

# **ESTRUTURA DE DEMANDA E USO DE ENERGIA: uma análise de insumo-produto para países selecionados (1995 e 2005).**

Amir Borges Ferreira Neto<sup>1</sup>  
Fernando Salgueiro Perobelli<sup>2</sup>  
Suzana Quinet de Andrade Bastos<sup>3</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é avaliar como a mudança dos elementos associados à demanda, i.e. demanda das famílias e estrutura de produção, afetam o uso de energia em países emergentes (Brasil, China e Índia) e em países desenvolvidos (Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos). Para tanto, foram utilizadas matrizes de insumo-produto de 1995 e 2005, aplicando-se a técnica de Análise de Decomposição Estrutural. Os seguintes resultados podem ser destacados: i) os setores que se verificam como importantes fornecedores da economia são setores que fazem maior uso de energia; ii) para a demanda das famílias o efeito quantidade demandada é em geral maior que o efeito alocação da demanda, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento; iii) para a contribuição tecnológica, a parcela referente à variação dos insumos energéticos é maior em geral que a parcela relativa aos insumos não energéticos, tanto para os países desenvolvidos como nos emergentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Demanda, Estrutura Produtiva, Matriz de Insumo-Produto, Uso de Energia.

**ABSTRACT:** The objective of this paper is to access how the changes in the elements associated to the demand, i.e. households' demand and production structure, impact the use of energy in developing countries (Brazil, China and India) and in developed countries (Germany, United Kingdom and United States). To achieve such objective we used input-output matrix of 1995 and 2005, applying the Structural Decomposition Analysis. The following results can be highlighted: i) the sectors verified as main suppliers in the economy are those which use more energy; ii) for the households' demand the quantity effect is in general higher than the allocation effect, in both developed and developing countries; iii) for the technological contribution, the portion referring only the changes in the energetic inputs is in general higher than the portion regarding the changes in the non-energetic inputs, in both developed and developing countries.

**KEY-WORDS:** Demand, Input-Output, Production Structure, Use of Energy.

**JEL CODES:** D57, Q49.

---

<sup>1</sup> Mestre em Economia Aplicada PPGEA/UFJF.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Economia PPGEA/UFJF.

<sup>3</sup> Professora do Departamento de Economia PPGEA/UFJF.

## **ESTRUTURA DE DEMANDA E USO DE ENERGIA: uma análise de insumo-produto para países selecionados (1995 e 2005).**

### **1. INTRODUÇÃO**

O consumo de energia sempre atendeu às mesmas necessidades básicas do homem (calor, luz, lubrificação, transporte, força mecânica, entre outras), de forma que ao longo do tempo o que varia é a forma de prover essa energia (DAHL, 2004). Com o desenvolvimento da sociedade, o consumo energético vem aumentando, principalmente no pós-Segunda Guerra Mundial.

Ambos os crescimentos, de consumo de diferentes formas de energia e o econômico vivenciado pelo mundo no último século, fazem da interligação dos temas um foco de interesse de estudos. Por um lado pode-se considerar a energia como um bem escasso e, portanto, passível do estudo econômico de gestão dos recursos, por outro a energia é um insumo importante no processo produtivo, que segundo Peet (2004) não possui substitutos.

O aumento do interesse do estudo da energia pela economia ocorre principalmente após o primeiro choque do petróleo em 1973. Entre os principais temas analisados estão o desenvolvimento econômico e sua relação com a energia e a temática de formação e aplicação de preços. Ainda devem ser ressaltados temas mais recentes como a escassez, substitutibilidade, eficiência e meio ambiente.

Brown *et al* (2011) afirmam que países com economias mais desenvolvidas possuem vantagens de escala e novas tecnologias no que se refere ao uso de energia mais eficiente de maneira per capita visto a quantidade e qualidade da infraestrutura disponível. Os autores apresentam a relação entre o uso de energia per capita e o PIB per capita de diversos países, o que permite verificar a discrepância entre países em desenvolvimento e países desenvolvidos.

