**AREA 11 – ECONOMIA AGRÍCOLA E DO MEIO AMBIENTE**

**Avaliação dos requerimentos setoriais e das emissões de CO2 por fonte de energia renovável *versus* não-renovável na economia brasileira: um modelo insumo-produto híbrido para 53 setores**

**Marco Antonio Montoya[[1]](#footnote-1)**

**Cássia Aparecida Pasqual[[2]](#footnote-2)**

**RESUMO**

O artigo desagrega o consumo setorial da Matriz Energética brasileira de 2009 para construir um modelo insumo-produto híbrido de 53 setores e avaliar os requerimentos setoriais e as emissões de CO2 por fontes de energia. Verificou-se que os setores Transporte, Energético e, a Fabricação de aço e derivados além de exercer forte pressão sobre o consumo de energia, utilizam majoritariamente energia fóssil. A composição dos requerimentos e das emissões evidenciou, por conta do efeito induzido, que o consumo das famílias decorrente do aumento da renda contribui significativamente com o consumo de energia e com a maioria das emissões de CO2 do país, principalmente, quando as famílias consomem serviços e bens de uso pessoal. Portanto, os esforços na redução de emissões deverão ser direcionados sobre os setores produtivos e, principalmente sobre o comportamento do consumidor.

**Palavras-chave:** insumo-produto, efeito estufa, emissões de CO2, setor energético.

**ABSTRACT**

The article breaks down the consumption sector of the Brazilian Energy Matrix, 2009 to build a hybrid input-output model of 53 sectors and evaluate the applications and sectoral CO2 emissions from energy sources. It was found that the sectors Transport, Energy and Manufacturing of steel and derivatives besides exerting strong pressure on energy consumption, using mostly fossil energy. The composition of requirements and emissions showed, due to the induced effect, the household consumption due to increased income contributes significantly to the energy consumption and with the majority of CO2 emissions in the country, especially when families consume services and personal goods. Therefore, efforts to reduce emissions should be targeted on the productive sectors, mainly on consumer behavior.

**Keywords:** input-output, greenhouse effect, CO2 emissions, energy sector.

**JEL Classification:** C67, D57, Q40, Q52

**1 INTRODUÇÃO**

Previsões sobre o crescimento da economia mundial apontam, até o ano de 2030, que o PIB crescerá a uma taxa de 3,5% a.a. passando de 59,94 trilhões de dólares em 2006 para 137,48 trilhões de dólares em 2030, ou seja, o mercado mundial aumentará 229,36%. Por causa dessa trajetória, espera-se que a economia brasileira cresça de forma acelerada e que esse crescimento terá um relevante papel no aumento da demanda de energia por parte das atividades de produção e consumo. Por conta disso, as previsões sobre a demanda de energia para o Brasil indicam no período de 2006 a 2030, que o mercado energético nacional aumentará 196,25% já que o consumo de energia crescerá a uma taxa de 2,6% a.a., passando de 202,9 milhões de tep para 398,2 milhões de tep em 2030 (BERS, 2010; IEO, 2011).

Certamente, o maior consumo de energia *versus* os riscos e as incertezas de uma maior degradação do meio ambiente torna-se um ponto de discussão relevante e um grande desafio para o crescimento econômico sustentável. Assim, nas últimas décadas, tendências no uso de energia renovável e mais limpa foram introduzidas no país através do aproveitamento dos recursos hídricos, do incentivo da agricultura voltada para o biocombustível (Proálcool, biodiesel), da construção de gasodutos e, de um novo marco regulatório sobre o meio ambiente. Como resultado, segundo Brasil-EPE (2013), a matriz energética nacional constitui-se numa das mais limpas do mundo, destacando-se, entre outros, pela produção de energia hidráulica que responde por 30,04% das fontes primárias renováveis do país, enquanto essa participação no mundo, em média, alcança somente 16%.

Contudo, conforme consta no Balanço Energético Nacional de 2012 (BRASIL-EPE, 2012), na economia brasileira ainda predomina a produção de energia não-renovável. Isto porque na composição da produção de energia primária de 2009 a 2011, as fontes de energia não-renováveis responderam, em média, por 53,30% (ou 133.241 mil tep) e as fontes renováveis por 46,70% (ou 116.687 mil tep). Trata-se, portanto, de uma matriz energética que produz e consome majoritariamente energia fóssil, mas que oferece, no entanto, pela presença significativa de fontes renováveis de energia decorrentes da disponibilidade de abundantes recursos naturais, potencial para reduzir ainda mais nas atividades econômicas as emissões de gases de “efeito estufa”.

Nesse contexto, a preocupação das interações entre o meio ambiente e as atividades econômica no país tem levado diversos pesquisadores a desenvolver estudos que avaliam o consumo setorial de energia e as emissões de dióxido de carbono (CO2) utilizando modelos insumo-produto híbridos, ou seja, modelos que incorporam unidades físicas do consumo de energia extraídas do Balanço Energético Nacional - BEN e unidades monetárias das atividades produtivas que constam na Matriz Insumo-Produto MIP.

Entretanto, as avaliações dos impactos ambientais em geral apresentam limitações pela falta de dados mais desagregados do consumo setorial de energia em unidades físicas. Isto é, o processo de compatibilização dos dados do BEN e da MIP gera um número pequeno de setores consumidores de energia, o que afeta os resultados e as análises sobre o meio ambiente. Portanto, para entender melhor a interação das atividades econômicas com o meio ambiente, torna-se necessário uma análise mais desagregada do consumo setorial por fonte de energia e das emissões de CO2 que elas implicam.

Com esses fins, o presente artigo tem como objetivo desagregar o consumo setorial de energia do BEN de forma compatível com o número de setores consumidores que apresenta a MIP do Brasil para logo, com base na construção do modelo insumo-produto híbrido de 2009, mensurar e avaliar os requerimentos setoriais e emissões de CO2 por fontes de energia renovável *versus* não-renovável. Com isso espera-se, num primeiro momento, compreender com mais detalhe as principais relações setoriais da economia do país com o meio ambiente, bem como, fornecer subsídios para um melhor planejamento energético setorial nos próximos anos.

O presente artigo está dividido da seguinte maneira: na seção 2, é apresentado um referencial teórico e empírico sobre os modelos de insumo-produto híbridos utilizados no Brasil para avaliar impactos ambientais; a seção 3 além de apresentar a estrutura matemática do modelo insumo-produto híbrido e seu processo de construção, apresenta o processo de desagregação setorial da Matriz Energética do BEN; a seção 4 avalia a composição dos requerimentos setoriais por fonte de energia com fins de identificar os setores que mais pressionam a produção de energia e a dependência setorial por energia renovável e não-renovável; a seção 5 avalia a dimensão das emissões setoriais de CO2 e identifica através da decomposição dos multiplicadores de emissões os mecanismos pelos quais os setores geram os maiores volumes de gases “efeito estufa”; na última seção são apresentadas as principais conclusões obtidas no decorrer da análise.

**2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A seguir é apresentado um arcabouço teórico e empírico sobre os modelos de insumo-produto híbridos. Para isso, primeiramente, apresenta-se alguns aspectos inerentes às vantagens e limitações desses modelos para avaliar questões ambientais. Seguidamente, se mencionam os principais modelos híbridos construídos no Brasil para avaliar o uso de energia e seus impactos ambientais.

**2.1. Abrangência analítica dos modelos insumo-produto híbridos**

O relatório Brundtland (WCED, 1987) salienta que a importância de avaliar o consumo energético radica na crescente preocupação com os riscos e as incertezas ambientais decorrentes de um consumo elevado de energia no futuro. A queima de combustíveis fósseis que emitem CO2 e seu acúmulo na atmosfera destaca-se como o de maior probabilidade de risco para a alteração do clima devido ao “efeito estufa”. Em função desses fatos, acredita-se que o uso de recursos energéticos disponíveis respeitando o meio ambiente é fundamental para o desenvolvimento econômico e, portanto, avaliar o comportamento do consumo setorial de energia e questões inerentes às emissões de CO2 se torna premente para um melhor planejamento energético nacional.

Cabe salientar, entretanto, que uma séria limitação da análise de impactos ambientais é a tendência a lidar isoladamente com cada setor ou indústria, sem reconhecer a importância das relações setoriais. Embora não seja difícil conceber a existência dessas relações econômicas, no mundo real elas tendem a ser bastante complexas, envolvendo vários grupos de setores, diferentes formas de encadeamentos e várias hierarquias de ramificações. O modelo insumo-produto tem a capacidade de retratar essas relações em diferentes níveis de complexidade. Ele é um instrumento adequado para avaliar as emissões setoriais de poluentes em virtude de incorporar o setor energético no sistema econômico.

Nesse contexto, um sistema econômico insumo-produto está formado por um conjunto de *n* equações lineares com *n* incógnitas em que a demanda de dado setor *j* por insumos originados de outros setores é relacionada com o montante de bens produzidos por esse mesmo setor *j*, e a demanda final. Isto é, a demanda das famílias, do governo ou de outros países (exportações) é determinada por considerações relativamente não relacionadas com o montante produzido nessas unidades (MILLER; BLAIR, 1985 e 2009).

Tal modelo pode ser estendido para possibilitar a análise de problemas relacionados à poluição, visto que muitas das emissões de poluentes resultam da atividade econômica, e as inter-relações entre as indústrias afetam significativamente sua natureza e magnitude. Para avaliar o consumo energético setorial e as emissões de CO2, os modelos insumo-produto têm sido utilizados com frequência, já que permite através dos fluxos setoriais de energia, mensurar os requerimentos de energia necessários por unidade consumida no sistema econômico. O procedimento para avaliar as emissões de CO2 consiste em estimar o uso de energia das indústrias (demanda intermediária) e dos consumidores finais (demanda final) por meio de um modelo insumo-produto de energia em unidades híbridas e, logo, no modelo, utilizar coeficientes de conversão sobre a intensidade do consumo de energia.

Segundo Bullard e Herendeen (1975), Miller e Blair (1985 e 2009) e Casler e Blair (1997), o modelo de insumo-produto em unidades híbridas é a formulação mais consistente para aplicação de modelos de insumo-produto de natureza físico-econômica envolvendo uso de energia. Hawdon e Pearson (1995) apontam algumas vantagens no uso da estrutura de insumo-produto para analisar questões relativas ao setor energético: a) permite uma desagregação setorial maior do que os modelos de otimização dinâmica e os modelos macroeconômicos; b) permite a incorporação de fluxos de energia intersetoriais tanto em termos físicos quanto monetários e c) possibilita programar análises de impacto. Entretanto, esses modelos também apresentam algumas limitações, quais sejam: a) coeficientes fixos de insumo-produto; b) retornos constantes de escala e c) demanda final determinada exogenamente.

**2.2 Modelos insumo-produto híbridos utilizados no Brasil**

A matriz de insumo-produto é uma estrutura útil para delinear o uso de energia. Assim, diversos trabalhos com essas abordagens foram executados para a economia brasileira. Perobelli, Mattos e Faria (2006), Hilgemberg e Guilhoto (2006), Carvalho e Perobelli (2008) e Mattos (2010) utilizaram modelos inter-regionais de insumo-produto híbrido para avaliar as relações energéticas das regiões e os impactos ambientais gerados pela emissão de CO2.

