010, uma

vez que o governo brasileiro interveio e manteve o preço da gasolina e do diesel nos níveis de 2009, apesar do aumento de 61% dos preços do petróleo entre 2009 e 2011.

Os preços foram mantidos artificialmente baixos para diminuir o impacto da volatilidade internacional e para conter a inflação. Em 2011, o governo também reduziu impostos sobre o combustível vendido pela Petrobras em 16% (MARCELINO e MILLARD, 2011), o que colocou ainda mais pressão sobre as plantações de cana e usinas. A fraca colheita causada por condições climáticas desfavoráveis e um consequente aumento no preço do etanol devido à escassez agravou ainda mais o problema (COLITT e NIELSEN, 2012).

Como resultado, o consumo de gasolina aumentou em 41% durante os dois anos, enquanto que o consumo de etanol caiu 13% no mesmo período (SEESP, 2013). Muitas usinas faliram (ALMEIDA e KASSAI, 2013) e, no geral, a produção de cana caiu de 361 para 304 milhões de toneladas durante esse período (UNICA), piorando a tendência da diminuição do investimento na produção de etanol que se configurara a partir da crise financeira de 2008.

A redução na produção de cana, também, significa que há menos bagaço sendo produzido. O consumo de bagaço de cana no ESP caiu de 14.700 tep em 2009 para 12.400 tep em 2011.

Em 2012, a produção de cana voltou ao patamar de $330 \cdot 10^6$ t enquanto que o consumo de bagaço voltou a 13.400 tep. Ao mesmo tempo, a intensidade energética do ESP também recuou 3,6% de seu valor mais baixo em duas décadas.

Assim, há indícios de que há uma correlação positiva entre o consumo de bagaço e da intensidade energética, sugerindo que (i): bagaço é inerentemente mais intensivo em energia; ou (ii): a infraestrutura para a produção de energia a partir do bagaço não é tão eficiente, de modo que o consumo de energia a partir do bagaço aumenta a intensidade energética do estado. Uma explicação alternativa também pode ser encontrada ao pesquisar na composição a evolução de A&B indústria para determinar se (iii): há algum produto com, relativamente, menor valor agregado que pressiona a intensidade energética da indústria para cima.

Além disso, tentou-se também analisar se a produção de energia a partir da gasolina é mais intensiva em energia do que a produção de energia a partir da cana de açúcar. Para fazer isso, examina-se a tendência da intensidade do setor energético, no âmbito brasileiro, e compara-se a produção de energia a partir de gasolina e da cana e seus derivados dentro de um mesmo período. A produção total de energia também é utilizada na comparação. Os resultados são mostrados na Figura 18.

Figura 18 - Produção e Intensidade Energética do Setor Energético Brasileiro.

Nota: O ano de 2006 é utilizado como base. Petróleo e cana-de-açúcar referem-se a produção de energia a partir desses recursos.

Fonte: Elaboração própria.

Um olhar mais atento ao setor energético revela que o bagaço de cana é utilizado amplamente - na faixa de 47 a 54% do consumo final de energia de 2006 a 2013. A intensidade energética desse setor parece ser positivamente correlacionada com a produção de energia a partir da cana e negativamente correlacionada, ou ainda não correlacionada, à produção de energia a partir do petróleo.

Isso sugere que a produção de energia a partir da cana é um processo relativamente intensivo em energia em comparação com a produção de energia a partir do petróleo ou de outras fontes, e explica por que a intensidade energética do setor energético sobe quando a produção de energia a partir da cana aumenta.

Hofsetz e Silva (2012) explicaram por que o consumo de bagaço pode ter aumentado a intensidade energética do setor energético. Os autores observaram que usineiros sempre queimam todo o bagaço disponível para gerar vapor e energia elétrica - um processo conhecido como cogeração - e que há uma quantidade excessiva de vapor produzido em relação ao que é necessária no processamento de cana de açúcar.

O consumo de energia registrado é, portanto, maior do que a energia real utilizada pelas fábricas para produção. Isso explica parcialmente por que o consumo de energia para indústria A&B e, consequentemente, a intensidade energética do setor secundário tem vindo a aumentar rapidamente. Mesmo que este resultado aponte que infraestrutura ineficiente é a

principal causa do aumento da intensidade energética, mais pesquisas ainda devem ser realizadas para investigar as outras hipóteses.

5 CONSIDERAÇÕES POLÍTICAS

5.1 Ações de Eficiência Energética no PPE

A dissertação entende que o objetivo das políticas públicas em relação ao setor energético deve ser o de maximizar a eficiência dos processos, reduzir os impactos ambientais negativos provenientes da produção e consumo de energia, bem como o de evitar crises energéticas como a que ocorreu em 2001.

Como abordado no Capítulo 3, com o objetivo de diminuir a intensidade energética, as conclusões do PPE ressaltam a relevância de várias políticas destinadas à eficiência nos setores com foco na eletricidade e nos combustíveis (Anexo I). Para tanto, os capítulos 10 e 11 do PPE detalham a eficiência energética em eletricidade e em combustíveis, respectivamente.

Nesse sentido, o PPE desafia o cenário base da Matriz Energética 2035, que conta com uma economia de energia elétrica de 3,9%, até o ano de 2020, para propor um potencial de 7,9% (ou 13,5 TWh), de economia de eletricidade até 2020 (SEESP, 2012).

Com isso, o PPE aponta que o maior potencial de economia de energia elétrica encontra-se no uso final força motriz, que corresponde a 28,6% do total; seguido pela iluminação, com 25,8% e pela refrigeração com 25,5%. Além desse potencial de redução, o PPE registra o potencial de redução de consumo de eletricidade como resultado da adoção de MEEs (gerenciamento energético), correspondente a cerca de 15% (SEESP, 2012, p. 131). Para se alcançar tais objetivos, o PPE indica um investimento total necessário de aproximadamente US\$ 456 milhões (SEESP, 2012, p. 131-2).

As Tabelas do Anexo 1 ressaltam as propostas de ações de eficiência energética em eletricidade no âmbito do governo estadual e em articulação com as esferas federal e municipal. Dessas Tabelas retiram-se ações, sobretudo, relacionadas à difusão de conhecimento de eficiência energética; à otimização da eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do poder público estadual; à eficiência energética na indústria e comércio; à efficientização na iluminação pública; à eficiência energética e P&D; e à redução de perdas no sistema elétrico (SEESP, 2012).

Quanto aos desafios no setor de combustível, o PPE realça a meta de redução de 20% de emissão de CO₂ até 2020, com base em 2005, contida na Lei Estadual 13.798, de 09 de

novembro de 2009 e seu Decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010. Destacam-se, nesse sentido e no âmbito estadual, o Plano de Controle de Poluição Veicular do Estado de São Paulo (PCPV 2011/13) e o Programa de Melhoria da Manutenção dos Veículos a Diesel (PMMVD) da Cetesb.

Também, as Tabelas do Anexo 1 ressaltam as propostas de ações de eficiência energética em combustíveis no âmbito do governo estadual e em articulação com as esferas federal e municipal. Dentre as propostas, o PPE (SEESP, 2012, p. 171) destaca:

“a. a definição de metas setoriais de eficiência energética em combustíveis no estado de São Paulo; b. política pública para o aumento desejável de eficiência energética de veículos leves, aferida pela metodologia do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBE-V) e com o auxílio de tributos diferenciados segundo a eficiência veicular; c. o estabelecimento de metas médias de consumo energético para os fabricantes, ponderadas pelo volume de produção do modelo; d. a criação de um programa de inspeção veicular da frota diesel, inclusive para veículos comerciais, nas regiões metropolitanas de São Paulo; e. o apoio a projetos de ônibus mais eficientes energeticamente e menos emissores de CO₂; f. a expansão da rede metro-ferroviária e rodoviária de transporte de passageiros na região metropolitana de São Paulo, conforme seus planos de investimentos incluídos no Plano Plurianual do governo de São Paulo - PPA; g. a adoção de medidas de caráter logístico para reduzir o consumo de combustível; h. a criação de condições favoráveis ao transporte e distribuição do etanol produzido no estado e adjacências, pela hidrovía Tietê-Paraná; e i. a criação de Comissões Internas de Conservação de Energia (Cices).”