Darmstadter, Dunkerley e Alterman (1977) evidenciam que diferenças setoriais avaliadas numa perspectiva mais ampla, como, por exemplo, Energia/PIB, mascaram evidências importantes. Assim, o estudo da estrutura produtiva é importante para entender a relação de consumo energético, dada a existência de diferenças nos processos produtivos de cada país. O estudo econômico-geográfico da energia também se mostra relevante, principalmente no que concerne às comparações internacionais ou entre regiões. De acordo com Solomon (2004), existem oito problemas básicos discutidos de forma econômico-geográfica.

Estudo da Agência Internacional de Energia (IEA, 2008) aponta resultados globais acerca do consumo de energia, dos quais alguns merecem destaque como: i) o aumento do uso energético em 23% entre 1990 e 2005 nos países membros da OCDE, e ainda maior nos países não membros; ii) o petróleo ainda é a *commodity* energética de uso final de maior participação; iii) a biomassa e o carvão permanecem importantes em países não membros da OCDE, mas vem perdendo espaço para os demais insumos; iv) a redução de intensidade energética foi maior nos países não membros da OCDE, sendo os principais fatores da redução as mudanças estruturais e a eficiência; v) o consumo das famílias entre 1990 e 2005 aumentou em 22% nos países da OCDE e 18% em países não membros; vi) no *mix* de insumos energéticos consumido pelos países da OCDE a participação das fontes não renováveis vem aumentando, enquanto para países não membros, as fontes renováveis são a de maior participação, e as que mais crescem.

Como destacado, os países não membros da OCDE vêm aumentando seu papel no que se refere ao consumo de energia, e grande parte, em consequência de seu crescimento econômico. Esse processo de crescimento econômico induz um aumento do consumo de energia que pode ser explicado, em parte, pela variação na produção de insumos; pelo aumento da renda derivado do crescimento da economia; e pela aquisição de bens de consumo por parte das famílias. O aumento do consumo de energia, porém, será neste caso menos dependente de fontes altamente poluidoras, uma vez que, como evidenciado pela IEA (2008), os países não membros da OCDE têm em sua maioria grande participação de fontes renováveis em suas matrizes energéticas.

Devido às questões apresentadas – países não membros da OCDE estão crescendo e aumentando seu consumo energético a taxas maiores que os países membros da OCDE; a demanda por energia é importante para explicar o desenvolvimento dos países; a demanda por energia

permeia outros pontos-chave como substituição entre fontes, infraestrutura, renda, entre outros – torna-se importante entender como o setor energético está inserido na cadeia produtiva em países em desenvolvimento e desenvolvidos.

A Figura 1 apresenta a evolução do PIB per capita (PIBP) e de consumo total final de energia (TOEP) de alguns países selecionados que ilustra o crescimento econômico por países desenvolvidos e subdesenvolvidos entre 1990 e 2009.