Jà Firme e Perobelli (2008), Carneiro, Figueiredo e Araújo Júnior (2009), Angelo e Ramos (2010), Santiago, Carvalho e Perobelli (2010), Figueiredo, Araújo Junior e Perobelli (2011) e Montoya *et all* (2013) adaptam o modelo insumo-produto híbrido para um contexto regional de uma economia aberta e avaliam para a economia brasileira e para estados específicos do país a intensidade do uso de energia e as particularidades que apresentam os sistemas econômicos na emissão de CO2.

Em geral, os estudos elaborados para a economia brasileira mostram, por um lado, a consistência e méritos dos modelos híbridos para avaliar problemas ambientais decorrentes do consumo de energia e, por outro, evidenciam em geral que as análises sobre o sistema econômico apresentam um nível elevado de agregação setorial, o que limita, em parte, os resultados e as avaliações. Portanto, surge a necessidade de se elaborar estudos com um nível de desagregação setorial maior na economia brasileira.

**3 CONSTRUÇÃO DO MODELO INSUMO-PRODUTO HÍBRIDO**

A solução do modelo de insumo-produto clássico para estudar a interdependências dos setores de uma economia pode ser expressa matricialmente pela equação (1).

 (1)

Os coeficientes da matriz inversa  são chamados de requerimentos totais de produção, ou seja, os requerimentos diretos e indiretos de produção. Eles indicam, em unidades monetárias, as mudanças na produção setorial necessárias para atender a uma determinada variação da demanda final. Note-se que a demanda final do modelo é exógena, o que permite que se analisem de forma sistêmica o perfil da estrutura de transações, os efeitos multiplicadores decorrentes da demanda final, diferentes tipos de problemas que envolvem programas de investimentos, aumento do consumo, tributação, mudança tecnológica etc.

Existem várias extensões possíveis da análise de insumo-produto, dentre as quais está a hipótese da incorporar unidades físicas ao modelo para avaliar o consumo de energia e as emissões de CO2, ou seja, a construção de um modelo insumo-produto em unidades híbridas.

A estrutura matemática do modelo insumo-produto híbrido apresentado a seguir é proveniente das abordagens utilizadas para modelos inter-regionais, porém adaptado para um contexto regional de uma economia aberta e de uma economia fechada.

A utilização de unidades híbridas no modelo considera tanto a energia consumida no processo de produção de uma indústria quanto a energia empregada na produção dos insumos utilizados por ela, ou seja, a análise constitui-se um processo que rastreia os insumos até os recursos primários usados na sua produção. A primeira rodada dos insumos de energia revelará os requerimentos diretos de energia. As rodadas subsequentes de insumos energéticos definirão os requerimentos indiretos de energia. Logo, a soma desses dois requerimentos será o requerimento total de energia, cujo cálculo é algumas vezes chamado de intensidade de energia (MILLER; BLAIR, 1985 e 2009).

**3.1 Modelo híbrido para uma economia aberta**

A construção de um modelo de insumo-produto híbrido tem início com uma matriz de fluxos de energia em unidades físicas. Numa economia composta por *n* setores, dos quais *m* são setores de energia, a matriz de fluxos de energia será *E* (*mxn*). Assumindo-se que a energia consumida pela demanda final (em unidades físicas) será representada por *E*, e consumo de energia total na economia será representado por *F* (*Ey* e *F* são ambos os vetores coluna com *m*-elementos), e *i* será um vetor (*nx1*), cujos elementos são todos números “um” e dado por:

 (2)

Isto é, a soma de energia (de cada tipo descrito pelas filas de *E*) consumida pelos setores interindustriais mais o consumo da demanda final é a quantia total de energia consumida (e produzida) pela economia.

 (3)

Com a matriz *E* construída, é possível construir uma matriz de transações interindustriais em unidades híbridas. O procedimento consiste em substituir na matriz de transações interindustriais (*Z*) as linhas que representam os fluxos de energia em unidades monetárias pelas linhas que representam os fluxos físicos de energia, obtidos com base na matriz *E*. Após a substituição temos a nova matriz de fluxos interindustriais (*Z\**), a qual representa os fluxos interindustriais de energia em unidades físicas e os demais fluxos em unidades monetárias.

Considere, por exemplo, o caso de quatro setores onde o primeiro setor é um setor de energia:

 (4)

Será substituída pela matriz de transações interindustriais híbrida descrita por:

 (5)

Consequentemente, obtêm-se:



Para linhas que não são fluxos de energia

Para linhas que são fluxos de energia



Para linhas que não são fluxos de energia

Para linhas que são fluxos de energia



Para linhas que não são fluxos de energia

Para linhas que são fluxos de energia

Para linhas que não são fluxos de energia

Para linhas que são fluxos de energia



O mesmo procedimento deve ser usado para a produção total (*X*) e demanda final (*Y*) por setor:

 (6)  (7)

A matriz de coeficientes técnicos (*A*) pode ser representada matricialmente como .

Logo,

 (8)

O modelo insumo-produto em unidades híbridas pode ser definido de forma análoga à equação (1) e pode ser escrito da seguinte maneira:

 (9)

A matriz (*I – A\**)-1 tem as mesmas unidades de *A\**, porém, ela representa os requerimentos (em tep ou unidades monetárias) por unidade (tep ou unidades monetárias) de demanda final (requerimento total), enquanto *A\** representa o requerimento por unidade de produto total (requerimento direto). Contudo, algumas das características destas matrizes diferem do modelo tradicional de Leontief. Por exemplo, a soma da coluna *A\** não é necessariamente menor que a unidade como no modelo tradicional.

Na estrutura da matriz de insumo-produto em unidades híbridas, o cálculo dos requerimentos de energia total, às vezes chamados intensidade de energia, é análogo ao cálculo da exigência total em unidades monetárias da indústria do modelo tradicional de insumo-produto de Leontief. Assim, para obter a matriz de requerimentos diretos de energia e a matriz de requerimentos totais de energia extraem-se, respectivamente, as linhas dos fluxos de energia de *A\** e (*I – A\**)-1.

Para isso é necessário criar a matriz  com dimensão (*nxn*), na qual os elementos de  que representam fluxos de energia são colocados ao longo da diagonal principal, e os demais elementos são zero.

 (10)

Fazendo , obtém-se um vetor de zeros e números uns, no qual os números denotam as localizações do setor de energia. Pós multiplicando as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais de energia por  recuperam-se apenas a intensidade de energia.

Logo, os coeficientes representam os requerimentos diretos () e os requerimentos totais ():

 (11)  (12)

Os requerimentos indiretos de energia () são obtidos da diferença entre e:

 (13)

**3.2 Modelo híbrido para uma economia fechada**

Análogo ao modelo clássico de Leontief, o modelo insumo-produto híbrido, além de analisar as transações setoriais de insumos permite também incorporar o Consumo das Famílias como uma variável endógena. Com isso é possível não somente avaliar os efeitos diretos e indiretos, mas também o efeito induzido ou denominado também efeito-renda, A nova solução terá um novo vetor de demanda final, sem o vetor do Consumo das Famílias, uma nova matriz de coeficientes intermediários, com uma linha e uma coluna a mais e, portanto, uma nova matriz inversa híbrida.

Operacionalmente, isso consiste em subtrair da matriz  a matriz resultante da multiplicação dos coeficientes de consumo das famílias que inclui o consumo de energia em tep (*C\**), pelos coeficientes do Valor Adicionado que incorpora o consumo total de energia do país (*V\**) e, logo, calcular a inversa dessa matriz. Assim, a solução do modelo de insumo-produto híbrido para uma economia fechada pode ser expressa matricialmente pela equação (14).

 (14)

Logo os requerimentos totais de energia () podem ser encontrados através das equações (15).

 (15)

Com o consumo das famílias endogenizados no sistema, os requerimentos captam o consumo adicional de energia induzido pelo aumento da renda das famílias. Impacto esse, não captado pelos requerimentos do modelo insumo-produto híbrido aberto.

Seguidamente, o requerimento induzido de energia  no sistema econômico é estabelecido para cada setor pela diferença dos requerimentos totais do modelo fechado e do modelo aberto.

 (16)

**3.3 Emissão de CO2 no sistema econômico**

Assumindo que as emissões de CO2 estão linearmente relacionadas com os requerimentos de energia é possível obter tantos as emissões diretas de carbono, como também as emissões indiretas e totais.

Sendo *c* a matriz dos coeficientes que convertem a utilização de energia em emissões, tal que os elementos da diagonal principal sejam os coeficientes de conversão para cada setor e os demais sejam zero. Podemos reescrever a matriz como sendo:

 (17)

Logo as emissões diretas, totais e indiretas para o modelo aberto serão respectivamente:

 (18)  (19)

 (20)

Já para o modelo fechado, os requerimentos totais e os requerimentos induzidos serão encontrados através das equações (21) e (22), respectivamente.

 (21)  (22)

**3.4 Processo de desagregação setorial da matriz energética nacional**

O Balanço Energético Nacional - BEN é o documento sobre fluxos físicos anuais do setor energético brasileiro publicado regularmente desde 1970 pelo Ministério de Minas e Energia (MME) através da Empresa de Pesquisa de Energia - EPE. A Matriz Energética do BEN está composta por um conjunto total de 47 atividades e 24 fontes de energia. As atividades compreendem a produção, estoques, comércio externo, transformação, distribuição e, o consumo final composto por 22 setores econômicos. Trata-se, portanto, de uma das mais completas e sistematizadas bases continuadas de dados energéticos disponível no país, constituindo-se em uma referência fundamental para qualquer estudo do planejamento do setor energético brasileiro.

Por outro lado, a Matriz Nacional de Insumo-Produto - MIP representa um sistema econômico integrado de fluxos e transferências de insumos e produtos de um setor a outro, para serem processados ou destinados ao consumo final. Sua publicação é de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, tendo como primeira publicação o ano de 1970, apresentando até 1990 uma periodicidade quinquenal. A partir da década de 1990 sua elaboração passou a ser anual. A divulgação apresenta uma defasagem de, no mínimo, três anos por questões de prazo entre a coleta dos dados setoriais e o tempo necessário para sua elaboração e consolidação. Seu uso constitui-se de extrema importância uma vez que permite gerar informações fundamentais para o planejamento econômico nacional, tanto no enfoque macro como no microeconômico.

No Brasil, embora o BEN e a MIP apresentem setores consumidores compatíveis com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0 do IBGE, o nível de agregação é diferente, já que a Matriz Energética do BEN apresenta 22 setores consumidores em unidades físicas e a MIP 56 setores em unidades monetárias. Em decorrência disso, a compatibilização das informações gera um reduzido número de setores consumidores o que afeta os resultados e as análises do sistema.

Para superar esse problema e calcular o impacto do consumo energético no meio ambiente é necessário desagregar setorialmente em 56 setores os dados do BEN, tomando como referência os 56 setores consumidores que apresenta a MIP. Para tal procedimento utilizou-se a metodologia desenvolvida por Montoya *et all* (2013).

Inicialmente, para a compatibilização dos setores consumidores, o método leva em consideração a CNAE 2.0, bem como o grau de homogeneidade de suas atividades. Como resultado se obtém, pelo lado setorial da Matriz energética, uma agregação de 15 grandes setores consumidores com seus respectivos subsetores que perfazem um total de 56, tal qual a estrutura da MIP do país (ANEXO A).

Seguidamente, para estimar o consumo de energia dos 56 subsetores, o método utiliza como fator de expansão o peso dos fluxos monetários da MIP apresentados na Tabela de Recursos e Usos por origem e destino que contém também as importações. A hipótese central é de que o consumo de energia dos subsetores em tep está proporcionalmente relacionado com seus respectivos fluxos monetários contidos na MIP.