Além das conclusões do PPE de políticas estruturadas sobre eficiência energética (Anexo 1), a dissertação, ao enxergar os resultados sobre intensidade energética discutidos no capítulo 4, propõe cinco possíveis políticas públicas: (i) Regulação da produção de energia a partir do bagaço; (ii) Compartilhar a experiência do estado de São Paulo; (iii) Diversificar e melhorar a eficiência dos combustíveis para transporte; (iv) Melhorar a infraestrutura para a produção de bens de alto valor agregado; (v) A criação de incentivos a outras tecnologias de energia renovável: lições a partir da experiência americana..

5.2 Regulação da produção de energia a partir do bagaço

Atualmente, os governos estadual e federal devem tomar as medidas necessárias para melhorar a eficiência dos processos de cogeração a partir do bagaço, tanto para reduzir a intensidade energética a níveis estadual e nacional quanto para aumentar a segurança energética. Recomenda-se a instituição de padrões de procedimentos para usineiros pelo qual

eles são informados da necessidade de energia de suas usinas e, portanto, a quantidade ideal de bagaço necessária. Os leilões de energia, que vem ocorrendo desde 2005, também poderiam incorporar mecanismos que visem a incentivar os proprietários a adotarem processos mais eficientes.

No entanto, a demanda nos leilões tem sido maior que a oferta, provavelmente porque os proprietários não querem ou não têm a capacidade de modernizar seus equipamentos utilizando o seu próprio capital. Assim, sugerimos que se estabeleça algum mecanismo de financiamento governamental para que esses usineiros possam investir em novas caldeiras e equipamentos quando necessário. O problema da garantia desses empréstimos também deve ser abordado.

Também, devem ser incentivadas pesquisas para desenvolver tecnologias em relação às caldeiras e turbinas mais avançadas para aumentar a produção de energia elétrica, bem como de utilizar outros resíduos da cana de açúcar, como palha e vinhaça.

Segundo Pessine (2014) as eficiências envolvidas no processo de produção de álcool hidratado nas usinas e destilarias do ESP variam de conformidade com a Tabela 13.

Tabela 13 - Eficiências no processo de produção de álcool hidratado

Área de processo	Eficiência (%)					
Lavagem da cana	98,0	98,5	99,0	99,0	99,5	99,8
Moagem	90,0	92,0	93,0	94,0	96,0	98,0
Fermentação	78,0	82,0	84,0	86,0	88,0	90,0
Destilação	92,0	94,0	95,0	96,0	98,0	100,0
Total	63,3	69,8	73,5	76,8	82,4	88,0
	63,3		76,8		88,0	
	mínimo		mediana		máximo	

Fonte: Pessine, 2014.

Percebe-se a partir da Tabela 13 o potencial de eficiência de todo o processo que envolve a cana. Devido ao crescimento das plantações de cana no Brasil, principalmente no ESP, mais bagaço está sendo produzido, sem custo adicional e sem nenhum efeito adverso sobre a oferta de alimentos.

Em 2008, a cogeração de bagaço foi responsável por 3% da matriz energética brasileira total e era esperado que a capacidade de cogeração aumentasse em até quatro vezes em 2014 (IHS, 2008). Esta energia é especialmente valiosa, uma vez que é em grande parte gerada na estação seca, desafogando a geração hidrelétrica. Além disso, Scaramucci et al. (2006) também mostrou que a geração de eletricidade a partir do bagaço pode diminuir o impacto

negativo de futuras crises energéticas sobre a economia, quando não impedi-las completamente.

Com mais envolvimento do governo para promover uma cogeração mais eficiente, o bagaço irá desempenhar um papel fundamental na redução da intensidade energética brasileira e na promoção de uma maior segurança energética.

A partir da experiência acumulada de iniciativas anteriores, como o Pró-Álcool (Programa Nacional do Álcool) e o Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), entende-se que esforços para aumentar a eficiência na utilização do bagaço muito provavelmente produzirão os resultados desejados.

5.3 Compartilhar a experiência do estado de São Paulo

O ESP deve partilhar as suas experiências e os seus conhecimentos sobre indústria da cana, especialmente com relação à colheita mecânica. A colheita mecanizada de cana que é amplamente adotada pelos estados do Sudeste tem menor intensidade de carbono e é menos prejudicial para a saúde em comparação com a colheita manual da cana adotada pelos estados do Nordeste (ABRAMOVAY, 2010; COMPEAN e POLENSKE, 2011).

Ainda, além de reduzir os custos da colheita, a colheita mecânica também produz mais resíduos de cana que podem ser utilizados para a geração de eletricidade e, por conseguinte, aumentar a razão entre a produção e o consumo (SMEETS et al., 2008). A iniciativa do ESP para eliminar progressivamente a queima da cana, portanto, vai ajudar a reduzir a intensidade energética do estado.

Além disso, a pesquisa sobre variedades de cana com maior rendimento também deve ser compartilhada com outros estados que farão um plantio de cana-de-açúcar mais eficiente, mesmo quando a colheita mecanizada não puder ser realizada devido às limitações topográficas nos estados do Nordeste (LEHTONEN, 2008). Isso não só irá servir para diminuir a intensidade energética brasileira, mas também para ajudar a aliviar as desigualdades sociais e regionais, um dos problemas mais graves no Brasil.

No entanto, a introdução da colheita mecanizada reduziu o emprego em cerca de 60% em relação ao nível de 1997 (ORTIZ e RODRIGUES, 2006) e, portanto, os estados devem estar prontos para fornecer empregos alternativos, dentro ou fora da indústria da cana.

5.4 Diversificar e melhorar a eficiência dos combustíveis para transporte

O ESP precisa ser capaz de fornecer combustível para o sistema de transporte sem ter que depender tanto das condições climáticas para boas colheitas de cana, e nem dos combustíveis à base de petróleo. Mais pesquisas sobre alternativas, como carros movidos a gás natural ou carros elétricos, e outros métodos de produção de etanol que não são tão dependentes das condições climáticas podem ser realizadas.

Baran e Legey (2013) estimaram que a introdução de carros elétricos possua a capacidade de reduzir o consumo de gasolina de 13,6% a até 40,7% em 2030, em relação aos níveis atuais, de acordo com a penetração do automóvel elétrico no mercado, reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa e a dependência do Brasil da importação de gasolina.

Em 2030, o consumo de energia também seria reduzido de 9,6% a 28,9%, devido à maior eficiência dos carros elétricos em comparação com aqueles movidos por combustível ou etanol. Os autores asseguram que os carros elétricos não vão competir com o programa de biocombustíveis, uma vez que a expansão da indústria automobilística no Brasil provavelmente vai superar o crescimento da produção de etanol.

É claro que a introdução de carros elétricos para o mercado exige uma adequação quanto às infraestruturas necessárias, tais como estações de recarga, a serem construídas. Sendo o estado mais desenvolvido, São Paulo pode tomar a iniciativa de testar este programa antes que ele possa ser expandido para o resto do Brasil.

Outra inovação viável foi sugerida por Sampaio et al. (2007), que propõe substituir gradualmente os ônibus movidos a diesel por veículos híbridos movidos a etanol-eletricidade. Eles produzem menos ruído, são menos poluentes e podem ser atualizados progressivamente. Galbieri et al. (2014a) também sugeriu a substituição dos ônibus movidos a diesel por veículos movidos a gás natural comprimido, o que acarretaria numa diminuição do risco na queima de gás na produção de petróleo *offshore* do Brasil trazendo, então, outros benefícios ambientais.

O governo deve permitir que a gasolina e o etanol concorram de forma mais justa em um mercado mais livre. Ao mesmo tempo, o governo também deve incentivar a inovação através da elaboração de políticas que irão apoiar os combustíveis alternativos acima mencionados, assim como apoiou a produção de etanol nas décadas de 70 e 80.

Isso também é muito importante se o Brasil quer reduzir sua emissão de gases de efeito de estufa e diminuir a intensidade energética do setor terciário. Em junho de 2009, a cidade de São Paulo aprovou a Lei 14.993 para reduzir as emissões na cidade em 30%. No mês de outubro seguinte, como já mencionado, o ESP aprovou a Lei 13.798, pelo qual as emissões devem ser reduzidas em 20% em relação ao ano-base de 2005 até 2020. Essa foi a primeira lei com objetivo quantificado a ser aprovado no Brasil.