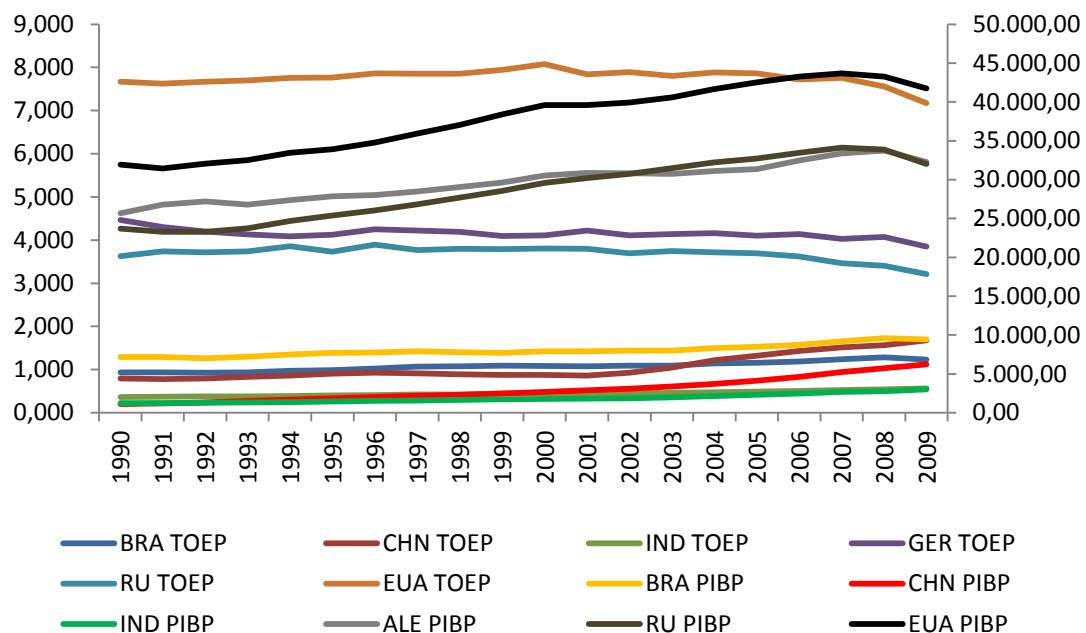


Figura 1 – Evolução do PIB per capita e consumo total final de energia para países selecionados

Nota: TOEP = Toneladas Equivalentes de Petróleo per capita. PIBP = Produto Interno Bruto per capita.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Banco Mundial.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho, é responder a duas questões principais: i) como fatores associados à demanda (demanda das famílias e mudança na estrutura produtiva) afetam o uso dos insumos energéticos Carvão, Petróleo e Gás, Nuclear, Renováveis e Outros?; ii) Este processo se dá de maneira similar em economias já consolidadas e em economias emergentes?

Para buscar responder a essas questões, avalia-se de forma comparativa, por meio de matrizes de insumo-produto, Brasil, China e Índia, países em desenvolvimento, com modificações estruturais recentemente (década de 1990; e Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido, países já desenvolvidos com importantes estruturas produtivas mundiais. O período de análise foi estabelecido entre 1995 e 2005. A Figura 1 evidencia o uso final de energia per capita entre os países selecionados, ilustrando as diferenças entre os países como apontado por Brown *et al* (2011).

## 2. ECONOMIA E ENERGIA

A economia da energia foca no estudo das leis, instituições e mercados relativos à remoção e uso de recursos energéticos (LAKSHAMAN e BOLTON, 1986). Para Bhattacharyya (2011) a economia da energia surgiu após o primeiro choque do petróleo como uma ramificação da teoria econômica, cujo problema também é a alocação de recursos escassos na economia. Esse campo de estudos é, portanto, relativamente recente no debate econômico, apesar de a discussão energética ter, de alguma maneira, ocorrido no princípio da história do pensamento econômico. Christensen (2004) aponta que Quesnay e Hobbes, por exemplo, tinham a preocupação com a energia, devido ao seu caráter físico, bem como a maneira em que esta foi perdendo espaço no debate econômico, principalmente a partir da formalização da teoria econômica neoclássica.

Bhattacharyya (2011) afirma que a demanda ou consumo de energia segue a mesma fundamentação microeconômica das demais *commodities*, ou seja, pode corresponder ao montante de energia requerida num país (demanda primária) ou ao montante entregue aos consumidores

(demanda final), não sendo necessariamente iguais os montantes. A necessidade de energia é específica a um local, à tecnologia disponível e aos usuários, tal que a energia não é consumida por si só, e sim para um propósito posterior como, por exemplo, mobilidade, produção e conforto. Esta demanda pode surgir por diferentes razões, como, por exemplo: famílias consomem energia para satisfazerem necessidades, e para tanto devem alocar parte de sua renda entre diferentes bens e necessidades a fim de maximizarem suas utilidades dado o total gasto; firmas e usuários comerciais demandam energia como um insumo na produção objetivando minimizarem o custo de produção.