Para estabelecer o fator de expansão, o método apresenta duas etapas. A primeira consiste em compatibilizar as fontes de energia da Matriz Energética com os produtos da Tabela de Recursos e Usos da MIP, com o objetivo de identificar em que fluxos dos produtos estão contidos cada fonte de energia. A segunda etapa consiste em estimar uma matriz de coeficientes a ser multiplicada pelos valores do consumo setorial de energia de modo a alocar os valores entre seus subsetores da Matriz Energética Ampliada.

Cabe salientar que uma avaliação mais particularizada das duas bases de dados devidamente compatibilizadas permite verificar que em alguns casos os fluxos de consumo que apresenta a Matriz Energética não são observados na MIP e vice versa. Assim, a utilização total ou parcial da matriz de coeficientes de expansão, de acordo com a disponibilidade e consistência dos dados, permite assumir critérios alternativos que diferenciarão as metodologias de estimação do consumo de energia nos subsetores.

Para este trabalho utilizou-se a proposta metodológica (Base BEN) que apresenta como fator de expansão dois critérios: 1) o consumo de energia de cada setor, em tep, foi multiplicado pelo coeficiente que representa a participação do subsetor no consumo total do setor, em R$ e; 2) na ausência deles, ou seja, para os setores que apresentam consumo de energia, em tep, mas não apresentam coeficientes de expansão, em R$, foi utilizado o coeficiente que representa a participação do subsetor no consumo total da economia, em R$.

Com esses critérios só ocorre consumo da fonte energética se a mesma for observada no BEN. Isso permite manter inalterada a estrutura de consumo setorial publicada pela Empresa de Pesquisa Energética, ou seja, tanto o consumo total de energia como o consumo setorial permanece inalterado. Assim, as informações da Matriz energética estimada para esta pesquisa apresentam 56 setores consumidores de energia, em unidades físicas (mil tep), compatíveis com os 56 setores da MIP.

**3.5 Base de Dados**

A MIP mais recente publicada pelo IBGE refere-se ao ano de 2005. Assim, com fins de estabelecer uma visão mais atualizada da economia brasileira, para esta pesquisa, os dados utilizados foram extraídos da Matriz Insumo-Produto do Brasil de 2009 estimada por Guilhoto e Sesso Filho (2005 e 2010) e da Matriz Energética do Brasil de 2009 (BRASIL-EPE, 2012).

As informações da MIP apresentam 56 setores e 110 produtos, entretanto, com fins de construir a matriz híbrida, a agregação setorial da MIP foi de 53 x 53 setores, uma vez que quatro setores passaram a compor o setor Energético (Petróleo e gás natural, Refino de petróleo e coque, Álcool e, Serviços de Utilidade Pública - SIUP) e dez produtos passaram a constituir o Produto energia (Petróleo e gás natural, Carvão mineral, Gás liquefeito de petróleo, Gasolina automotiva, Gasoálcool, Óleo combustível, Óleo diesel, Outros produtos do refino de petróleo e coque, Álcool e SIUP que incorpora a Eletricidade). Seguidamente, para garantir a consistência dos dados, a Matriz energética estimada também foi agregada em 53 setores conforme a agregação setorial da MIP. Esta agregação setorial que evidencia o setor Energético permite avaliar o uso setorial de energia e suas correspondentes emissões de CO2. Os valores da MIP estão em milhões de reais e adota a tecnologia setor x setor baseada na indústria. Já as informações da Matriz energética estimada estão em mil tep.

Deve-se esclarecer que o consumo final total de energia na Matriz Energética Nacional para o ano de 2009 é da ordem de 220.711 mil tep e ele está dividida em Consumo final não-energético (14.921 mil tep) e em Consumo final energético (205.790 mil tep). Para esta pesquisa, as informações utilizadas compreendem o Consumo final energético, isso porque estamos interessados em avaliar na economia brasileira o consumo energético que libera CO2.

A respeito, os requerimentos e as emissões de CO2 foram estimados por fonte de energia de forma separada, ou seja, na construção da matriz insumo-produto híbrida a substituição da linha dos fluxos do setor energia em unidades monetárias por unidades físicas foi executada uma a uma para cada fonte de energia, de modo que a soma dos requerimentos de energia renovável com os requerimentos da energia não-renovável constituíram o requerimento total de energia do país.

Finalmente, para fazer a conversão dos coeficientes de energia em emissões de CO2 causado pelo consumo setorial de energia na economia foram utilizados os coeficientes de conversão encontrados na Matriz Energética e de Emissões (COEFICIENTE..., 2000). Eles representam a quantidade total de CO2 medido em Gg/1000 tep emitidas na atmosfera.

**4 OS REQUERIMENTOS DE ENERGIA NA ECONOMIA BRASILEIRA**

As informações do Gráfico 1 mostram a composição dos requerimentos totais de energia de cada setor para a economia brasileira.

Os requerimentos diretos representam o consumo de energia inicial na produção para satisfazer a demanda final; os requerimentos indiretos refletem o maior consumo de energia nos fluxos de compras e vendas dos setores para atender a demanda final; e os requerimentos induzidos representam o consumo adicional de energia devido ao aumento da renda que induz o aumento do consumo final das famílias.

De modo geral, observa-se que existem setores mais intensivos e menos intensivos no uso de energia. Para diferenciá-los foram estabelecidos, como parâmetro, os requerimentos totais de um setor acima da média do país. Isso porque o aumento na demanda final de um setor relevante, não somente, aumentará o consumo de energia no próprio setor, mas também, forçará nos demais setores um aumento relativamente mais forte no consumo de energia, de forma indireta e induzida na economia.

**Gráfico1**: Requerimento setorial de energia total, direto, indireto e induzido na economia brasileira no ano de 2009. Em mil tep.



Fonte: Cálculo dos autores

Considerando que a média de requerimento total do país é de 0,1689, verifica-se que doze setores exercem pressão significativa sobre a produção de energia. Dentre eles, destacam-se o próprio setor Energético (0,9366), o setor Cimento (0,5180), o setor Fabricação de aço e derivados (0,4156), o setor Transporte, armazenagem e correio (0,3858), o setor Celulose e produtos de papel (0,3160) e, o setor Produtos de madeira - exclusive móveis (0,3128).

Por exemplo, o setor Energético que utiliza energia nos centros de transformação e nos processos de extração, mostra, conforme o BEN de 2009 (BRASIL-EPE, 2012), que a maior parte do seu consumo está concentrada nas fontes de energia provenientes dos Produtos da cana, Gás natural, Outras Secundárias de Petróleo, Eletricidade e, no Óleo Combustível. Assim, um aumento de um milhão de reais na demanda final, provocará um aumento total de 0,9366 mil tep na produção do próprio setor Energético, o que equivale a 936,6 tep adicionais de consumo de energia. Já o setor Transporte, que utiliza 34,51% da energia do país (Tabela 1), na forma de óleo diesel, gasolina, álcool e querosene como principais insumos de produção, apresenta a quarta maior intensidade de consumidor de energia por unidade de produção. De modo que, o aumento de um milhão de reais na produção do setor de Transporte para atender a demanda final, causa um aumento total de 0,3858 mil tep na produção do setor Energético, o que equivale a 385,8 tep adicionais de consumo de energia.

Logo, em virtude da maior pressão dos doze setores identificados sobre a produção de energia, fica evidente que havendo um eventual crescimento neles, deverá haver, simultaneamente, maiores demandas de investimentos para aumentar a produção do setor Energético.

**4.1 Requerimentos direto e indireto de energia**

Em termos gerais, conforme a Tabela 1, os requerimentos médios diretos (0,0291) e indiretos (0,0701) destacam vinte dois e doze setores, respectivamente, com índices acima da média nacional. Dentre eles emerge principalmente o setor Energético com os maiores requerimentos. Contudo, a capacidade relativa de pressão que os diversos setores da economia podem exercer sobre a produção de energia somente pode ser estabelecida analisando em separado a relação dos requerimentos em termos de efeitos diretos *versus* indiretos que mostra, na produção, o poder de multiplicação tipo I de um setor sobre o consumo de energia e, a relação dos requerimentos direto-indiretos *versus* induzidos que mostram, via efeito-renda das famílias, o poder de multiplicação tipo II de um setor sobre o consumo de energia.

Por exemplo, se na composição dos impactos totais os efeitos diretos, que representam o consumo inicial de energia por unidade de produção, forem pequenos em relação aos efeitos indiretos, que refletem o maior consumo de energia decorrente dos fluxos de compras e vendas dos setores para atender a demanda final, o poder de multiplicação tipo I que exerce um setor sobre o consumo de energia será grande. Assim, setores com alto peso na demanda de energia e que, ao mesmo tempo apresentam uma baixa relação de requerimentos diretos *versus* indiretos tendem a produzir as mais fortes pressões de demanda sobre o setor energético. No outro extremo, estariam setores com baixo peso na demanda de energia e com alta relação requerimentos diretos *versus* indiretos, que, neste caso, produziriam pequenas pressões sobre o setor Energético. Entre ambos os extremos, configuram-se setores com graus variados de importância na pressão que exercem (Ver PEROBELLI, *et all*., 2006).

A Tabela 1 apresenta a decomposição percentual dos requerimentos em seus componentes diretos, indiretos e induzidos, bem como a participação dos setores no consumo de energia do país. A estrutura setorial dos requerimentos da composição direto *versus* indireto se mostra bastante diversificada, contudo a economia brasileira apresenta um padrão diferenciado já que os requerimentos diretos de energia, em média (17,2%), são significativamente menores que os requerimentos indiretos (41,5%). Isto é, a baixa relação requerimentos diretos *versus* indiretos, indica, em termos gerais, que os diversos setores exercem significativa pressão sobre o setor Energético nacional. De fato, Montoya, *et all*., (2013) afirmam que o setor Energético é o principal setor-chave para o crescimento econômico do país, com ligações fortes para frente e para trás, em particular, o setor é fortemente demandado pelos outros setores da economia e seus estímulos sobre os diversas atividades produtivas se dão de maneira abrangente e uniforme.

Nesse contexto, a partir de uma análise mais particularizada, verifica-se que o setor Transporte, armazenagem e correio (34,51%), o próprio setor Energético (13,0%) e, o setor Fabricação de aço e derivados (9,91%) tem um peso significativo no consumo total de energia do país e apresentam as mais baixas relações requerimentos diretos *versus* indiretos, indicando que exercem forte pressão sobre a produção de energia. Embora o setor Agricultura, silvicultura, exploração florestal (3,72%), apresente um peso intermediário no consumo total de energia do país, seguido do setor Celulose e produtos de papel (3,49%) e do setor Cimento (2,02%), a baixa relação de requerimentos diretos *versus* indiretos, assinala que também exercem pressão significativa no consumo de energia.

Note-se que, exceto o setor Agricultura, silvicultura, exploração florestal, os cinco setores que apresentam os maiores requerimentos totais de energia da economia estão contemplados entre os setores com maior poder de multiplicação tipo I. Portanto, se considerarmos que em conjunto esses seis setores respondem por 66,65% do consumo de energia no país, pode-se afirmar que havendo um aumento na demanda final, aumentará muito mais os requerimentos de energia nesses setores do que se houver um aumento de igual magnitude em outros setores da economia, principalmente no setor Transporte.