A Lei municipal 14.993 foi criticada por Galbieri et al. (2014b) por não ter uma perspectiva mais ampla sobre a redução das emissões provenientes do sistema de transporte dentro da área metropolitana da cidade. E, o fato de que a intensidade energética no setor terciário - que inclui a indústria de transporte - aumentou novamente em 2012 sugere que o consumo de energia e, por extensão, as emissões não são monitoradas visando os objetivos implantados.

Quanto às emissões, o etanol como combustível é muito mais eficiente do que os combustíveis fósseis (COMPEAN e POLENSKE, 2011; COELHO e GOLDEMBERG, 2004). Não só isso, Goldemberg et al. (2004), Compean (2008) e Meyer et al. (2012) demonstraram que a produção de etanol, em relação a gasolina, é economicamente favorável desde 2004. Novas tecnologias, especialmente aquelas que ainda necessitam de apoios governamentais no desenvolvimento de infraestrutura, como os carros elétricos, só podem desenvolver-se quando a gasolina não tem um apoio econômico, tais como os subsídios sobre outros combustíveis.

Por último, as normas regulamentadas para aumentar a eficiência dos motores de combustão precisam ser reforçadas, passando de uma base voluntária para uma obrigatória. Uma vez que o avanço tecnológico tenha tido efeito, é muito provável que emplaquem devido ao efeito catraca (BIROL e KEPPLER, 2000). Esta medida é particularmente importante, pois contribui para o cumprimento das leis supracitadas.

5.5 Melhorar a infraestrutura para a produção de bens de alto valor agregado

Ao invés de concentrar seus esforços na exportação de matérias-primas para, em seguida, importar produtos acabados, o Brasil deve levar a sério uma agenda pró-competitividade e modernizar o setor secundário. Bens de valores mais agregados devem

aumentar o produto interno e, portanto, reduzir a intensidade energética. No entanto, eles podem requerer um novo processo de industrialização e as implicações energéticas deste processo obrigam a analisar a intensidade energética de indústrias individualmente.

Como salientado por Oshiro, Santos e Fagá (2013), percebe-se através do contraste da avaliação dos planos e políticas adotados, e da MEESP que há uma série de conflitos a serem resolvidos dentro do ambiente estratégico que concerne aos planejamentos dos sucessivos Governos do ESP.

Caso não seja adotado um modelo de desenvolvimento para o ESP em vista de transformá-lo em um polo tecnológico que conduza a reduções substanciais na IEE, o futuro estadual será, então, pouco promissor.

Devido às descobertas de petróleo e gás natural na Bacia de Santos, a participação das indústrias extrativas no PIB paulista deverá aumentar. Assim, conforme mostra a experiência histórica de alguns países, ao se transformar em produtor/exportador de matérias primas e, particularmente, energia, o ESP tenderá a apresentar um aumento da intensidade energética ao longo do tempo.

As nações mais desenvolvidas, que conseguiram escapar deste cenário energético, fundamentaram seu crescimento econômico em processos produtivos e serviços de alto valor agregado, estruturados em torno dos estoques de capital intangível.

As nações menos desenvolvidas continuam dependentes de seus estoques de capital natural. Países exportadores de “*commodities* energéticas” perdem o compromisso com a produtividade, o crescimento do valor agregado e os esforços em eficiência energética. Bruscos aumentos do custo da energia, sem outros efeitos paralelos de ganho de produtividade, tornam a energia um elemento restritivo ao desenvolvimento e à competitividade de vários outros setores. Assim, gradualmente, essas nações tornam-se dependentes de suas “*commodities* energéticas”, podendo, inclusive, caracterizar-se a chamada “Doença Holandesa”.

O ônus dos processos de ajuste frente a crises de elevação dos preços da energia tende a ser muito elevado para os países que não logram ingressar no novo paradigma de desenvolvimento tecnológico, focado na produtividade e na adição continuada de valor. Com frequência, implementam-se políticas ainda mais equivocadas de subsídios aos energéticos, para tentar aplacar os custos de produção crescentes. O setor energético passa a consumir recursos públicos e deixa de ser um instrumento para os governos coletarem tributos e, assim, financiarem políticas públicas mais sadias. Os setores energéticos tendem a sofrer profundos problemas financeiros, tornando-se um ambiente propício apenas para empresas estatais. A

competição é reduzida, assim como o dinamismo e a criatividade na busca de soluções energéticas mais apropriadas aos consumidores.

Portanto, reafirmando uma percepção de Furtado (2003), as crises do setor energético são sintomas importantes da pouca viabilidade de longo prazo de uma trajetória de desenvolvimento com reduzida vocação tecnológica. O volume de investimentos no setor energético tende a reduzir-se perigosamente quando os preços da energia são pressionados para baixo, causando riscos de crises de desabastecimento. O aumento da insegurança energética torna-se limitante a qualquer política de transformação do modelo de desenvolvimento. Revela-se, portanto, uma verdadeira “armadilha energética”.

Para uma efetiva transformação da trajetória de desenvolvimento, voltando-se à tecnologia e à busca continuada ao incremento da produtividade e do valor adicionado, necessita-se priorizar o acesso e a garantia de suprimento energético, sendo, particularmente, um pré-requisito ao desenvolvimento, o acesso aos ditos energéticos modernos, eletricidade e gases combustíveis.

Partindo-se de uma estratégia para escapar da “armadilha energética”, o custo da energia deve ser entendido como um fator de baixo impacto na competitividade.

Quanto mais sofisticada e tecnológica a economia e a sociedade, maior será seu consumo de energia, porém menor será sua intensidade energética. Da mesma forma, maior será sua dependência em relação à segurança energética e menor o peso do custo da energia no total do valor agregado gerado. Isso é particularmente válido em países como o Brasil, nos quais outros insumos e obstáculos econômicos são muito mais críticos para a competitividade e o desenvolvimento, destacando-se, em particular o acesso restrito às tecnologias de ponta e a baixa qualificação do capital humano.

Em uma trajetória de desenvolvimento rumo à construção de produtividade, o custo da energia dificilmente será um fator restritivo, pois: (i) será possível o repasse não inflacionário dos custos reais da energia aos bens na medida em que a produtividade avança; (ii) o Estado não ficará imobilizado pela necessidade de investir e subsidiar a energia; (iii) ganhos superiores de produtividade e valor adicionado gerarão os recursos necessários para acelerar os investimentos energéticos; e (iv) a manutenção dos custos reais da energia, incluindo a necessidade de geração de tributos ao Estado, a partir da produção e utilização da energia, e o acesso à tecnologia geram os incentivos à conservação e racionalização no uso da energia. Uma maior eficiência energética também contribui na redução permanente da intensidade energética.

Dentro de uma ótica internacional, existe uma preocupação crescente em relação à pressão que os sistemas energéticos exercem sobre o meio ambiente e a base de recursos naturais do planeta. Todos os cenários reconhecem que o mundo encontra-se em um período de grandes transformações, alimentadas por incertezas no tocante a problemas fundamentais, que podem afetar a manutenção da vida humana no planeta. Não se sabe com precisão como esses problemas poderão evoluir e quais impactos gerarão na humanidade. Além disso, é impossível prever quais serão as atitudes políticas e as tecnologias a serem adotadas para solucioná-los. Somente a partir do conhecimento dessas soluções é que se poderá conceber com maior juízo a base energética necessária para alimentar o futuro do planeta.

5.6 A criação de incentivos a outras tecnologias de energia renovável: lições a partir da experiência norte-americana

Diversificar a matriz energética do Brasil e do ESP a fim de aumentar a participação de outras energias renováveis, tais como a energia solar e a eólica, é também importante para aumentar a segurança energética. Esta medida é especialmente importante porque as recentes secas minaram a capacidade hidrelétrica do Brasil para garantir o suprimento de eletricidade. Nesse aspecto, o Brasil pode aprender muito com as medidas implantadas nos Estados Unidos da América (EUA).

Nos EUA, há leis que criam cenários regulatórios amigáveis para a adoção de energias de fontes renováveis, tais como: (1) *Renewable Portfolio Standard* (RPS); (2) certificado de energia renovável (CER) e (3) tarifa *feed-in* (FIT – *feed-in tariff*). Além disso, é necessário ter em mente que existem outras formas de incentivar a expansão das energias renováveis, como o financiamento da pesquisa e desenvolvimento, a concepção de acordos de compra de energia, os créditos fiscais de produção e o financiamento municipal (BOSELMAN et al., 2010).