Fouquet (2010) faz uma discussão do uso de energias renováveis e crescimento econômico através da história. O autor aponta como as sociedades utilizaram tipos de energia e mantiveram um padrão de crescimento e quais limitações foram impostas por essa utilização. Para o autor, o crescimento econômico está interligado à discussão energética, principalmente em relação à disponibilidade, extração, distribuição e uso. À medida que novas tecnologias são desenvolvidas e estão à disposição, a transição entre os estágios econômicos aumenta de velocidade. Porém é necessário infraestrutura, ou seja, bens de capital, para que haja disponibilidade de acesso às novas fontes energéticas (FOUQUET, 2009; TOMAN e JEMELKOVA, 2003).

Nos últimos três séculos, as economias industrializadas mudaram de uma quase dependência de combustíveis baseados em biomassa (madeira e outros), para o carvão e depois para petróleo e gás natural, mas essas alterações só ocorreram em face da acessibilidade às fontes e meios de uso (PEET, 2004). Para Fouquet (2009) até 1850 quase toda energia consumida era proveniente da madeira, porém, a partir de 1910, a maior parte do consumo de energia tinha como fonte o carvão. Próximo a 1970, nota-se a maior participação do petróleo e do gás como fornecedores de energia. Toman e Jemelkova (2003), baseados em Banes e Floor (1996), afirmam existir uma “escada energética”, ou seja, a ligação entre energia e outros insumos com a atividade econômica muda de acordo com o avanço técnico-econômico através dos diferentes estágios de desenvolvimento.

A Figura 2 representa essa escada energética comparada com os estágios de desenvolvimento. Percebe-se que há um caminho de transição entre os diferentes estágios de desenvolvimento, a que os autores se referem por níveis de renda e desenvolvimento social, mas pode, como no caso deste trabalho, ser representado pela mudança na estrutura produtiva. Este caminho revela a interseção entre o uso de insumos energéticos e os diferentes estágios de desenvolvimento, tal que quanto mais desenvolvido (riqueza e estrutura produtiva) for um país, será demandada em geral energia de maior qualidade, pois os processos produtivos seriam mais recentes e melhores que aqueles característicos de estágios menos avançados de desenvolvimento. Cohen (2005) afirma que a Curva de Kuznets Ambiental é um exemplo da relação do consumo de energia com os diferentes estágios de desenvolvimento.

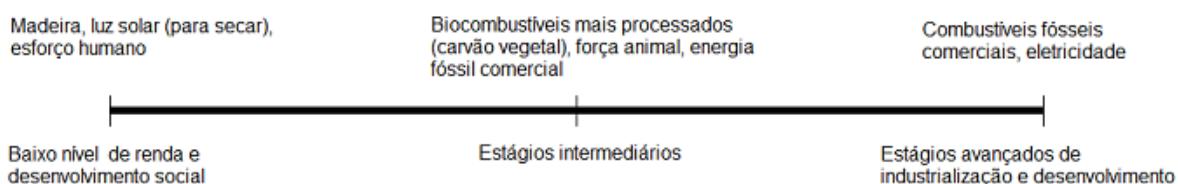


Figura 2 - Escada energética *versus* desenvolvimento socioeconômico

Fonte: Elaboração própria a partir de Toman e Jemelkova (2003).

Sobre o progresso técnico, relativo ao uso de energia, a autora afirma que, a melhoria dos processos produtivos permite os países em desenvolvimento trilhar um caminho menos intenso em energia que aquele percorrido pelos países desenvolvidos. Para Ho e Siu (2007) as mudanças estruturais numa economia afetam a relação Energia e PIB, dadas as diferentes naturezas do uso de energia pelos setores produtivos. Com o enriquecimento do país e sua transição para uma economia baseada em serviços (estágio mais elevado de renda e industrialização), maior será o nível de renda e poupança das famílias, que consumirão mais bens duráveis, logo aumentam o uso energético.

Berndt (1990) analisando o progresso técnico associado ao aumento de produtividade e como o uso energético está interligado a essa discussão, afirma que há dois tipos de progresso

técnico: o incorporado e o não incorporado. O primeiro se refere à engenharia de *design* e ao avanço de desempenho que só pode ser incorporado em uma nova planta ou equipamento e, o segundo ao avanço no conhecimento que faz com que o uso dos insumos seja mais efetivo (*learning by doing*).