**4.2 Requerimentos induzido de energia**

Os requerimentos induzidos representam o consumo adicional de energia devido ao aumento do consumo final das famílias decorrente do aumento da renda. Isso porque o aumento do nível de atividade e do emprego para satisfazer a demanda final leva a uma elevação da renda disponível, tanto para os trabalhadores quanto para os empresários. Este aumento de renda gerará um novo aumento na demanda por bens, desta vez ocasionada pelo consumo final das famílias, que finalmente criará um novo adicional de produção no sistema.

**Tabela 1**: Composição do requerimento total de energia da economia brasileira no ano de 2009. Em 1000 tep e percentuais.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **SETORES** | Requerimentos de Energia em 1000 tep | | | | | | | | Participação setorial no consumo de energia em 1000 tep | |
| Direto | | Indireto | | Induzido | | Total | |
| tep | % | tep | % | tep | % | tep | % | % | Ordem |
| 1 Agricultura, silvicultura, exploração florestal | 0,020 | 13,6 | 0,056 | 38,6 | 0,069 | 47,8 | 0,145 | 100 | 3,72 | 5 |
| 2 Pecuária e pesca | 0,022 | 14,9 | 0,053 | 36,4 | 0,070 | 48,6 | 0,145 | 100 | 1,51 | 11 |
| 3 Energético | 0,136 | 14,6 | 0,515 | 55,0 | 0,285 | 30,4 | 0,937 | 100 | 13,09 | 2 |
| 4 Minério de ferro | 0,034 | 20,1 | 0,064 | 38,1 | 0,070 | 41,8 | 0,167 | 100 | 0,69 | 16 |
| 5 Outros da indústria extrativa | 0,036 | 20,7 | 0,077 | 44,0 | 0,062 | 35,3 | 0,176 | 100 | 0,54 | 20 |
| 6 Alimentos e Bebidas | 0,042 | 19,9 | 0,100 | 46,7 | 0,071 | 33,4 | 0,214 | 100 | 11,76 | 3 |
| 7 Produtos do fumo | 0,034 | 25,4 | 0,034 | 25,4 | 0,065 | 49,2 | 0,133 | 100 | 0,03 | 51 |
| 8 Têxteis | 0,018 | 15,5 | 0,036 | 31,4 | 0,061 | 53,2 | 0,115 | 100 | 0,38 | 27 |
| 9 Artigos do vestuário e acessórios | 0,011 | 11,6 | 0,023 | 23,1 | 0,064 | 65,3 | 0,098 | 100 | 0,14 | 37 |
| 10 Artefatos de couro e calçados | 0,021 | 17,2 | 0,036 | 30,3 | 0,063 | 52,4 | 0,120 | 100 | 0,12 | 39 |
| 11 Produtos de madeira - exclusive móveis | 0,059 | 18,9 | 0,173 | 55,3 | 0,081 | 25,9 | 0,313 | 100 | 1,41 | 12 |
| 12 Celulose e produtos de papel | 0,060 | 18,8 | 0,182 | 57,5 | 0,075 | 23,6 | 0,316 | 100 | 3,49 | 6 |
| 13 Jornais, revistas, discos | 0,027 | 20,9 | 0,032 | 25,4 | 0,068 | 53,7 | 0,127 | 100 | 0,21 | 35 |
| 14 Produtos químicos | 0,036 | 18,3 | 0,109 | 55,0 | 0,053 | 26,6 | 0,199 | 100 | 2,83 | 7 |
| 15 Fabricação de resina e elastômeros | 0,035 | 26,4 | 0,054 | 40,0 | 0,045 | 33,6 | 0,134 | 100 | 0,28 | 32 |
| 16 Produtos farmacêuticos | 0,019 | 17,8 | 0,021 | 20,1 | 0,065 | 62,0 | 0,105 | 100 | 0,09 | 45 |
| 17 Defensivos agrícolas | 0,021 | 20,3 | 0,032 | 30,9 | 0,050 | 48,8 | 0,103 | 100 | 0,04 | 50 |
| 18 Perfumaria, higiene e limpeza | 0,027 | 22,2 | 0,034 | 28,1 | 0,060 | 49,7 | 0,120 | 100 | 0,11 | 43 |
| 19 Tintas, vernizes, esmaltes e lacas | 0,026 | 20,7 | 0,040 | 32,4 | 0,059 | 46,9 | 0,125 | 100 | 0,10 | 44 |
| 20 Produtos e preparados químicos diversos | 0,026 | 21,5 | 0,040 | 33,3 | 0,055 | 45,2 | 0,121 | 100 | 0,11 | 42 |
| 21 Artigos de borracha e plástico | 0,023 | 19,2 | 0,040 | 34,4 | 0,054 | 46,4 | 0,118 | 100 | 0,46 | 26 |
| 22 Cimento | 0,070 | 13,5 | 0,358 | 69,2 | 0,090 | 17,3 | 0,518 | 100 | 2,02 | 9 |
| 23 Outros produtos de minerais não-metálicos | 0,054 | 20,7 | 0,135 | 52,3 | 0,070 | 27,0 | 0,259 | 100 | 2,25 | 8 |
| 24 Fabricação de aço e derivados | 0,081 | 19,5 | 0,257 | 61,9 | 0,077 | 18,6 | 0,416 | 100 | 7,91 | 4 |
| 25 Metalurgia de metais não-ferrosos | 0,050 | 19,7 | 0,142 | 55,4 | 0,064 | 24,9 | 0,256 | 100 | 1,80 | 10 |
| 26 Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos | 0,052 | 27,2 | 0,070 | 37,0 | 0,068 | 35,9 | 0,190 | 100 | 1,13 | 14 |
| 27 Máquinas e equipamento, inclusive manutenção e reparos | 0,044 | 28,1 | 0,051 | 32,4 | 0,063 | 39,5 | 0,158 | 100 | 0,51 | 22 |
| 28 Eletrodomésticos | 0,048 | 30,3 | 0,051 | 32,0 | 0,060 | 37,7 | 0,160 | 100 | 0,07 | 48 |
| 29 Máquinas para escritório e equipamento de informática | 0,012 | 13,6 | 0,029 | 33,4 | 0,045 | 53,0 | 0,086 | 100 | 0,08 | 46 |
| 30 Máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 0,035 | 23,5 | 0,053 | 36,2 | 0,059 | 40,2 | 0,147 | 100 | 0,48 | 24 |
| 31 Material eletrônico e equipamento de comunicações | 0,022 | 19,8 | 0,036 | 33,0 | 0,051 | 47,3 | 0,109 | 100 | 0,11 | 41 |
| 32 Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico | 0,018 | 15,9 | 0,027 | 24,9 | 0,065 | 59,1 | 0,110 | 100 | 0,07 | 47 |
| 33 Automóveis, camionetas e utilitários | 0,030 | 20,9 | 0,055 | 39,0 | 0,057 | 40,2 | 0,142 | 100 | 0,47 | 25 |
| 34 Caminhões e ônibus | 0,026 | 18,7 | 0,054 | 39,2 | 0,058 | 42,1 | 0,137 | 100 | 0,12 | 40 |
| 35 Peças e acessórios para veículos automotores | 0,037 | 23,9 | 0,056 | 36,4 | 0,062 | 39,8 | 0,155 | 100 | 0,50 | 23 |
| 36 Outros equipamentos de transporte | 0,025 | 20,4 | 0,044 | 35,8 | 0,054 | 43,8 | 0,123 | 100 | 0,21 | 36 |
| 37 Móveis e produtos das indústrias diversas | 0,037 | 22,9 | 0,059 | 35,8 | 0,068 | 41,3 | 0,164 | 100 | 0,62 | 17 |
| 38 Construção | 0,033 | 24,6 | 0,032 | 23,8 | 0,069 | 51,6 | 0,133 | 100 | 0,52 | 21 |
| 39 Comércio | 0,013 | 13,6 | 0,010 | 10,4 | 0,071 | 75,9 | 0,093 | 100 | 0,55 | 19 |
| 40 Transporte, armazenagem e correio | 0,040 | 10,5 | 0,261 | 67,6 | 0,084 | 21,9 | 0,386 | 100 | 34,51 | 1 |
| 41 Serviços de informação | 0,008 | 9,3 | 0,014 | 15,9 | 0,067 | 74,8 | 0,089 | 100 | 0,36 | 29 |
| 42 Intermediação financeira e seguros | 0,004 | 4,3 | 0,008 | 9,2 | 0,071 | 86,5 | 0,083 | 100 | 0,28 | 33 |
| 43 Serviços imobiliários e aluguel | 0,001 | 1,1 | 0,003 | 3,7 | 0,076 | 95,2 | 0,080 | 100 | 0,05 | 49 |
| 44 Serviços de manutenção e reparação | 0,004 | 4,5 | 0,013 | 14,6 | 0,070 | 80,8 | 0,086 | 100 | 0,03 | 52 |
| 45 Serviços de alojamento e alimentação | 0,020 | 16,5 | 0,032 | 26,9 | 0,067 | 56,6 | 0,118 | 100 | 0,37 | 28 |
| 46 Serviços prestados às empresas | 0,005 | 6,0 | 0,012 | 14,0 | 0,069 | 80,0 | 0,086 | 100 | 0,33 | 31 |
| 47 Educação mercantil | 0,005 | 6,2 | 0,013 | 15,0 | 0,069 | 78,9 | 0,088 | 100 | 0,12 | 38 |
| 48 Saúde mercantil | 0,010 | 10,4 | 0,019 | 19,8 | 0,067 | 69,8 | 0,096 | 100 | 0,34 | 30 |
| 49 Serviços prestados às famílias e associativas | 0,016 | 14,6 | 0,030 | 26,9 | 0,066 | 58,5 | 0,113 | 100 | 1,03 | 15 |
| 50 Serviços domésticos | 0,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,077 | 100,0 | 0,077 | 100 | 0,00 | 53 |
| 51 Educação pública | 0,004 | 4,8 | 0,015 | 16,6 | 0,072 | 78,6 | 0,092 | 100 | 0,58 | 18 |
| 52 Saúde pública | 0,006 | 7,1 | 0,015 | 16,9 | 0,068 | 76,1 | 0,090 | 100 | 0,27 | 34 |
| 53 Administração pública e seguridade social | 0,004 | 4,2 | 0,012 | 13,9 | 0,070 | 81,8 | 0,086 | 100 | 1,15 | 13 |
| **Total** | 1,544 | 17,2 | 3,718 | 41,5 | 3,689 | 41,2 | 8,950 | 100 | 100 |  |
| **Média** | 0,0291 |  | 0,0701 |  | 0,0696 |  | 0,1689 |  |  |  |
| **Multiplicador de Energia** | 1,000 |  | 2,408 |  | 2,389 |  | 5,798 |  |  |  |

Fonte: Cálculo dos autores

Embora se possa argumentar que os requerimentos induzidos são mais dispersos, porque decorrem do aumento da circulação de renda na economia, deve-se salientar que eles não deixam de ser importantes uma vez que os requerimentos de energia podem atingir fortemente setores que aparentemente não apresentam nenhuma relação tecnológica com o setor Energético, mas sim com o consumo das famílias. Assim, a baixa relação de requerimentos diretos-indiretos *versus* requerimentos induzidos permite identificar os setores, com poder de multiplicação tipo II, que exercem maior pressão sobre a produção do setor Energético por conta do consumo das famílias, ou seja, os canais pelos quais as famílias exercem maior pressão sobre o consumo de energia.