Os RPS exigem certa porcentagem de geração de energia a partir de energias renováveis. Dentro dos planos de RPS, alguns fornecedores com créditos em excesso podem vendê-los a quem deles precisa. Esse mecanismo tem dois objetivos: (1) estimular o desenvolvimento de tecnologia voltada ao uso de fontes renováveis de energia, e (2) a criação de um mercado competitivo de energias renováveis em comparação com a geração a partir de combustível fóssil.

Internamente, os RPS americanos requisitam que entre 4% e 30% da eletricidade seja gerada a partir de energias renováveis em uma data especificada. Cada estado americano escolhe o percentual que deve ser imposto em seu território. Normalmente, os fornecedores de eletricidade podem atender o RPS por: (1) possuir uma instalação de energia; (2) comprar certificados de energia renovável (CERs); e (3) comprar eletricidade a partir de uma instalação de energia renovável (BOSSelman et al, 2010).

Não obstante, há questões que precisam ser resolvidas para que o RPS atinja os seus objetivos. Em primeiro lugar, cada estado americano precisa adotar uma meta adequada, de modo a incentivar a construção da nova infraestrutura pautada nas energias renováveis. Porém, deve-se evitar formatar regras de tal forma que a meta de RPS seja impossível de ser alcançada.

Além disso, é importante a definição de quais recursos renováveis se enquadram nos requisitos do RPS e que incorporem novos tipos de energia renovável. Por exemplo, em alguns estados americanos, resíduos sólidos urbanos não são classificados como energia renovável. Todavia, a tecnologia de geração de energia proveniente de resíduos sólidos está evoluindo em outros países como a Noruega e, por isso, sente-se uma urgência quanto à criação de incentivos para a utilização de resíduos como fonte de geração de energia (BOSSelman et al, 2010).

Igualmente, os certificados de energia renovável (CERs) incentivam a adoção de energias renováveis através da separação dos “atributos” da geração de eletricidade a partir de fontes renováveis ou oriundo de eletricidade produzida por fontes convencionais. O CER consiste em 1 megawatt-hora (MWh) de energia elétrica gerada por fontes de energias renováveis. A maioria dos CERs são negociados bilateralmente e aumentam a liquidez da energia renovável no mercado.

Além disso, os CERs poderão servir como um registro da energia que foi produzida. A adoção dos CERs ajuda a reduzir o custo da obrigatoriedade da RPS ao diminuir os custos de transporte e distribuição. Assim, CERs pode se tornar o mecanismo dominante do cumprimento do RPS.

Assim, se os estados americanos adotam poucas fontes de energias renováveis, e baixos percentuais de utilização de energias renováveis, os mercados de CERs são menores, com menor liquidez e com muitas barreiras para criação efetiva de um mercado *spot* entre os estados. Além disso, a validade dos CERs entre os diferentes mercados pode criar desafios para sua real implantação. Por exemplo, alguns estados podem adotar CERs de validade de

três meses, por outro lado, em outros estados possam ser encontrados CERs de validades de quatro anos.

Finalmente, a fim de incentivar a adoção de energias renováveis nos Estados Unidos, a FIT tem sido usada por alguns estados como Washington e Vermont. Originalmente, a FIT foi criada na Alemanha para promover energias renováveis através da garantia da interligação entre os projetos de energias renováveis com a rede de eletricidade, bem como mediante o pagamento aos proprietários de projetos de tarifas acima do mercado e congeladas por determinado período. A tarifa pode ser um valor fixo definido com antecedência, ou um prêmio sobre o preço de mercado da eletricidade (BOSELMAN et al, 2010).

Desta forma, energias renováveis também são incentivadas pela garantia financeira do retorno de investimento e por um sistema flexível que permite a qualquer pessoa que tenha um sistema de energia renovável de receber a FIT. Esta medida pode servir como um mecanismo para atrair investidores, porque os projetos de energias renováveis podem, então, ser avaliados imediatamente em função dos custos de geração e das expectativas de lucro.

Apesar de, ou ainda por causa dos benefícios da FIT para as energias renováveis, alguns economistas veem essas como um mecanismo de mercado não competitivo. Eles argumentam que os incentivos têm aumentado as tarifas de eletricidade para clientes cativos descaracterizam um mercado livre (BOSELMAN et al., 2010).

Os incentivos descritos acima são baseados principalmente no comportamento da demanda do consumidor e no apoio ao desenvolvimento de novas fontes ao garantir a segurança do investidor. O ESP certamente pode se valer de algumas das lições dos EUA no sentido de incentivar outras fontes renováveis para aumentar ainda mais a sua segurança energética.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensidade energética do ESP, embora ainda inferior à média mundial, não diminuiu sensivelmente. De fato, o setor secundário tem experimentado um aumento significativo em sua intensidade energética, apesar da melhoria da eficiência energética nos setores primário e terciário.

A eficiência energética foi o principal motor da mudança na intensidade energética até 2007, quando a mudança estrutural econômica tornou-se também importante. A atividade econômica manteve-se constante até 2004, quando uma mudança estrutural no sentido do setor terciário começou a ocorrer. Em 2012, a atividade econômica contribuiu 133% para a diminuição da intensidade energética, em comparação com uma contribuição de -33% da eficiência energética.

As enormes quedas na intensidade de energia em 2000 e em 2002 foram causadas pela desvalorização do real e pela crise do setor elétrico, respectivamente. Trabalhou-se com a hipótese de que a tendência do efeito eficiência a partir de 2005 foi em grande parte devido a um consumo ineficiente de bagaço de cana. Com base nesta hipótese, o ESP e o Brasil só podem aspirar a reduzir a sua intensidade energética através da regulação da cogeração de bagaço na indústria de cana-de-açúcar.

No entanto, uma menor intensidade de energia não se traduz necessariamente em um melhor cenário, pois pode significar que não foram tomadas medidas adequadas para preservar o meio ambiente, contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa. O bagaço de cana é, então, o principal exemplo de uma fonte de energia que aumenta a intensidade energética do estado, mas é muito desejável quando se tem em vista políticas ambientais no contexto das mudanças climáticas.

O ESP contém importantes peculiaridades a serem retratadas, algumas das quais se procurou identificar e relatar com maior profundidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, R. Decarbonizing the Growth Model of Brazil: Addressing Both Carbon and Energy Intensity. *The Journal of Environment & Development*, v. 19, n. 3, p. 358–374, 2010.

ALMEIDA, I.; KASSAI, L. Brazil Crushing Sugar to Ethanol With Caps on Fuel Prices. Bloomberg. 2013. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com/news/2013-12-19/brazil-crushingsugar-to-ethanol-with-caps-on-fuel-prices.html>>. Acesso em 1 Out. 2014.

ALMEIDA et al. Economia da energia : fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. Helder Queiroz Pinto Junior (organizador); Rio de Janeiro, RJ, Brasil : Elsevier, 2007.

ANG, B.W. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method. *Energy Policy*, v. 32, p. 1131-1139, 2004.

ANG, B.W.; LIU F.L. A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation. *Energy*, v. 26, p. 537-548, 2001.

ANG, B.W.; ZHANG, F.Q.; CHOI, K. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy*, v. 23, n. 6, p. 489-495, 1998

ANG, B.W.; ZHANG, F.Q. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy*, v. 25, n. 12, p. 1149–1176, 2000.

BAKE, J. Cane as key in Brazilian ethanol industry. Master Thesis, Utrecht University, Department of Science, Technology and Society, Utrecht. 2006.

BARAN, R.; LEGEY, L.F.L. The introduction of electric vehicles in Brazil: Impacts on oil and electricity consumption. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 80, p. 907–917, 2013.

BERG, J.; TOBIN, S. Income-led Growth as a Crisis Response: Lessons from Brazil. In Research Conference on Key Lessons from the Crisis and Way Forward, International Labour Office, 16th -17th February, 2011. Geneva, Room II: Session 4 - Achieving income-led growth.

BICALHO, R.; QUEIROZ, R. Segurança Energética & Mudança Climática: Estruturando o Debate Energético. Texto para discussão 003|2012. GEE/IE/IBP. Disponível em: <http://www.gee.ie.ufrj.br/arquivos/publicacoes_ceee/TD_gee_ibp_003-BicalhoFinal.pdf>

BIROL, F.; KEPPLER, J.H. Prices, technology development and the rebound effect. *Energy Policy*, v. 28, p. 457–469, 2000.