De acordo com Jorgenson (1984), o progresso técnico leva a melhores formas de energia, sendo a eletricidade o “maior” refinamento. A eletricidade foi importante para o avanço técnico setorial. A principal característica da transformação no processo de manufatura, com o maior uso da eletricidade, foi o redesenho de todo o sistema de produção, o qual permitiu que fossem removidas restrições, principalmente físicas no caso do taylorismo (SCHURR, 1984; BERNDT, 1990).

Schurr (1984), analisando o papel da eletricidade no progresso técnico, afirma que no início do século XX, condições favoráveis de oferta de energia, como a abundância de energia disponível, crescimento do uso de eletricidade e combustíveis líquidos, e o mercado concorrencial, baratearam seus preços e facilitaram sua difusão. Essas circunstâncias encorajaram desenvolvimentos tecnológicos que em outras condições provavelmente não ocorreriam.

Berndt (1990) argumenta que há evidências empíricas de substituição de trabalho e energia por capital, mas firmas e famílias não estão melhores porque a produtividade de um fator específico aumentou. Porém a produtividade multifator é sempre desejável. Na hipótese de Schurr (combinação do progresso técnico incorporado e não incorporado), a eletrificação contribui para aumentar a produtividade do trabalho e multifator, assim o efeito progresso técnico é maior que o efeito substituição entre os fatores.

Jorgenson (1984) por sua vez, segundo Berndt (1990), argumenta a favor da hipótese de progresso técnico enviesado (não incorporado), ou seja, a economia de energia decorrente deste avanço é menor que a média proporcional de todos os outros insumos; assim, um aumento no preço relativo resultaria em queda da produtividade multifator. É importante ressaltar, entretanto, que Jorgenson e Griliches (1967) *apud* Berndt (1990) afirmam que a medida simples de variação de uso no tempo deixa de considerar a mudança de qualidade. Para Toman e Jemelkova (2003), os retornos crescentes de escala (RCE) nos serviços de energia bem como os mecanismos de transmissão teriam formas diferentes nos distintos estágios de desenvolvimento econômico. Para os autores os custos com flutuações de voltagem e interrupções são menores em países desenvolvidos e, assim, há uma perda monetária nos demais países que poderia estar sendo empregada em outras funções.

A teoria do crescimento endógeno enfatiza os “fatores de aumento” de produtividade da economia – P&D, educação e provisão de bens públicos. A energia poder ser outro caso onde haveria efeitos multiplicadores na produtividade dos demais fatores. Se isso ocorre, quando se expande a oferta de energia, há não somente mais energia para ser utilizada, como a produtividade com que cada unidade é utilizada também aumentaria (TOMAN e JEMELKOVA, 2003).

Darmstadter, Dunkerley e Alterman (1977) asseveraram que a energia utilizada no processo produtivo é um dos componentes para o crescimento econômico. A elevação de renda permite maior consumo de energia associada à criação de conforto e de outros serviços. Este fato seria o que Rosenberg (1998) associa à criação de bem-estar humano a partir da melhoria dos serviços elétricos. No mesmo sentido, Toman e Jemelkova (2003), para o caso dos países em desenvolvimento, afirmam que o crescimento do uso energético, e seu maior acesso têm efeitos positivos na produtividade dos fatores, já que há uma melhora também do capital humano devido, por exemplo, a aperfeiçoamentos na educação, moradia, saúde, entre outros.

Ressalta-se que na literatura<sup>4</sup> os estudos sobre crescimento econômico e energia têm foco mais empírico que teórico. Debate-se a determinação da direção de causalidade entre crescimento e consumo de energia e quais são suas implicações, pouco focando a evolução da estrutura produtiva e como esta influencia os países em diferentes estágios de desenvolvimento. Assim, os estudos se diferenciam em geral pelas amostras de países, período analisado e método de estimação.

<sup>4</sup> Kraft e Kraft (1978), Akarka e Long (1979), Masih e Masih (1996), Glasure e Lee (1997), Oh e Lee (2004a, 2004b), Schmidt e Lima (2004), Mattos e Lima (2005), Lee (2005), Francis, Moseley e Iyare (2007), Narayan e Smyth (2007), Huan, Hwang e Yang (2008), Chontanawat, Hunt e Pierse (2008), Wolde-Rufael (2009), entre outros.