A composição setorial de requerimentos direto-indireto *versus* induzidos da economia brasileira, contida na Tabela 1, mostra que o consumo das famílias induz pressão sobre a produção de energia através da maioria dos diversos segmentos que conformam o setor terciário, tais como: Serviços imobiliários e aluguel; Intermediação financeira e seguros; Administração pública e seguridade social; Serviços de manutenção e reparação; Serviços prestados às empresas; Educação mercantil; Educação pública; Saúde pública; Comércio; Serviços de informação; Saúde mercantil e; Serviços prestados às famílias e associativas. Além desses setores note-se também que a relação efeito direto-indireto *versus* induzido, destaca os setores Artigos do vestuário e acessórios; Produtos farmacêuticos; Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico; Jornais, revistas, discos; Máquinas para escritório e equipamento de informática; Têxteis e; Artefatos de couro e calçados. Portanto, pode-se afirmar que as famílias pressionam significativamente a produção de energia quando consomem serviços e bens de uso pessoal.

Cabe destacar que o consumo setorial de energia no país por conta do aumento da renda das famílias é de extrema relevância já que os requerimentos induzidos contribuem com 41,2 % dos requerimentos totais (0,1689 ÷ 0,0696 = 0,41213) e essa contribuição é bem semelhante à dos requerimentos indiretos. Isto é, a média dos requerimentos induzidos (0,0696) é praticamente equivalente à média dos requerimentos indiretos (0,0701) o que destaca a importância do efeito-renda sobre o consumo de energia no país.

Finalmente, os resultados globais dos requerimentos da economia brasileira indicam que, caso se concretize o aumento de um milhão de reais na demanda final, ocorrerá inicialmente um aumento direto no consumo de energia da ordem de 1,544 mil tep, seguido de um consumo indireto de 3,718 mil tep, e um consumo induzido de mil 3,689 mil tep, perfazendo um total de 8,950 mil tep, o que equivale a 8.950 tep adicionais de produção de energia. Nota-se, portanto, que ocorrerá um efeito multiplicador sobre a produção do setor Energético de 5,798 (ou, 8,950 tep ÷ 1,544 tep = 5,798).

**4.3 Requerimentos e dependência setorial por fonte de energia**

Considerando que na economia brasileira ainda predomina a produção e consumo de energia não-renovável, verifica-se, no entanto, na composição da produção de energia primária de 2009 a 2011 (Tabela 2), a presença forte da energia renovável e limpa. Isso porque, os Produtos da cana de açúcar ocupam a segunda posição da energia primária, com uma participação de 18,27% na produção, seguido pela Energia hidráulica com 14,02%, pela Lenha com 10,26%, e por Outras fontes primárias com 4,14%.

**Tabela 2**: Produção de fontes de energia primária no Brasil no período de 2009 a 2011. Em mi tep e percentuais.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fontes de energia primária** | **2009** | | **2010** | | **2011** | | **Média do período** | |
|  | Produção mil tep | % | Produção mil tep | % | Produção mil tep | % | Produção mil tep | % |
| Petróleo | 100.918 | 42,07 | 106.559 | 42,09 | 108.976 | 42,45 | 105.484 | 42,20 |
| Gás natural | 20.983 | 8,75 | 22.771 | 8,99 | 23.888 | 9,30 | 22.547 | 9,02 |
| Carvão vapor | 2.080 | 0,87 | 2.104 | 0,83 | 2.104 | 0,82 | 2.096 | 0,84 |
| Urânio u3o8 | 3.428 | 1,43 | 1.767 | 0,70 | 4.143 | 1,61 | 3.113 | 1,25 |
| **Energia não-renovável total** | **127.409** | **53,12** | **133.201** | **52,61** | **139.112** | **54,18** | **133.241** | **53,30** |
| Energia hidráulica | 33.625 | 14,02 | 34.683 | 13,70 | 36.837 | 14,35 | 35.048 | 14,02 |
| Lenha | 24.609 | 10,26 | 25.997 | 10,27 | 26.322 | 10,25 | 25.643 | 10,26 |
| Produtos da cana | 44.775 | 18,67 | 48.852 | 19,30 | 43.270 | 16,85 | 45.633 | 18,27 |
| Outras fontes primárias | 9.450 | 3,94 | 10.440 | 4,12 | 11.200 | 4,36 | 10.363 | 4,14 |
| **Energia renovável total** | **112.460** | **46,88** | **119.973** | **47,39** | **117.628** | **45,82** | **116.687** | **46,70** |
| **Energia primária total** | **239.869** | **100,00** | **253.174** | **100,00** | **256.740** | **100,00** | **249.927** | **100,00** |

Fonte: Elaborado com base no Balanço Energético Nacional – Brasil-EPE (2012).

Nesse sentido, segundo Brasil-EPE (2013), a matriz energética nacional é uma das mais limpas do mundo, já que enquanto a energia renovável no país responde por 46,70% do total de fontes de energia primária, no mundo e nos países ricos esse percentual não passa de 13% e 8%, respectivamente.

Entretanto, para entender melhor a estrutura do consumo nacional de energia, torna-se necessário uma análise mais desagregada dos requerimentos setoriais por fontes de energia. Com isso, espera-se por um lado, avaliar a intensidade dos setores no uso de energia renovável *versus* energia não-renovável e, por outro, identificar a dependência que apresentam os setores por fonte de energia.

Os requerimento totais por fonte de energia para cada setor encontram-se no Gráfico 2. A fonte de energia renovável está composta pela lenha, Produtos da cana, Outras fontes primárias, Eletricidade, Carvão vegetal e, Álcool etílico anidro e hidratado. Já a fonte de energia não-renovável Derivada do petróleo está compostas pelo Óleo diesel, Óleo combustível, Gasolina, Gás líquido propano e, Querosene. E as Demais fontes de energia não-renováveis está compostas pelo Gás natural, Carvão vapor, Gás de cidade e de coqueria, Coque de carvão mineral e, Alcatrão.

De modo geral, observa-se que existem setores mais intensivos e menos intensivos no uso de energia renovável versus energia não-renovável. O setor Energético (0,283), o setor Celulose e produtos de papel (0,235), o setor Produtos de madeira - exclusive móveis (0,227), o setor Fabricação de aço e derivados (0,147) e, o setor Alimentos e Bebidas (0,138), destacam-se por utilizar com mais intensidade a energia renovável no país.

No outro extremo, os requerimentos totais dos Derivados do petróleo, por sua vez, destacam o setor Cimento (0,356), setor Transporte, armazenagem e correio (0,275), setor Energético (0,242) como aqueles que utilizam com mais intensidade energia fóssil. Já os requerimentos totais das Demais fontes de energia não-renovável, destacam o setor Energético (0,412), setor Fabricação de aço e derivados (0,197).

**Gráfico 2**: Requerimento totais por fonte de energia para cada setor da economia brasileira no ano de 2009. Em mil tep.

Fonte: Cálculo dos autores

Certamente, a substituição de fontes de energia não-renováveis por energia renovável nesses setores é um grande desafio para a economia brasileira. Para isso será preciso definir com clareza as metas de substituição de energia fóssil para cada setor, bem como o papel que cada um deles deverá desempenhar para o crescimento econômico com respeito ao meio ambiente.

Do ponto de vista da energia utilizada na produção, se assumirmos que os requerimentos totais por cada fonte de energia são proporcionais ao total do insumo energético utilizado na produção setorial, pode-se estabelecer o grau de dependência por energia renovável e não-renovável para cada setor (Gráfico 3).

**Gráfico 3**: Participação Relativa das Fontes de Energia Renováveis e Não Renováveis na economia brasileira no ano de 2009. Em percentuais.



Fonte: Cálculo dos autores

O quadro geral da distribuição do consumo por fonte de energia evidencia no país, uma dependência média de 44,09% de energia renovável e dependência de 55,91% por energia não-renovável. Em particular, nas fontes de energia não-renováveis, a energia Derivada do petróleo (38,47%) predomina significativamente sobre as Demais fontes de energia não-renováveis (17,44%).

Em nível setorial, o somatório das proporções dos requerimentos por fonte de energia indica que a maior taxa relativa de dependência de energia não-renovável pertence ao setor Transporte, armazenagem e correio, com 75,74% de seu consumo total, dos quais 71,39%% proveem dos Derivados do petróleo e somente 4,35%, das Demais fontes não-renováveis. O setor Produtos químicos tem a segunda maior proporção de dependência de energia não-renovável (75,58%) e do total de seu consumo de energia não-renovável, 42,27% vem dos Derivados do petróleo e 33,31% das Demais fontes não-renováveis

No outro extremo, encontram-se os setores com elevada dependência por fontes de energia renováveis e mais limpas. Dentre elas destaca-se o setor Celulose e produtos de papel, com 74,27% de seu consumo total, seguido pelo setor Produtos de madeira - exclusive móveis (72,53%) e, pelo setor Alimentos e Bebidas (64,80%).

**5 EMISSÕES SETORIAIS DE CO2 NA ECONOMIA BRASILEIRA**

A fim de compreender melhor o contexto das emissões de carbono na economia brasileira, questiona-se nesta seção: quais são os setores produtivos do país que mais emitem dióxido de carbono (CO2)?

Na Tabela 3, os resultados globais das emissões de gases da economia brasileira para o ano de 2009 indicam que as fontes energéticas utilizadas na produção liberam no meio ambiente 443.860 Gg de CO2. Essas emissões podem ser visualizadas por dois vieses: pelo lado da distribuição setorial e pelo lado da composição de impactos.

A distribuição setorial das emissões mostra o setor Indústria com uma participação relativa de 69,6%, seguido pelos serviços com 27,1% e, pela Agropecuária com somente 3,3%. Assim, pode-se afirmar que as diversas atividades de produção, transformação e processamento que conformam o setor Indústria contribuem com a maioria das emissões de gases “efeito-estufa” no país, uma vez quase 70% das emissões de CO2 concentram-se nelas.

Já a composição das emissões mostra que da totalidade de CO2, 16,0% são resultado das emissões diretas, 28,1%, das emissões indiretas e 55,9% das emissões induzidas. O fato dos impactos induzidos ou efeito-renda gerarem quase 56% das emissões do país deixa em evidência que os gases que mais afetam o meio ambiente são emitidos de forma dispersa pelo consumo adicional das famílias decorrente do aumento da circulação da renda na economia. Assim, fica evidente para os gestores públicos e à sociedade civil que os esforços na redução de emissões deverão não somente abranger todos os setores produtivos da economia brasileira, mas principalmente sobre as preferências do consumo das famílias.