BOSSELMAN, F.; EISEN, J.; ROSSI, J.; SPENCE, D. B; Weaver, J. *Energy, Economics and the Environment. Cases and Materials. Third Edition.* Foundation Press/Thomson Reuters, 2010.

BROOKES, L. Energy efficiency fallacies revisited. *Energy Policy*, v. 28, p.355-366, 2000.

CLEVELAND, C.J.; KAUFMANN, R.K.; STERN, D.I. Aggregation and the role of energy in the economy. *Ecological Economics*, v. 32, p. 301–317, 2000.

COELHO, S.; GOLDEMBERG, J. Alternative transportation fuels: contemporary case studies. *Encyclopedia of Energy*, p. 67–80, 2004.

COLITT, R.; NIELSEN, S. Brazil Ethanol Drive Falts on Domestic Supply Shortage. Bloomberg. 2012. Disponível em: <<http://www.businessweek.com/news/2012-03-13/brazilethanol-slows>>. Acesso em Out. 2014.

COMPEAN, G.R.. Regional, economic, and environmental effects of traditional and biotechnologically enhanced ethanol production processes in Brazil. 2008. MCP Thesis, Department of Urban Studies and Planning, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

COMPEAN, G.R.; POLENSKE, K.R. Antagonistic bioenergies: Technological divergence of the ethanol industry in Brazil. *Energy Policy*, v. 39, p. 6951–6961, 2011.

DENISON, E.F. Trends in American economic growth, 1929-1982. The Brookings Institution. Washington D.C., 141p, 1985..

DURO, J.A.; ALCANTARA, V.; PADILHA, E. International inequality in energy intensity levels and the role of production composition and energy efficiency: an analysis of OECD countries. *Ecological Economics*, v. 69, p. 2468-2474, 2010.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2006: Ano base 2005. Rio de Janeiro, 2006.

_____. Balanço Energético Nacional 2013: Ano base 2012. Rio de Janeiro, 2013.

EVANGELIST, M.; SATHE, V. Brazil's 1998–1999 Currency Crisis. 2006. Disponível em: <<http://wwwpersonal.umich.edu/~kathrynd/Brazil.w06.pdf>>. Acesso em: 25 Set. 2014.

FENGLING, L. Decomposition analysis applied to energy: some methodological issues. Doctor Thesis, National University of Singapore, Department of Industrial and Systems Engineering, Singapore. 2004.

FIORITO, G. Can we use the energy intensity indicator to study 'decoupling' in modern economies? *Journal of Cleaner Production*, v. 47, p. 465-473, 2013.

FURTADO, A. Crise Energética e Trajetórias de Desenvolvimento Tecnológico. Ciclo de Seminários 2003: Brasil em desenvolvimento. IE-UFRJ e CEPAL. Rio de Janeiro. 2003.

GALBIERI, R.; BRITO, T. L. F.; SANTOS, E. M.; FAGÁ, M. T. W.; SIMÕES, A. F. Análise ambiental do uso do GNV como estratégia de substituição de óleo diesel no transporte público urbano na cidade de São Paulo. Em: IX CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Florianópolis. 2014a.

_____. Crítica à lei municipal das mudanças climáticas da cidade de São Paulo Lei 14.933/09. O caso dos ônibus a GNV. In: IX CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Florianópolis. 2014b.

GELLER, H.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A.; TOLMASQUIM, M. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy. *Energy Policy*, v. 32, p. 1437–1450, 2004.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The entropy law and the economic process. Cambridge Mass: Harvard University Press. 1976.

GIAMPETRO, M.; MAYUMI, K.; SORMAN, A. The metabolic pattern of society – where economists fall short. Routledge. 2011.

GOLDEMBERG, J.; JOHANSSON, T. B.; REDDY, A. K. N.; WILLIAMS, R. H. Energy for a Sustainable World. New Delhi: John Wiley. 1987.

GOLDEMBERG, J.; PRADO, L.T. The decline of the world's energy intensity. *Energy Policy*, v. 39, p. 1802-1805, 2011.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S.; NASTARI, P.; LUCON, O. Ethanol learning curve: the Brazilian experience. *Biomass and Bioenergy*, v. 26, p. 301-304, 2004.

GULLICKSON, W.; HARPER, M.J. Multifactor productivity in US manufacturing, 1949-1983. *Monthly Labor Review*, v. 110, p. 18-28, 1987.

HANSEN, G.D.; PRESCOTT, E.C. Malthus to Solow. *American Economic Review*, v. 92, n. 4, p. 1205-1217, 2002.

HOFSETZ, K.; SILVA, M.A. Brazilian sugarcane bagasse: Energy and non-energy consumption. *Biomass & Bioenergy*, v. 30, p. 1-10, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados agregados: sistema IBGE de recuperação automática—SIDRA. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>.

IEA – International Energy Agency. Key World Energy Statistics - 2013. OECD/IEA, 2013.

IHS – Information Handling Services. Frost: Brazil Turns to Sugarcane Bagasse Power Generation to Reduce Hydropower Dependence. 2008. Disponível em: <<http://www.ihs.com/News/biofuels/2008/frost-brazilbagasse-093008.htm>>. Acesso em: 06 Out. 2014.

JAKOB, M.; HALLER, M.; MARSCHINSKI, R.T. Will history repeat itself? Economic convergence and convergence in energy use patterns. *Energy Economics*, v. 34, p. 95-104, 2012.

JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J. Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis. Campinas: Autores Associados, 1997. v. 1. 246p

JORGENSEN, D.W. The great transition: energy and economic change. *The Energy Journal*, v. 7, n. 3, p. 1-13, 1986.

JUNG, T.Y.; PARK, T.S. Structural change of the manufacturing sector in Korea: Measurement of real energy intensity and CO₂ emissions, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5.p. 221–238, 2000.

JUNIOR, H. Q. P.; et al. *Economia da energia : fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil : Elsevier, 2007.

KOCSISs, T. Looking through the dataquadrant: characterizing the human-environment relationship through economic, hedonic, ecological and demographic measures. *Journal of Cleaner Production*, v.35, p. 1-15, 2012.

LEHTONEN, M. Look at Brazil Bioethanol Regionally. *SciDev. Letters to the Editor*. 2008.

LIAO, H.; FAN, Y.; WEI, Y. What induced China's energy intensity to fluctuate: 1997-2006? *Energy Policy*, v. 35, p. 4640-4649, 2007.

LIDDLE, B. Electricity intensity convergence in IEA/OECD countries: aggregate and sectoral analysis. *Energy Policy*, v. 37, p. 1470-1478, 2009.

_____. Revisiting world energy intensity convergence for regional differences. *Applied Energy*, v. 87, p. 1037-1053, 2010.

MA, C.; STERN, D. I. China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis. *Energy Economics*, v. 30, p 1037-1053, 2008.

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

MANKIW, N. G. *Introdução à Economia*. Tradução da 5ª Edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning. 2009.

MARCELINO, F. MILLARD, P. Brazil Cuts Tax on Petrobras as Real Drop Lifts Import Cost. Bloomberg. 2011. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com/news/2011-09-27/brazil-sgovernment-cuts-tax-on-gasoline-official-gazette-says.html>>. Acesso em: 01 Out. 2014.

MARTIN, J. M. L'intensité énergétique de l'activité économique dans les pays industrialisés. *Economies et sociétés - Cahiers de l'ISMEA*. v. 22, n. 4. 1988

MARTINELLI, L. A.; GARRETT, R.; FERRAZ, S.; NAYLOR, S. Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: Evidence from the state of São Paulo. *Agricultural Systems*, v. 104, n. 419–428, 2011.

MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. *The Limits of Growth*. New York, 1972.

METCALF, G.E. An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level. *The Energy Journal*, v. 29, n. 3, 2008.

MEYER, D.; MYTELKA, L.; PRESS, R.; DALL'OGGIO, E.L. de SOUSA Jr, P.T.; GRUBLER, A. Brazilian Ethanol: Unpacking a Success Story of Energy Technology Innovation. *Historical Case Studies of Energy Technology Innovation: Chapter 24*, 2012.

MIELNIK, O.; GOLDEMBERG, J. Converging to a common pattern of energy use in developing and industrialized countries. *Energy Policy*, v. 28, p. 503-508, 2000.