### 3. MODELO DE INSUMO-PRODUTO

O modelo de Insumo-Produto descreve os fluxos intersetoriais de uma economia, seja essa nacional, regional ou mundial. Os dados necessários para sua construção são os fluxos de produto de cada setor (produtor), para cada um dos setores, ele próprio e os demais (consumidores). Pode-se dizer que o propósito fundamental da estrutura de insumo-produto é analisar a interdependência setorial de uma economia (MILLER e BLAIR, 2009). Assim, seja o modelo de insumo-produto que descreve os fluxos monetários para os setores da economia:

$$\mathbf{Z} + \mathbf{f} = \mathbf{x} \quad (1)$$

tal que  $\mathbf{Z}$  é a matriz de Consumo Intermediário,  $\mathbf{f}$  é o vetor de Demanda Final e  $\mathbf{x}$  é o vetor de Produto Final. Definindo  $\hat{\mathbf{x}} = \text{diag}(\mathbf{x})$  é possível encontrar a matriz de coeficientes técnicos  $\mathbf{A}$ :

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}(\hat{\mathbf{x}}) \quad (2)$$

Cada elemento de  $\mathbf{A}$  é definido de forma geral como  $a_{ij} = z_{ij}/x_j$ , correspondendo à proporção de insumos do setor  $i$  que o setor  $j$  necessita para produção de \$ 1 de produto. Reescrevendo (1) tem-se:

$$\mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{f} = \mathbf{x} \quad (3)$$

resolvendo (3) é possível obter  $\mathbf{x}$ :

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} = \mathbf{L}\mathbf{f} \quad (4)$$

sendo  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{L} = [l_{ij}]$  a matriz inversa de Leontief ou matriz de requerimentos totais.

O modelo de insumo-produto híbrido é baseado no modelo básico, sendo que há a substituição dos fluxos monetários de um ou mais setores por fluxos físicos. A justificativa em utilizar fluxos físicos em conjunto com fluxos monetários está baseada na diferenciação de preços entre setores, pois no caso de energia, por exemplo, os preços pagos pelos setores industriais diferem entre si, e também daquele pago pela demanda final das famílias (DIETZENBACHER e STAGE, 2006).

Seja uma economia de dois setores assumindo que o setor 2 seja o setor energético, é possível representar as unidades da matriz de fluxos híbridos( $\mathbf{Z}^*$ ), do vetor de produto híbrido ( $\mathbf{x}^*$ ) e do vetor de demanda final híbrido ( $\mathbf{f}^*$ ) como:

$$\mathbf{Z}^* = \begin{bmatrix} \$ & \$ \\ TEP & TEP \end{bmatrix}; \mathbf{x}^* = \begin{bmatrix} \$ \\ TEP \end{bmatrix}; \mathbf{f}^* = \begin{bmatrix} \$ \\ TEP \end{bmatrix}$$

A matriz inversa de Leontief híbrida ( $\mathbf{L}^*$ ) é obtida como na fórmula (4), ou seja,  $\mathbf{L}^* = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} = [l_{ij}^*]$ , tal que as unidades de  $l_{ij}^*$  são iguais às de  $a_{ij}^*$ .

#### 3.1 Análise de Decomposição Estrutural

A Análise de Decomposição Estrutural (ADE) tem por objetivo decompor as mudanças do produto em componentes explicativos, quais sejam: i) mudanças devidas à estrutura produtiva e ii) mudanças devidas à demanda final. Sejam, então, duas matrizes para uma mesma região e dois períodos,  $t$ , diferentes ( $t=0,1$ )

$$\mathbf{x}^{*0} = \mathbf{L}^{*0}\mathbf{f}^{*0}; \mathbf{x}^{*1} = \mathbf{L}^{*1}\mathbf{f}^{*1}$$