**Tabela 3**: Composição das emissões totais de CO2, participação setorial agregada e multiplicadores de emissões na economia brasileira no ano de 2009. Em Gg de CO2 e percentuais.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Emissão em Gg de CO2** | | | | | | | |
| **Setores** | **Direta** | | **Indireta** | | **Induzida** | | **Total** | |
|  | **Gg** | **%** | **Gg** | **%** | **Gg** | **%** | **Gg** | **%** |
| Agropecuária | 2.088 | 0,5 | 2.994 | 0,7 | 9.636 | 2,2 | 14.718 | 3,3 |
| Indústria | 58.801 | 13,2 | 84.777 | 19,1 | 165.325 | 37,2 | 308.903 | 69,6 |
| Serviços | 10.253 | 2,3 | 36.793 | 8,3 | 73.193 | 16,5 | 120.239 | 27,1 |
| Total | 71.142 | 16,0 | 124.565 | 28,1 | 248.153 | 55,9 | 443.860 | 100,0 |
| **Multiplicadores** |  |  | **Tipo I** | | **Efeito-Renda** | | **Tipo II** | |
| Multiplicador de Emissões da Agropecuária | 1 |  | 1,434 |  | 4,614 |  | 7,048 |  |
| Multiplicador de Emissões da Indústria | 1 |  | 1,442 |  | 2,812 |  | 5,253 |  |
| Multiplicador de Emissões dos Serviços | 1 |  | 3,589 |  | 7,139 |  | 11,727 |  |
| Multiplicador de Emissões | 1 |  | 1,751 |  | 3,488 |  | 6,239 |  |

Fonte: Cálculo dos autores

A composição das emissões permite derivar os multiplicadores tipo I e II, que mostra a relevância das emissões de cada setor, por cada unidade produzida para a demanda final, bem como também permite esclarecer melhor o mecanismo pelo qual ocorre o maior volume de emissões de CO2 na economia brasileira. Por exemplo, considerando que a emissão inicial ou direta para satisfazer a demanda final foi de 71.142 Gg de CO2 e a emissão total foi de 443.860 Gg de CO2, verifica-se que ocorreu um efeito multiplicador de emissões tipo II na economia brasileira da ordem de 6,239 (ou seja, 443.860 Gg de CO2 ÷ 71.142 Gg de CO2 = 6,239).

Note-se que embora o setor Indústria contribua com a maior parcela das emissões de CO2, os multiplicadores mostram que as diversas atividades que compõem o setor Serviços constituem-se nos principais canais de emissões de CO2 da economia, seguidos da Agropecuária e da Indústria. Isso porque, além dos multiplicadores de emissões tipo I (3,589) e tipo II (11,727) do setor Serviços se destacarem sobre todos os setores da economia, principalmente o efeito-renda das famílias (7,139%) é significativamente preponderante.

Nesse contexto, uma análise setorial mais desagregada se torna necessária para identificar os principais setores que emitem CO2 na economia do país. A Tabela 4 mostra a composição setorial das emissões, bem como a participação de cada setor no volume de emissões geradas.

**Tabela 4:** Emissões setoriais diretas, indiretas e induzidas de CO2 e participação setorial nas emissões totais na economia brasileira no ano de 2009. Em Gg de CO2 e percentuais.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **SETORES** | **Emissões em Gg de CO2** | | | | | | | | **Participação setorial nas Emissões Totais Gg de CO2** | |
| **Diretas** | | **Indiretas** | | **Induzidas** | | **Total** | |
| Gg | % | Gg | % | Gg | % | Gg | % | % | Ordem |
| 1 Agricultura, silvicultura, exploração florestal | 850 | 12,1 | 1.372 | 19,5 | 4.798 | 68,3 | 7.020 | 100 | 1,58 | 20 |
| 2 Pecuária e pesca | 1.239 | 16,1 | 1.622 | 21,1 | 4.837 | 62,8 | 7.698 | 100 | 1,73 | 14 |
| 3 Energético | 6.758 | 17,7 | 14.593 | 38,2 | 16.816 | 44,1 | 38.166 | 100 | 8,60 | 2 |
| 4 Minério de ferro | 2.797 | 30,9 | 1.401 | 15,5 | 4.841 | 53,6 | 9.040 | 100 | 2,04 | 8 |
| 5 Outros da indústria extrativa | 2.735 | 31,8 | 1.568 | 18,2 | 4.297 | 50,0 | 8.600 | 100 | 1,94 | 9 |
| 6 Alimentos e Bebidas | 2.518 | 18,0 | 6.689 | 47,9 | 4.755 | 34,1 | 13.961 | 100 | 3,15 | 5 |
| 7 Produtos do fumo | 1.486 | 20,0 | 1.466 | 19,7 | 4.487 | 60,3 | 7.439 | 100 | 1,68 | 17 |
| 8 Têxteis | 887 | 14,6 | 1.016 | 16,7 | 4.167 | 68,6 | 6.070 | 100 | 1,37 | 34 |
| 9 Artigos do vestuário e acessórios | 530 | 9,1 | 927 | 15,9 | 4.368 | 75,0 | 5.825 | 100 | 1,31 | 40 |
| 10 Artefatos de couro e calçados | 1.147 | 16,7 | 1.475 | 21,5 | 4.251 | 61,8 | 6.872 | 100 | 1,55 | 25 |
| 11 Produtos de madeira - exclusive móveis | 1.945 | 20,0 | 2.554 | 26,3 | 5.231 | 53,8 | 9.730 | 100 | 2,19 | 7 |
| 12 Celulose e produtos de papel | 2.444 | 21,9 | 3.966 | 35,6 | 4.739 | 42,5 | 11.149 | 100 | 2,51 | 6 |
| 13 Jornais, revistas, discos | 998 | 15,0 | 1.072 | 16,1 | 4.601 | 69,0 | 6.671 | 100 | 1,50 | 27 |
| 14 Produtos químicos | 1.328 | 19,4 | 1.930 | 28,2 | 3.583 | 52,4 | 6.841 | 100 | 1,54 | 26 |
| 15 Fabricação de resina e elastômeros | 1.192 | 21,0 | 1.427 | 25,1 | 3.057 | 53,9 | 5.676 | 100 | 1,28 | 42 |
| 16 Produtos farmacêuticos | 1.237 | 18,7 | 927 | 14,0 | 4.439 | 67,2 | 6.603 | 100 | 1,49 | 30 |
| 17 Defensivos agrícolas | 855 | 15,2 | 1.342 | 23,8 | 3.432 | 61,0 | 5.629 | 100 | 1,27 | 43 |
| 18 Perfumaria, higiene e limpeza | 1.454 | 21,0 | 1.420 | 20,5 | 4.057 | 58,5 | 6.931 | 100 | 1,56 | 23 |
| 19 Tintas, vernizes, esmaltes e lacas | 1.029 | 16,2 | 1.279 | 20,2 | 4.033 | 63,6 | 6.340 | 100 | 1,43 | 32 |
| 20 Produtos e preparados químicos diversos | 986 | 16,4 | 1.304 | 21,7 | 3.718 | 61,9 | 6.008 | 100 | 1,35 | 37 |
| 21 Artigos de borracha e plástico | 1.015 | 16,8 | 1.286 | 21,3 | 3.739 | 61,9 | 6.039 | 100 | 1,36 | 35 |
| 22 Cimento | 3.526 | 22,1 | 5.451 | 34,2 | 6.983 | 43,8 | 15.960 | 100 | 3,60 | 3 |
| 23 Outros produtos de minerais não-metálicos | 1.554 | 18,2 | 2.360 | 27,7 | 4.616 | 54,1 | 8.531 | 100 | 1,92 | 10 |
| 24 Fabricação de aço e derivados | 2.890 | 20,3 | 6.725 | 47,3 | 4.590 | 32,3 | 14.205 | 100 | 3,20 | 4 |
| 25 Metalurgia de metais não-ferrosos | 1.948 | 23,1 | 2.188 | 26,0 | 4.295 | 50,9 | 8.431 | 100 | 1,90 | 11 |
| 26 Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos | 1.723 | 21,6 | 1.713 | 21,5 | 4.523 | 56,8 | 7.958 | 100 | 1,79 | 12 |
| 27 Máquinas e equipamento, inclusive manutenção e reparos | 1.538 | 20,6 | 1.765 | 23,6 | 4.173 | 55,8 | 7.477 | 100 | 1,68 | 16 |
| 28 Eletrodomésticos | 1.853 | 24,0 | 1.859 | 24,1 | 3.998 | 51,9 | 7.710 | 100 | 1,74 | 13 |
| 29 Máquinas para escritório e equipamento de informática | 775 | 15,2 | 1.220 | 24,0 | 3.092 | 60,8 | 5.088 | 100 | 1,15 | 53 |
| 30 Máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 1.393 | 20,2 | 1.534 | 22,2 | 3.973 | 57,6 | 6.901 | 100 | 1,55 | 24 |
| 31 Material eletrônico e equipamento de comunicações | 1.209 | 19,7 | 1.442 | 23,5 | 3.496 | 56,9 | 6.147 | 100 | 1,38 | 33 |
| 32 Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico | 753 | 12,5 | 873 | 14,5 | 4.407 | 73,0 | 6.034 | 100 | 1,36 | 36 |
| 33 Automóveis, camionetas e utilitários | 1.332 | 18,5 | 2.049 | 28,4 | 3.832 | 53,1 | 7.213 | 100 | 1,63 | 19 |
| 34 Caminhões e ônibus | 1.159 | 16,6 | 1.949 | 27,9 | 3.873 | 55,5 | 6.981 | 100 | 1,57 | 22 |
| 35 Peças e acessórios para veículos automotores | 1.364 | 18,7 | 1.838 | 25,1 | 4.110 | 56,2 | 7.313 | 100 | 1,65 | 18 |
| 36 Outros equipamentos de transporte | 818 | 14,1 | 1.394 | 24,0 | 3.593 | 61,9 | 5.804 | 100 | 1,31 | 41 |
| 37 Móveis e produtos das indústrias diversas | 994 | 14,2 | 1.498 | 21,4 | 4.501 | 64,4 | 6.993 | 100 | 1,58 | 21 |
| 38 Construção | 630 | 9,6 | 1.276 | 19,4 | 4.661 | 71,0 | 6.566 | 100 | 1,48 | 31 |
| 39 Comércio | 1.306 | 19,6 | 490 | 7,4 | 4.859 | 73,0 | 6.655 | 100 | 1,50 | 28 |
| 40 Transporte, armazenagem e correio | 2.885 | 7,5 | 29.203 | 75,8 | 6.451 | 16,7 | 38.539 | 100 | 8,68 | 1 |
| 41 Serviços de informação | 657 | 11,2 | 656 | 11,2 | 4.549 | 77,6 | 5.861 | 100 | 1,32 | 38 |
| 42 Intermediação financeira e seguros | 247 | 4,5 | 347 | 6,3 | 4.871 | 89,1 | 5.464 | 100 | 1,23 | 48 |
| 43 Serviços imobiliários e aluguel | 52 | 1,0 | 108 | 2,0 | 5.170 | 97,0 | 5.329 | 100 | 1,20 | 51 |
| 44 Serviços de manutenção e reparação | 136 | 2,5 | 504 | 9,4 | 4.733 | 88,1 | 5.373 | 100 | 1,21 | 50 |
| 45 Serviços de alojamento e alimentação | 1.430 | 18,9 | 1.581 | 20,9 | 4.537 | 60,1 | 7.547 | 100 | 1,70 | 15 |
| 46 Serviços prestados às empresas | 367 | 6,6 | 537 | 9,6 | 4.699 | 83,9 | 5.603 | 100 | 1,26 | 45 |
| 47 Educação mercantil | 407 | 7,3 | 469 | 8,4 | 4.726 | 84,4 | 5.602 | 100 | 1,26 | 46 |
| 48 Saúde mercantil | 570 | 9,8 | 702 | 12,0 | 4.556 | 78,2 | 5.827 | 100 | 1,31 | 39 |
| 49 Serviços prestados às famílias e associativas | 1.305 | 19,7 | 847 | 12,8 | 4.464 | 67,5 | 6.616 | 100 | 1,49 | 29 |
| 50 Serviços domésticos | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 5.261 | 100,0 | 5.261 | 100 | 1,19 | 52 |
| 51 Educação pública | 274 | 4,9 | 378 | 6,8 | 4.905 | 88,3 | 5.557 | 100 | 1,25 | 47 |
| 52 Saúde pública | 386 | 6,9 | 575 | 10,3 | 4.643 | 82,9 | 5.603 | 100 | 1,26 | 44 |
| 53 Administração pública e seguridade social | 232 | 4,3 | 397 | 7,4 | 4.771 | 88,3 | 5.400 | 100 | 1,22 | 49 |
| **Total** | 71.142 | 16,0 | 124.565 | 28,1 | 248.153 | 55,9 | 443.860 | 100 | 100,00 |  |

Fonte: Cálculo dos autores

A quantidade de carbono embutido na produção dos diversos setores da economia revela que o setor Transporte, armazenagem e correio contribuiu com 8,68% (ou 38.539 Gg de CO2) do total de emissões do país, seguido de perto pelo setor Energético que contribuiu com 8,60% (ou 38.166 Gg de CO2). Os setores Cimento (3,60%), Fabricação de aço e derivados (3,20%) e, Alimentos e Bebidas (3,15%), também apresentam destaque nas emissões de CO2. Fica evidente, portanto, que esses cinco setores, por um lado, são os que mais liberam CO2 em sua produção e, por outro, que em conjunto concentram 27,23% das emissões do país. Os demais setores apresentam participações menores nas emissões, no entanto, em conjunto tais setores apresentam importantes externalidades negativas que devem ser tratadas com responsabilidade direcionada para restringir emissões e substituir os combustíveis fósseis.