MIKETA, A.; MULDER, P. Energy productivity across developed and developing countries in 10 manufacturing sectors: patterns of growth and convergence. *Energy Economics*, v. 27, p. 429-453, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Balanco Nacional de Cana-de-Açúcar e Agroenergia*. Secretariade Produção e Agroenergia, Brasília. 2007.

MUELLER, C.C. Avaliação de duas correntes da economia ambiental: a escola neoclássica e a economia da sobrevivência. *Revista de Economia Política*, v. 18, n. 2, 1998.

_____. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: uma avaliação sob a ótica da análise do processo produtivo de Georgescu-Roegen. *Estudos Econômicos*, v. 35, n.4, p. 687-713, 2005.

MURILLO-ZAMORANO, L.R. The role of energy in productivity growth: a controversial issue? *The Energy Journal*, v. 26, n. 2, p. 69-88, 2005.

OKAJIMA, S; OKAJIMA, H. Analysis of energy intensity in Japan. *Energy Police*, v.61, p. 574-586, 2013.

OSHIRO, A. H. F.; SANTOS, E. M.; FAGÁ, M. T. W. O Modelo Energético no Estado De São Paulo: O Equilíbrio Entre a Redução da Intensidade Energética e a Promoção de Fontes Renováveis de Energia. In: 4th Meeting of Latin-American Energy Economics, 2013, Montevideo, Uruguay. Proceedings of the 4th ELAEE, April 8-9, 2013 - Montevideo - Uruguay. <<http://aladee.org>>. Montevideo: ELAEE, v. 4. p. 01-17, 2013.

PAULANI, L.; BRAGA, M. A Nova Contabilidade Social. 4ª edição. São Paulo: Ed. Saraiva, 2012.

PEN, Y.; SÉVI, B. On the non-convergence of energy intensities: evidence from a pair-wise econometric approach. *Ecological Economics*, v. 69, p. 641-650, 2010.

PESSINE, R. A eficiência da cana-de-açúcar. Comunicação Pessoal. 2014.

POLENSKE, K.; ZHANG, X.; COMPEAN, G.R. Innovation and Energy-Intensity Trends in China and Brazil. Shanghai. In: Presented at the Tongji University 100th Anniversary Innovation Forum. 2007.

SCARAMUCCI, J.A.; PERIN, C.; PULINO, P.; BORDONI, O.F.J.G.; CUNHA, M.P., CORTEZ, L.A.B. Energy from sugarcane bagasse under electricity rationing in Brazil: a computable general equilibrium model. *Energy Policy*, v. 34, p. 986–992, 2006.

SSCHURR, S.H. Energy efficiency and productive efficiency: some thoughts based on american experience. *The Energy Journal*, v. 3, n. 3, p. 3-14, 1982.

SEADE. <<http://www.seade.gov.br/>>. Último acesso em: 1 Out. 2014.

SEESP – Secretaria de Energia do Estado de São Paulo. Balanço Energético do Estado de São Paulo 2014: Ano base 2013 / São Paulo (Estado). Secretaria de Energia. – São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/balanco>>.

_____. Matriz Energética do Estado de São Paulo – 2035. Sumário Executivo / São Paulo (Estado). Secretaria de Energia – São Paulo, 2013. Disponível em <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/matriz>>.

_____. Plano Paulista de Energia / São Paulo (Estado). Secretaria de Energia – São Paulo, 2012. Disponível em <http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/plano_paulista_ppe>.

_____. Anuários Estatísticos. Secretaria de Energia – São Paulo, 2011. / São Paulo (Estado). Secretaria de Energia – São Paulo, 2011. Disponível em <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/anuarios>>. Acesso: nov. 2011.

SMEETS, E.; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A.; WALTER, A.; DOLZAN, P.; TURKENBURG, W. The sustainability of Brazilian ethanol—An assessment of the possibilities of certified production. *Biomass and Bioenergy*, v. 32, p. 781 – 813, 2008.

SORMAN, A.; GIAMPIETRO, M. The energetic metabolism of societies and the degrowth paradigm: analyzing biophysical constraints and realities. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, p. 80-93, 2013.

SPAVOREK, G.; BARRETO, A.; BERNDES, G.; MARTINS, S.; MAULE, R. Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996–2006. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 14, n. 3, p. 285–298, 2009.

STERN, D.I.; KANDER, A. The role of energy in the industrial revolution and modern economic growth. *The Energy Journal*, v. 33, n. 3, p. 125-152, 2012.

SZKLO, A.S.; SCHAEFFER, R.; SSCHULLER, M.E.; CHANDLER, W. Brazilian energy policies side-effects on CO2 emissions reduction. *Energy Policy*, v. 33, p. 349–364, 2005.

TOLMASQUIM, M.T.; ROSA, L.P.; SZKLO, A.S.; SSCHULLER, M.; DELGADO, M.A. Tendencias da Eficiencia Eletrica no Brasil. ENERGE/Eletrabras, Rio de Janeiro. 1998.

UEKI, Y. Industrial development and the innovation system of the ethanol sector in Brazil, Discussion Paper n. 109, Institute of Developing Economics/ JETRO, Chiba, Japan. 2007.

UNICA. <<http://www.unicadata.com.br/>>. Último acesso em: 30 Set. 2014.

WORLD BANK. <<http://data.worldbank.org/>>. Último acesso em: 01 Out. 2014.

ZHAO, X.; MA, C.; HONG, D. Why did China's energy intensity increase during 1998–2006: Decomposition and policy analysis. *Energy Policy*, v. 38, p. 1379–1388, 2010.

ANEXO I

Tabela I.1 – Eficiência Energética em Eletricidade - Ações no âmbito do Governo Estadual

Tabela I.2 – Eficiência Energética em Eletricidade - Ações que requerem articulação com o Governo Federal

Tabela I.3 – Eficiência Energética em Eletricidade - Ações que requerem articulação com os Municípios

Tabela I.4 – Eficiência Energética em Combustíveis - Ações no âmbito do Governo Estadual

Tabela I.5 – Eficiência Energética em Combustíveis- Ações que requerem articulação com o Governo Federal

Tabela I.6 – Eficiência Energética em Combustíveis - Ações que requerem articulação com os Municípios

Tabela I.1

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Elaborar campanhas educativas permanentes direcionadas ao público em geral, sobre o uso racional da energia elétrica.	Dotação orçamentária para campanhas de massa.	Melhor aproveitamento dos usos finais e redução de despesas com energia elétrica.	2013
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Inserir a disciplina de Eficiência Energética nos currículos das escolas técnicas de nível médio e das faculdades com potencial para desenvolver o tema.	Grupo de Trabalho com Secretarias de Estado, Distribuidoras, ARSESP e Sistema S.	Redução do consumo de eletricidade e despesas com energia.	2014
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Inserir o conteúdo de Eficiência Energética e Uso Racional da Energia Elétrica na grade do ensino fundamental e médio da rede pública.	Termo de Cooperação com as Distribuidoras.	Melhor aproveitamento dos usos finais.	2014
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Promover cursos de nivelamento em eficiência energética para profissionais da indústria e comércio.	Termo de Cooperação com as Distribuidoras.	Postergação de investimentos no Sistema Elétrico.	2014
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Instituir boas práticas de uso da energia elétrica nas Secretarias de Estado.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo de eletricidade e despesas com energia.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Implantar projetos de efficientização energética voltados aos Próprios do Estado, que apresentem viabilidade técnica e econômica.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Implantar Comissões Internas de Conservação de Energia-CICES nos Próprios do Estado.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Estabelecer requisitos de uso eficiente de Energia Elétrica em projetos de novas edificações.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Implantar a gestão sistêmica do consumo e demanda de energia elétrica nos Próprios do Estado.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Eficiência Energética na Indústria e Comércio	Induzir a criação de Comissões Internas de Conservação de Energia - CICES.	Parceria com FIESP, CIESP E Fecomércio.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Eficiência Energética na Indústria e Comércio	Viabilizar linhas de crédito específicas para projetos de eficiência energética.	Parceria com a DESENVOLVE SP.	Aumento da competitividade. Postergação de investimentos no Sistema Elétrico.	2013
Efficientização na Iluminação Pública	Viabilizar linhas de financiamento do BNDES ou da Nossa Caixa. Desenvolvimento aos municípios para efficientização da iluminação Pública.	Parceria com a DESENVOLVE SP.	Melhoria na qualidade do serviço de iluminação e na segurança pública.	2014
Eficiência Energética e P&D	Estimular a instalação, no Estado, de Centros de P&D e unidades de produção de equipamentos voltados à eficiência energética.	Grupo de Trabalho para modelagem dos instrumentos de estímulo.	Ampliação de práticas energeticamente eficientes. Desenvolvimento de novas tecnologias eficientes.	2014
Perdas no Sistema Elétrico	Induzir ações voltadas à redução de perdas não técnicas existentes na área de concessão das distribuidoras de energia elétrica.	Atuação em conjunto com as Distribuidoras.	Otimização da Eficiência do Sistema Elétrico. Cidadania aos consumidores regularizados.	2013
Perdas no Sistema Elétrico	Estimular a Geração Distribuída.	Instrumento legal de política tributária com a SEFAZ.	Postergação de investimentos no Sistema Elétrico. Benefício ao meio ambiente.	2013

continua...