A variação do produto é dada por:

$$\Delta\mathbf{x}^* = \mathbf{x}^{*1} - \mathbf{x}^{*0} = \mathbf{L}^{*1}\mathbf{f}^{*1} - \mathbf{L}^{*0}\mathbf{f}^{*0} \quad (5)$$

Como é possível escrever  $\Delta\mathbf{L}^* = \mathbf{L}^{*1} - \mathbf{L}^{*0}$  e  $\Delta\mathbf{f}^* = \mathbf{f}^{*1} - \mathbf{f}^{*0}$ , fazendo algumas manipulações algébricas tem-se que:

$$\Delta\mathbf{x}^* = \mathbf{L}^{*1}(\mathbf{f}^{*0} + \Delta\mathbf{f}^*) - (\mathbf{L}^{*1} - \Delta\mathbf{L}^*)\mathbf{f}^0 = (\Delta\mathbf{L}^*)\mathbf{f}^{*0} + \mathbf{L}^{*1}(\Delta\mathbf{f}^*) \quad (6)$$

Da mesma forma é possível reescrever (5) ponderando as variações tecnológicas ( $\Delta\mathbf{L}^*$ ) por  $\mathbf{f}^{*1}$  e  $(\Delta\mathbf{f}^*)$  por  $\mathbf{L}^{*0}$ , assim somando as duas equações ponderadas pelos dois anos é possível encontrar a decomposição estrutural do produto como a equação (7), onde o primeiro termo capta as variações tecnológicas e o segundo termo, as variações da demanda final:

$$\Delta \mathbf{x}^* = \frac{\Delta \mathbf{L}^* (\mathbf{f}^{*0} + \mathbf{f}^{*1})}{2} + \frac{(\mathbf{L}^{*0} + \mathbf{L}^{*1}) \Delta \mathbf{f}^*}{2} \quad (7)$$

A decomposição não necessita parar nesses dois termos, sendo possível ainda investigar quais os setores que mais contribuem para a variação tecnológica, ou seja, desagregar  $\Delta \mathbf{L}^*$ , assim como é possível também desagregar  $\Delta \mathbf{f}^*$  em três efeitos, a saber: efeito de nível – que capta o efeito da quantidade total de todos os gastos pela demanda final, ou seja, o deslocamento da demanda; efeito de *mix* – que capta o efeito na mudança da cesta de consumo de cada categoria da demanda final, isto é, o deslocamento sobre a curva de indiferença; e efeito de distribuição – que capta a distribuição do gasto total entre as categorias da demanda final.

Segundo Dietzenbacher e Stage (2006), a decomposição da demanda final com a utilização de matrizes híbridas pode enviesar os resultados devido à escolha das unidades na matriz de fluxos. Os autores propõem uma correção para o problema. Segundo a metodologia de Dietzenbacher e Stage (2006), a demanda final será decomposta em dois efeitos, nível e *mix*, como segue:

$$\Delta \mathbf{f}^* = (\mathbf{f}^{*1} - \mathbf{f}^{*0}) = (\mathbf{f}^{*1} - \tilde{\mathbf{f}}^*) + (\tilde{\mathbf{f}}^* - \mathbf{f}^{*0}) \quad (8)$$

onde:

$$\tilde{\mathbf{f}}^* = \mathbf{f}^{*1} \left( \frac{\sum_i \mathbf{f}_i^{*0}}{\sum_i \mathbf{f}_i^{*1}} \right) \quad (9)$$

Assim, o primeiro termo,  $(\mathbf{f}^{*1} - \tilde{\mathbf{f}}^*)$ , apresenta o efeito nível e o segundo termo,  $(\tilde{\mathbf{f}}^* - \mathbf{f}^{*0})$ , apresenta o efeito *mix*. A correção do problema de unidades pode se dar de duas formas, a primeira necessita de informações de preços, o que não é o caso deste trabalho, enquanto a segunda é aplicada como segue:

$$\Delta \mathbf{f}^* = (\mathbf{f}^{*1} - \mathbf{f}^{*0}) = (\mathbf{f}^{*1} - \ddot{\mathbf{f}}^*) + (\ddot{\mathbf{f}}^* - \mathbf{f}^{*0}) \quad (10)$$

onde:

$$\ddot{\mathbf{f}}^* = [r^k f_i^{k0}] \quad (11)$$

$$r^k = \frac{\sum_i f_i^{k0}}{\sum_i f_i^{k1}} \quad (12)$$

tal que,  $k = \begin{cases} n & \text{se for setor não energético} \\ m & \text{se for setor energético} \end{cases}$