Entretanto, a composição das emissões de dióxido de carbono de cada setor, em termos de emissões diretas *versus* indiretas (Tabela 4), associado à participação relativa nas emissões totais do país, destaca o setor Transporte, armazenagem e correio com maior poder de multiplicação nas emissões de CO2. Isso porque detêm o maior peso (8,68%) na emissão total de carbono e apresenta a mais baixa relação de emissões diretas *versus* indiretas.

No outro extremo, encontra-se o setor Energético (8,60%), o setor Cimento (3,60%) e, o setor Fabricação de aço e derivados (3,20%) que além de ter em conjunto um peso (14,40%) significativo na emissão total de carbono, apresentam alta relação de emissões diretas *versus* indiretas, o que indicam nesses setores baixos multiplicadores tipo I nas emissões de CO2.

**5.1 Emissões setoriais de CO2 por fonte de energia**

Estabelecidos os setores que mais contribuem com as emissões de CO2 na economia brasileira, resta identificar as fontes de energia que mais contribuem com os gases “efeito-estufa”. As informações da Tabela 5 mostram os resultados das emissões por fontes de energia, bem como por tipo de impactos e multiplicadores que eles implicam.

De modo geral observa-se que as fontes de energia não-renováveis, compostas pelos derivados do petróleo e Demais fontes não-renováveis, contribuem com 72,5% das emissões de CO2 e as fontes renováveis com 27,5%.

Note-se que as emissões induzidas das fontes não-renováveis (175.358 Gg de CO2) respondem por 54,5% de suas emissões, o que equivale a 39,5% das emissões totais do país. Assim, pode-se afirmar que o consumo das famílias via efeito-renda pressiona de forma dispersa e significativa as emissões de fontes não-renováveis.

Em termos relativos, o multiplicador tipo II (7,288) e o efeito-renda (4,340) destacam principalmente as emissões renováveis sobre as outras fontes, o que de certa forma sugere no consumo de energia induzido para satisfazer a demanda final o uso mais intenso de energia renovável por unidade produzida.

**Tabela 5**: Composição das emissões totais de CO2 por fonte de energia, participação relativa e multiplicadores de emissões na economia brasileira no ano de 2009. Em Gg de CO2 e percentuais.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Emissão em Gg de CO2** | | | | | | | | | | |
| **Fontes de Energias e Multiplicadores** | **Direta** | | **Indireta** | | | **Induzida** | | | **Total** | | |
|  | **Gg** | **%** | **Gg** | | **%** | **Gg** | | **%** | **Gg** | | **%** |
| Fontes renováveis | 16.774 | 3,8 | 32.671 | | 7,4 | 72.795 | | 16,4 | 122.240 | | 27,5 |
| Fontes não-renováveis dos derivados do petróleo (A) | 48.890 | 11,0 | 79.741 | | 18,0 | 170.994 | | 38,5 | 299.626 | | 67,5 |
| Fontes das Demais fontes não-renováveis (B) | 5.478 | 1,2 | 12.153 | | 2,7 | 4.363 | | 1,0 | 21.994 | | 5,0 |
| Total fonte não-renovável = (A + B) | 54.368 | 12,2 | 91.894 | | 20,7 | 175.358 | | 39,5 | 321.620 | | 72,5 |
| Total Fontes de Energia | 71.142 | 16,0 | 124.565 | | 28,1 | 248.153 | | 55,9 | 443.860 | | 100,0 |
| **Multiplicadores** |  |  | **Tipo I** | | | **Efeito-Renda** | | | **Tipo II** | | |
| Multiplicador de Emissões das fontes renováveis | 1 |  | 1,948 |  | | 4,340 |  | | 7,288 |  | |
| Multiplicador de Emissões das fontes não-renováveis | 1 |  | 1,690 |  | | 3,225 |  | | 5,916 |  | |
| Multiplicador de Emissões | 1 |  | 1,751 |  | | 3,488 |  | | 6,239 |  | |

Fonte: Cálculo dos autores

Entretanto, cabe manifestar que as emissões renováveis devem ser vistas num contexto ecologicamente mais correto, já que conforme o Balanço Energético Nacional (BRASIL-EPE, 2012) no período de 2009 a 2011, em média, 63,33% (ou 39.298 Gg de CO2) do consumo final de fontes renováveis constitui-se por biomassa e 36,67% (ou 67.863 Gg de CO2) por eletricidade. Embora com a queima do bagaço da cana, casca de arroz, madeira e álcool se libere abundante emissão de CO2 pela combustão da biomassa, este também é minimizado pela absorção das plantas durante seu crescimento, no processo de fotossíntese, o que ajuda a controlar o “efeito estufa” global. Portanto, o centro das atenções para diminuir emissões passam a ser as fontes de energia não-renováveis.

**6 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES FINAIS**

Este artigo teve como objetivos desagregar o consumo setorial da Matriz Energética do BEN de 2009 para logo, com base na construção de um modelo insumo-produto híbrido de 53 setores, mensurar e avaliar os requerimentos setoriais e as emissões de CO2 por fontes de energia renovável e não-renovável.

Os índices de requerimentos totais evidenciaram que o setor Energético utiliza com maior intensidade o insumo energia na economia brasileira e, a relação requerimentos diretos *versus* indiretos, associado à importância relativa dos setores no consumo total de energia do país, destacam, principalmente, o setor Transporte, armazenagem e correio, o próprio setor Energético e, o setor Fabricação de aço e derivados como os que mais exercem pressão sobre o consumo de energia. Trata-se, portanto, de setores nos quais o aumento na demanda final, forçará um aumento relativamente mais acentuado de consumo de energia nos demais setores e, portanto, no aumento do consumo de energia do país.

Verificou-se também pela dimensão elevada do requerimento induzido do país, que o consumo setorial de energia por conta do aumento da renda das famílias é de extrema relevância. Nesse sentido, a relação dos requerimentos direto-indiretos *versus* induzidos mostraram que os canais pelos quais as famílias exercem maior pressão sobre o consumo de energia são majoritariamente os segmentos que conformam o setor Terciário e, alguns setores que produzem bens de uso pessoal.

Em termos agregados, a composição do requerimento total de energia na economia assinala que, por cada milhão produzido para a demanda final, na primeira rodada, são consumidos ou gerados 3,408 mil tep de energia no país (multiplicador tipo I) e, na segunda rodada, com o aumento da renda das famílias, o consumo de energia por milhão produzido aumenta 41,22%, passando para 5,798 mil tep (multiplicador tipo II).

O quadro geral dos índices de dependência por fonte de energia no país evidenciou, em média, que 44,09% de energia utilizada pelos setores é renovável e 55,91% é não-renovável. Em particular, a maior taxa relativa de dependência de energia não-renovável pertence ao setor Transporte, armazenagem e correio, ao setor Produtos químicos, setor Cimento, setor Energético e, o setor Minério de ferro. Já dentre os setores com elevada dependência por fontes de energia renováveis e mais limpas, destacaram-se, principalmente, o setor Celulose e produtos de papel, o setor Produtos de madeira e, o setor Alimentos e Bebidas.

A avaliação dos impactos ambientais decorrentes do consumo de energia mostrou que as diversas atividades de produção, transformação e processamento que conformam o setor Indústria contribuem com quase 70% das emissões de gases “efeito-estufa” no país. Entretanto, pelo fato da composição das emissões mostrarem majoritariamente emissões induzidas, verificou-se que os gases que mais afetam o meio ambiente são emitidos de forma dispersa no sistema econômico pelo consumo adicional das famílias, principalmente, conforme mostram os multiplicadores de emissões, através dos serviços. Assim, fica evidente que os esforços na redução de emissões deverão não somente abranger os setores produtivos da indústria, mas principalmente as preferências e o comportamento do consumidor.

Em nível setorial, verificou-se, através das emissões diretas *versus* indiretas, associado à participação relativa nas emissões totais do país, que o setor Transporte, armazenagem e correio, além de emitir a maior quantidade de CO2, detêm o maior poder de multiplicação nas emissões setoriais.

As emissões setoriais de CO2 por fonte de energia permitiram verificar que as fontes de energia não-renováveis, contribuem com 72,5% das emissões de CO2 e as fontes renováveis com 27,5%, sendo que 54,5% emissões das fontes não-renováveis são geradas de forma induzidas, ou seja, o consumo das famílias por conta do aumento da renda pressionam de forma significativa as emissões de energia não-renováveis na economia brasileira.

Em suma, os resultados desta pesquisa, ao identificar os setores mais intensivos no uso de energia, bem como os que mais emitem CO2, permitiram compreender melhor a abrangência do setor energético e seus impactos ambientais. Certamente as informações encontradas fornecem subsídios para direcionar em setores específicos políticas que restrinjam a emissão de CO2 nos próximos anos. Portanto, o desafio atual se traduz em como conciliar o crescimento econômico de alta produtividade com respeito ao meio ambiente. Deve-se destacar também, que as informações geradas assinalam claramente que a busca do desenvolvimento sustentável requer mudanças no comportamento dos consumidores e das empresas no sentido de abandonar atitudes e tecnologias que degradem o meio ambiente.

**REFERÊNCIAS**

ANGELO, L. C.; RAMOS F. S**. Previsão do impacto de racionamento de energia sobre a economia pernambucana a partir da experiência de 2001/2002**: uma análise de insumo-produto. Argentina - Buenos Aires: CIDEL, 2010. Disponível em: <http://www.cidel2010.com>. Acesso em: 15 jun. 2013.

**BERS- BALANÇO ENERGÉTICO DO RIO GRANDE DO SUL – 2010**: ano base 2009. Gilberto José Capeletto e Gustavo Humberto Zanchi de Moura. POA, Grupo CEEE/Secretaria de infra-estrutura e logística do Rio Grande do Sul, 2010. 240p.