continuação

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Elaborar campanhas educativas permanentes direcionadas ao público em geral, sobre o uso racional da energia elétrica.	Dotação orçamentária para campanhas de massa.	Melhor aproveitamento dos usos finais e redução de despesas com energia elétrica.	2013
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Inserir a disciplina de Eficiência Energética nos currículos das escolas técnicas de nível médio e das faculdades com potencial para desenvolver o tema.	Grupo de Trabalho com Secretarias de Estado, Distribuidoras, ARSESP e Sistema S.	Redução do consumo de eletricidade e despesas com energia.	2014
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Inserir o conteúdo de Eficiência Energética e Uso Racional da Energia Elétrica na grade do ensino fundamental e médio da rede pública.	Termo de Cooperação com as Distribuidoras.	Melhor aproveitamento dos usos finais.	2014
Difusão de conhecimento sobre Eficiência Energética	Promover cursos de nivelamento em eficiência energética para profissionais da indústria e comércio.	Termo de Cooperação com as Distribuidoras.	Postergação de investimentos no Sistema Elétrico.	2014
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Instituir boas práticas de uso da energia elétrica nas Secretarias de Estado.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo de eletricidade e despesas com energia.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Implantar projetos de eficiência energética voltados aos Próprios do Estado, que apresentem viabilidade técnica e econômica.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Implantar Comissões Internas de Conservação de Energia-CICES nos Próprios do Estado.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Estabelecer requisitos de uso eficiente de Energia Elétrica em projetos de novas edificações.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Otimização da Eficiência no consumo de energia elétrica no âmbito do Poder Público Estadual	Implantar a gestão sistêmica do consumo e demanda de energia elétrica nos Próprios do Estado.	Programa de Melhoria do Gasto Público - Desperdício Zero - DECRETO N.º 57.829/2012.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Eficiência Energética na Indústria e Comércio	Induzir a criação de Comissões Internas de Conservação de Energia - CICES.	Parceria com FIESP, CIESP E FECOMÉRCIO.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade.	2013
Eficiência Energética na Indústria e Comércio	Viabilizar linhas de crédito específicas para projetos de eficiência energética.	Parceria com a DESENVOLVE SP.	Aumento da competitividade. Postergação de investimentos no Sistema Elétrico.	2013
Eficientização na Iluminação Pública	Viabilizar linhas de financiamento do BNDES ou da Nossa Caixa. Desenvolvimento aos municípios para eficiência da iluminação pública.	Parceria com a DESENVOLVE SP.	Melhoria na qualidade do serviço de iluminação e na segurança pública.	2014
Eficiência Energética e P&D	Estimular a instalação, no Estado, de Centros de P&D e unidades de produção de equipamentos voltados à eficiência energética.	Grupo de Trabalho para modelagem dos instrumentos de estímulo.	Ampliação de práticas energeticamente eficientes. Desenvolvimento de novas tecnologias eficientes.	2014
Perdas no Sistema Elétrico	Induzir ações voltadas à redução de perdas não técnicas existentes na área de concessão das distribuidoras de energia elétrica.	Atuação em conjunto com as Distribuidoras.	Otimização da Eficiência do Sistema Elétrico. Cidadania aos consumidores regularizados.	2013
Perdas no Sistema Elétrico	Estimular a Geração Distribuída.	Instrumento legal de política tributária com a SEFAZ.	Postergação de investimentos no Sistema Elétrico. Benefício ao meio ambiente.	2013

Tabela I.2

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Eficientização na Iluminação Pública	Viabilizar a ampliação dos programas de eficiência energética em Iluminação Pública.	Acordo de Cooperação com o MME.	Novos negócios no setor de Eficiência Energética.	2014
Eficientização na Iluminação Pública	Ampliar a divulgação do Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (PROCEL RELUZ) para os Municípios.	Acordo de Cooperação com o MME.	Redução dos custos de manutenção com iluminação pública para os municípios.	2014
Eficientização na Iluminação Pública	Viabilizar, junto ao MME a elevação do percentual de financiamento nos contratos PROCEL RELUZ.	Acordo de Cooperação com o MME.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade por parte das Prefeituras.	2014
Eficiência Energética e P&D	Viabilizar, junto ao MME, alteração na legislação para manutenção de 0,5% da ROL das distribuidoras para a Eficiência Energética e flexibilizar sua aplicação.	Projeto de Lei elaborado em conjunto com o MME.	Fonte de recursos perene para o fomento às ações de Eficiência Energética.	2013
Perdas no Sistema Elétrico	Induzir ações para que as normas técnicas de equipamentos e máquinas determinem características de harmônicos/fator de potência mínimo.	Elaborar propostas para apreciação da ABNT e do INMETRO.	Redução de perdas técnicas.	2014
Eficiência Energética em Construção Civil	Estimular o fortalecimento do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA).	Atuação em conjunto com o Governo Federal.	Redução de despesas com energia. Postergação de investimentos no sistema elétrico.	2013

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Eficientização na Iluminação Pública	Viabilizar a ampliação dos programas de eficiência energética em Iluminação Pública.	Acordo de Cooperação com o MME.	Novos negócios no setor de Eficiência Energética.	2014
Eficientização na Iluminação Pública	Ampliar a divulgação do Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (PROCEL RELUZ) para os Municípios.	Acordo de Cooperação com o MME.	Redução dos custos de manutenção com iluminação pública para os municípios.	2014
Eficientização na Iluminação Pública	Viabilizar, junto ao MME a elevação do percentual de financiamento nos contratos PROCEL RELUZ.	Acordo de Cooperação com o MME.	Redução do consumo e das despesas com eletricidade por parte das Prefeituras.	2014
Eficiência Energética e P&D	Viabilizar, junto ao MME, alteração na legislação para manutenção de 0,5% da ROL das distribuidoras para a Eficiência Energética e flexibilizar sua aplicação.	Projeto de Lei elaborado em conjunto com o MME.	Fonte de recursos perene para o fomento às ações de Eficiência Energética.	2013
Perdas no Sistema Elétrico	Induzir ações para que as normas técnicas de equipamentos e máquinas determinem características de harmônicos/fator de potência mínimo.	Elaborar propostas para apreciação da ABNT e do INMETRO.	Redução de perdas técnicas.	2014
Eficiência Energética em Construção Civil	Estimular o fortalecimento do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA).	Atuação em conjunto com o Governo Federal.	Redução de despesas com energia. Postergação de investimentos no sistema elétrico.	2013

Tabela I.3

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Eficiência Energética em Construção Civil.	Viabilizar a introdução de requisitos de eficiência energética nos códigos de obras.	Acordo com municípios do Estado de São Paulo.	Redução de despesas com energia. Postergação de investimentos no sistema elétrico.	2013

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Eficiência Energética em Construção Civil.	Viabilizar a introdução de requisitos de eficiência energética nos códigos de obras.	Acordo com municípios do Estado de São Paulo.	Redução de despesas com energia. Postergação de investimentos no sistema elétrico.	2013

Tabela I.4

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Eficiência Energética em Construção Civil.	Viabilizar a introdução de requisitos de eficiência energética nos códigos de obras.	Acordo com municípios do Estado de São Paulo.	Redução de despesas com energia. Postergação de investimentos no sistema elétrico.	2013

continua...

continuação

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Proposta de Caráter Estrutural	Definir metas setoriais de eficiência energética em combustíveis.	Grupo de Trabalho multisetorial.	Redução de consumo de combustível e redução de emissão de CO ₂ .	2013
Desenvolvimento tecnológico e etiquetagem veicular	Adotar os critérios do PBE-V para fins de compras públicas.	Emenda ao Decreto Estadual n.º 50.170/2005.	Poder multiplicador da ação.	2013
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Assegurar a implantação do plano de ampliação e modernização da rede de metrô na RMSP.	Plano de transportes em andamento, contemplado no PPA e no Plano de Investimentos do Metrô.	Redução anual estimada de 690 milhões de litros de gasolina e 440 milhões de litros de diesel, a partir de 2020. Consumo anual estimado de energia elétrica para tração de 1.700 GWh em 2020. Estimativa de emissões evitadas a partir de 2020: 1,8 MtCO ₂ /ano.	137,7km de extensão de rede de metrô, em 2015. 244,2 km de extensão de rede de metrô, em 2020.
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Assegurar a implantação do plano de ampliação e modernização da rede de trens metropolitanos da CPTM.	Plano de transportes em andamento, contemplado no PPA.	Redução na emissão de CO ₂ : 440 mil toneladas/ano. Redução no consumo de gasolina: 190 milhões de litros/ano. Redução no consumo de diesel: 31 milhões de litros/ano.	298,2 km de rede, em 2014. 369,0 km de rede, em 2020.
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Elaborar e Implantar os projetos de uma rede de trens regionais de passageiros, interligando as regiões metropolitanas e aglomerações urbanas do Estado de São Paulo.	Projetos concluídos e inclusão no orçamento.	Redução de Consumo de Combustível Fóssil e de Emissões.	2020
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Viabilizar a ampliação e melhoria dos corredores de ônibus intermunicipais gerenciados pela EMTU/SP.	Recursos orçamentários em conformidade com o PPA.	25% mais passageiros transportados por litro de diesel gasto. Redução mensal de 25% de emissões de CO ₂ por passageiro transportado.	164,1 km de rede até 2014. 57,9 km de rede de 2015 a 2020.
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Assegurar a ampliação do uso do modal hidroviário, com eliminação de gargalos na Hidrovia Tietê-Paraná e melhorias das conexões intermodais.	Disponibilidade orçamentária em conformidade com o previsto no PPA.	Redução de 1 bilhão de litros de derivados/ano, a partir de 2020. Redução de emissões de 2,6 MtCO ₂ , a partir de 2020.	Alargamento de vãos e pontes, e remoção de pilares (dez/2013). Canais, derrocamentos e atracadores (2014). Extensão da hidrovia até Piracicaba (2015). Extensão da hidrovia até Salto (2018).
Logística e Operação dos Transportes	Assegurar a implantação da Rede de Plataformas Logísticas no Estado de São Paulo.	Implantação do Ferroanel. Mecanismos de viabilização econômica no modelo.	Otimização da matriz de transportes. Racionalidade da cadeia logística. Economia no consumo de combustíveis.	4 Plataformas Logísticas até 2020.
Logística e Operação dos Transportes	Criar a figura do Operador de Transporte Multimodal (OTM).	Cooperação técnica entre Secretarias de Gestão, Logísticas e Transportes, Trabalho, entidades correlatas, transportadores autônomos de carga e Municípios envolvidos.	Redução das viagens vazias de 46% para 36%, e de quilometragem "morta" de 37% para 29%, resultando em economia de 850 milhões de litros de diesel, em 2020. Redução de 2,2 MtCO ₂ .	2018
Logística e Operação dos Transportes	Viabilizar a implementação de programa de renovação de frota de caminhões, com prioridade para os autônomos.	Grupo intersecretarias já está produzindo texto base. Entidades participantes: SEFAZ, CETESB, SLT, SDECT e SGP.	Substituição de caminhões com mais de 30 anos (estimado em 35.000) por caminhões novos. Redução de consumo de cerca de 150 milhões de litros de diesel a partir de 2020. Redução de 400 mil toneladas de emissões de CO ₂ .	Projeto piloto dezembro de 2012.
Logística e Operação dos Transportes	Criar programa estadual de controle de emissão de fumaça da frota diesel circulante.	Fiscalização de opacidade da fumaça pela CETESB, municípios e Polícia Militar. Termo de Compromisso entre CETESB, prefeituras e entidades empresariais e autônomos com as metas estabelecidas. Instrumento legal definindo critérios de opacidade da fumaça na frota oficial do Estado. Instrumento legal definindo critérios ambientais nos contratos de concessão do transporte urbano e metropolitano do Estado.	Redução de desconformidade na emissão de fumaça de 40% para 5% até 2020. 1,3 % de economia de diesel.	Projeto piloto dezembro de 2012. Meta de conformidade de emissão de fumaça para São Paulo: 95%, em 2020.
Logística e Operação dos Transportes	Implementar programa de inspeção veicular da frota diesel e veículo comercial para o Estado de São Paulo.	Projeto de lei em análise na ALESP.	Redução de consumo de combustível e de emissão de CO ₂ .	Dependendo da aprovação do Projeto de Lei.
Eficiência Energética e redução de Emissões de CO ₂ na indústria	Induzir a criação de Comissões Internas de Conservação de Energia (CICEs) para determinados segmentos de consumidores industriais de combustíveis.	Acordo de cooperação entre o governo do Estado, entidades de classe e universidades.	Redução de consumo de combustíveis e de emissão de CO ₂ .	2014

Tabela I.5

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Desenvolvimento tecnológico e etiquetagem veicular	Promover o aumento de eficiência energética de veículos leves, aferida pela Metodologia da PBE-V.	Tributos diferenciados segundo a eficiência veicular, medida em Mj/km , com participação federal, buscando manter o equilíbrio na arrecadação tributária. Como alternativa: Instrumento jurídico que estabeleça, em caráter mandatório, metas mínimas de consumo energético para os fabricantes, ponderadas pelo volume de produção do modelo.	Redução média de 20% no consumo dos veículos leves novos comercializados no mercado brasileiro, em 2020. Redução de 2 $MtCO_2$ e outros GEE até 2020.	2014
Melhoria da qualidade dos combustíveis na produção e distribuição	Viabilizar ações de melhoria da qualidade de combustíveis que permitam aumento de eficiência energética.	Termo de Compromisso entre o governo do Estado, o MME, a ANP e a Petrobras.	Melhoria do rendimento e autonomia dos motores veiculares. Redução de CO_2 e outros GEE.	2014
Melhoria da qualidade dos combustíveis na produção e distribuição	Assegurar a ampliação da fiscalização das distribuidoras e postos de combustíveis, por parte da ANP.	Termo de Compromisso da ANP com o governo do Estado.	Melhoria do rendimento e autonomia dos motores veiculares. Redução de CO_2 e outros GEE.	2014
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Assegurar a construção de dutovia visando, fundamentalmente, o transporte de etanol.	Apoio institucional para a otimização e a obtenção de licenças necessárias ao empreendimento.	Otimização das matrizes de transportes e energia. Redução do custo logístico. Ganho de competitividade do etanol. Ganho de eficiência energética e redução na emissão de CO_2 .	Conclusão do 1º ramal de 1.300 km, em 2013.
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Estimular os investimentos de concessionárias de ferrovias que operam em território estadual por meio da indução da competitividade intramodal.	Revisão da Regulação do setor.	Redução de consumo de combustíveis e de emissão de CO_2 .	2015

Tabela I.6

TEMA	PROPOSTA	INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS	BENEFÍCIOS	METAS
Adequação da frota de ônibus no Transporte Público	Promover a inserção de frota movida a combustíveis renováveis (etanol, eletricidade, biodiesel, etc.) na frota das RMs.	Financiamento e Incentivos Fiscais.	Redução de consumo de combustíveis e emissão de CO ₂ .	2014 para ônibus das RMs. 2020 para ônibus dos municípios.
Otimização da Matriz de Transporte do Estado de São Paulo	Estimular o cumprimento das intervenções na infraestrutura de corredores de ônibus urbanos da cidade de São Paulo.	Recursos orçamentários da Prefeitura de São Paulo, conforme cronograma de projetos em andamento na Secretaria de Transportes do Município de São Paulo.	Aumento de 15% na média da velocidade do ônibus.	2015