BRASIL-EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA **Balanço Energético Nacional 2012:** Ano base 2011. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2012.

BRASIL-EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE** 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>. Acesso em: 19 abr. 2013.

BULLARD, C.W.; HERENDEEN, R.A. The energy cost of goods and services*.* **Energy Policy**, v. 3, n. 4, p. 268-278, dez. 1975.

CARNEIRO; A. C. G.; FIGUEIREDO, N. R. M.; ARAÚJO JÚNIOR, I. T. **Utilização da matriz insumo-produto híbrida para avaliar os efeitos da substituição de óleo combustível por gás natural na matriz energética brasileira.** Disponível em: <[http//www.anpec.org.br/encontro2009>.](http://WWW.anpec.org.br/encontro2009.%20Acesso%20em%2006/06/2011) Acesso em: 06 Jun. 2011.

CARVALHO, T. S.; PEROBELLI, F. S**.** Avaliação da intensidade de emissões de CO2 setoriais e na estrutura de exportações: um modelo inter-regional de insumo-produto São Paulo/restante do Brasil. **Aracajú: ENABER**, 2008.

CASLER, S. D e BLAIR, P. D**.** Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions**. Ecological Economics.** 22: 19-27. 1997.

COEFICIENTE da matriz de emissões: Projeto “fornecimento de instrumentos de avaliação de emissões de gases de efeito estufa acoplados a uma matriz energética”. **Economia & Energia**, n. 24, 2000. Disponível em:<http://ecen.com/matriz/eee24>. Acesso em: 30 out. 2007.

FIGUEIREDO, N. R. M.; ARAÚJO JUNIOR, I. T.; PEROBELLI, F. S. **Construção da matriz de insumo-produto híbrida para o estado de Pernambuco e avaliação da intensidade energética e de emissões de CO2 setorial.** Disponível em: <http://[www.bnb.gov.br](http://WWW.bnb.gov.br)>. Acesso em: 24 jun. 2011.

FIRME,V.A.C.;PEROBELLI,F.S. Evolução estrutural do setor energético brasileiro 1997- 2002*.* **Aracajú: ENABER**, 2008.

FIRME,V.A.C.;PEROBELLI,F.S. O setor energético brasileiro: uma analise via indicadores de insumo-produto e modelo híbrido para os anos de 1997- 2002*.* **Planejamento e politica pública – PPP**, n. 39, jul/dez, 2012.

GUILHOTO, J.J.M., U.A. SESSO FILHO. “Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005”. **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, Vol 23, Out 2010.

GUILHOTO, J.J.M.; SESSO FILHO, U.A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**. v. 9. n. 2. p. 277-299. abr-jun. 2005.

HAWDON, D.; PEARSON, P.J. Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK. **Energy Economics**, v. 17, n. 1, p. 73-86, jan. 1995.

HILGEMBERG, E.M.; GUILHOTO, J.J.M. Uso de combustíveis e emissões de CO2 no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. Belo Horizonte: **Nova Economia**, v. 16, n. 1, p. 49-99, abr., 2006.

**IEO - INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2009**. Disponível em: <http//www.eia.doe.gov>. Acesso em: 11 jun. 2011.

MILLER, E.R.; BLAIR, D.P. **Input–Output Analysis: foundations and extensions**. New York: Cambridge University Press, 2009. 750p.

MONTOYA, M, A.; LOPES, R, L.; GUILHOTO, J, J, M. Desagregação Setorial do Balanço Energético Nacional a Partir dos Dados da Matriz Insumo-Produto: Uma Avaliação Metodológica. **NEREUS**. São Paulo – SP. TD Nereus 5. 2013. Disponível em <<http://www.usp.br/nereus/?td=nova-serie>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

MONTOYA, M, A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R, L. GUILHOTO, J, J, M. Importância do Setor Energético para o Crescimento da Economia Brasileira: uma abordagem insumo-produto. **Texto para Discussão**. Passo Fundo – RS. TD FEAC–UPF Nº 05. 2013. Disponível em <http://www.upf.br/cepeac/images/stories/texto\_discussao\_05\_2013.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2013.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; COSTA, T. V. M.; GUILHOTO, J. J. M. Consumo setorial de combustíveis e emissões de dióxido de carbono (CO2) na economia do Rio Grande do Sul: uma abordagem insumo-produto híbrida. **Texto para Discussão**. Passo Fundo – RS. TD FEAC–UPF Nº 06. 2013. Disponível em o <http://www.upf.br/cepeac/images/stories/texto\_discussao\_06\_2013.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2013.

PEROBELLI, F. S.; MATTOS, R. S.; FARIA, W. R. **A interdependência energética entre o estado de Minas Gerais e o restante do Brasil:** uma análise inter-regional de insumo-produto, 2006.Disponível em: <http//www.cedeplar.ufmg.br>. Acesso em: 08 jun. 2011.

SANTIAGO, S. F.; CARVALHO, T. S.; PEROBELLI, F. S. **Análise setorial da intensidade de emissões de CO2 e na estrutura de exportações:** um modelo regional de insumo-produto para minas gerais. ANPEC, 2010. Disponível em: <http://[www.anpec.org.br/encontro2010>. Acesso em: 24 jun. 2011](http://www.anpec.org.br/encontro2010%3e.%20Acesso%20em:%2024%20jun.%202011).

WCED. **Nosso futuro comum**. 1. Ed. brasileira. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

**ANEXO A:** Agregação e compatibilização setorial para o ano de 2009 entre a MIP e a Matriz energética do Brasil.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Agregação Grandes Setores | COMPATIBILIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DO BRASIL | | | | |
| MIP BRASIL 2009 | | | MATRIZ ENERGETICA DO BRASIL 2009 | |
| Setores | Nível 80 | DESCRIÇÃO ATIVIDADES | Código | DESCRIÇÃO ATIVIDADES |
| I | 1 | 0101 | Agricultura, silvicultura, exploração florestal. | 11.2.5 | Agropecuários |
|  | 2 | 0102 | Pecuária e pesca | 11.2.5 | Agropecuários |
| II | 3 | 0201 | Petróleo e gás natural | 11.2.1 | Energético |
|  | 14 | 0309 | Refino de petróleo e coque | 11.2.1 | Energético |
|  | 15 | 0310 | Álcool | 11.2.1 | Energético |
|  | 40 | 0401 | Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana. | 11.2.1 | Energético |
| III | 4 | 0202 | Minério de ferro | 11.2.7.4 | Mineração e Pelotização |
|  | 5 | 0203 | Outros da indústria extrativa | 11.2.7.4 | Mineração e Pelotização |
| IV | 6 | 0301 | Alimentos e Bebidas | 11.2.7.7 | Alimentos e Bebidas |
|  | 7 | 0302 | Produtos do fumo | 11.2.7.7 | Alimentos e Bebidas |
| V | 8 | 0303 | Têxteis | 11.2.7.8 | Têxtil |
|  | 9 | 0304 | Artigos do vestuário e acessórios | 11.2.7.8 | Têxtil |
|  | 10 | 0305 | Artefatos de couro e calçados | 11.2.7.8 | Têxtil |
| VI | 11 | 0306 | Produtos de madeira - exclusive móveis | 11.2.7.9 | Papel e Celulose |
|  | 12 | 0307 | Celulose e produtos de papel | 11.2.7.9 | Papel e Celulose |
|  | 13 | 0308 | Jornais, revistas, discos | 11.2.7.9 | Papel e Celulose |
| VII | 16 | 0311 | Produtos químicos | 11.2.7.6 | Química |
|  | 17 | 0312 | Fabricação de resina e elastômeros | 11.2.7.6 | Química |
|  | 18 | 0313 | Produtos farmacêuticos | 11.2.7.6 | Química |
|  | 19 | 0314 | Defensivos agrícolas | 11.2.7.6 | Química |
|  | 20 | 0315 | Perfumaria, higiene e limpeza. | 11.2.7.6 | Química |
|  | 21 | 0316 | Tintas, vernizes, esmaltes e lacas. | 11.2.7.6 | Química |
|  | 22 | 0317 | Produtos e preparados químicos diversos | 11.2.7.6 | Química |
|  | 23 | 0318 | Artigos de borracha e plástico | 11.2.7.6 | Química |
| VIII | 24 | 0319 | Cimento | 11.2.7.1 | Cimento |
| IX | 25 | 0320 | Outros produtos de minerais não metálicos | 11.2.7.10 | Cerâmica |
| X | 26 | 0321 | Fabricação de aço e derivados | 11.2.7.3 | Ferroligas |
|  |  |  |  | 11.2.7.2 | Ferro-gusa e Aço |
| XI | 27 | 0322 | Metalurgia de metais não-ferrosos | 11.2.7.5 | Não- Ferrosos e Outros Metálicos |
|  | 28 | 0323 | Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos | 11.2.7.5 | Não- Ferrosos e Outros Metálicos |
| XII | 29 | 0324 | Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos. | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 30 | 0325 | Eletrodomésticos | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 31 | 0326 | Máquinas para escritório e equipamentos de informática | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 32 | 0327 | Máquinas, aparelhos e materiais elétricos. | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 33 | 0328 | Material eletrônico e equipamentos de comunicações | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 34 | 0329 | Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico. | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 35 | 0330 | Automóveis, camionetas e utilitários. | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 36 | 0331 | Caminhões e ônibus | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 37 | 0332 | Peças e acessórios para veículos automotores | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 38 | 0333 | Outros equipamentos de transporte | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 39 | 0334 | Móveis e produtos das indústrias diversas | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
|  | 41 | 0501 | Construção | 11.2.7.11 | Outras indústrias |
| XIII | 42 | 0601 | Comércio | 11.2.3 | Comercial |
|  | 44 | 0801 | Serviços de informação | 11.2.3 | Comercial |
|  | 45 | 0901 | Intermediação financeira e seguros. | 11.2.3 | Comercial |
|  | 46 | 1001 | Serviços imobiliários e aluguel | 11.2.3 | Comercial |
|  | 47 | 1101 | Serviços de manutenção e reparação | 11.2.3 | Comercial |
|  | 48 | 1102 | Serviços de alojamento e alimentação | 11.2.3 | Comercial |
|  | 49 | 1103 | Serviços prestados às empresas | 11.2.3 | Comercial |
|  | 50 | 1104 | Educação mercantil | 11.2.3 | Comercial |
|  | 51 | 1105 | Saúde mercantil | 11.2.3 | Comercial |
|  | 52 | 1106 | Serviços prestados às famílias e associativas | 11.2.3 | Comercial |
|  | 53 | 1107 | Serviços domésticos | 11.2.3 | Comercial |
| XIV | 43 | 0701 | Transporte, armazenagem e correio. | **11.2.6** | Transporte Total |
| XV | 54 | 1201 | Educação pública | 11.2.4 | Público |
|  | 55 | 1202 | Saúde pública | 11.2.4 | Público |
|  | 56 | 1203 | Administração pública e seguridade social | 11.2.4 | Público |

Fonte: Elaborado com base em Montoya, Lopes e Guilhoto (2013).

1. Professor Titular da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade de Passo Fundo FEAC-UPF. E-mail: [montoya@upf.br](mailto:montoya@upf.br) [↑](#footnote-ref-1)
2. Professora Assistente da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade de Passo Fundo. E-mail: [cpasqual@upf.br](mailto:cpasqual@upf.br) [↑](#footnote-ref-2)