Deve-se destacar que a decomposição da demanda final considera esta como um único vetor, porém caso esta demanda seja composta por outros componentes, a desagregação ainda é válida.

Considerando agora a desagregação da variação da estrutura produtiva  $\Delta \mathbf{L}^*$ , Miller e Blair (2009) apresentam diferentes formas para tal; uma é acessar a variação em  $\Delta \mathbf{L}^*$  propriamente dita, e outra é acessar a variação em  $\Delta \mathbf{A}^*$ , na qual é feita a desagregação em variações específicas a cada coluna, o que reflete a variação setor a setor. Os autores afirmam que cada coluna de  $\mathbf{A}^*$  reflete a “receita de produção” de cada setor, ou seja, sua tecnologia de produção utilizada. Esta segunda abordagem permite que seja analisada a variação da estrutura produtiva diretamente.

Para uma economia com  $n$ -setores então,

$$\mathbf{A}^{*1} = \mathbf{A}^{*0} + \Delta \mathbf{A}^* = \begin{bmatrix} a_{11}^0 + \Delta a_{11} & \dots & a_{1n}^0 + \Delta a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^0 + \Delta a_{n1} & \dots & a_{nn}^0 + \Delta a_{nn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

A mudança na tecnologia do setor  $j$  é:

$$\Delta \mathbf{A}^{*(j)} = \begin{vmatrix} 0 & \dots & \Delta a_{1j} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \Delta a_{nj} & \dots & 0 \end{vmatrix} \quad (14)$$

Então:

$$\Delta \mathbf{A}^* = \Delta \mathbf{A}^{*(1)} + \cdots + \Delta \mathbf{A}^{*(j)} + \cdots + \Delta \mathbf{A}^{*(n)} = \sum_{j=1}^n \Delta \mathbf{A}^{*(j)} \quad (15)$$

Logo, a decomposição de  $\Delta \mathbf{L}^*$  leva a:

$$\Delta \mathbf{L}^* = [\mathbf{L}^{*1}(\Delta \mathbf{A}^{*1})\mathbf{L}^{*0}] + \cdots + [\mathbf{L}^{*1}(\Delta \mathbf{A}^{*n})\mathbf{L}^{*0}] \quad (16)$$

Lin e Polenske (1995), por sua vez, acrescentam mais um passo para a desagregação de  $\Delta \mathbf{A}^*$ . A fim de captar a intensidade energética dos países considerando a sua estrutura produtiva, os autores particionam a matriz de coeficientes técnicos híbrida  $\mathbf{A}^*$  em duas, uma com os setores não energético ( $\mathbf{A}_N^*$ ), e outra com os insumos energéticos ( $\mathbf{A}_E^*$ ), de forma que  $\mathbf{A}^* = \mathbf{A}_N^* + \mathbf{A}_E^*$ . Assim, é possível agregar a equação (17) e reescrevê-la como:

$$\Delta \mathbf{L}^* = \mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_1^* - \mathbf{A}_0^*) \mathbf{L}_0^* = \mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{N,1}^* - \mathbf{A}_{N,0}^*) \mathbf{L}_0^* + \mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{E,1}^* - \mathbf{A}_{E,0}^*) \mathbf{L}_0^* \quad (17)$$

onde  $\mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{N,1}^* - \mathbf{A}_{N,0}^*) \mathbf{L}_0^*$  capta as variações tecnológicas atribuídas aos insumos não energéticos, isto é, ao efeito das substituições entre os insumos materiais; e  $\mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{E,1}^* - \mathbf{A}_{E,0}^*) \mathbf{L}_0^*$  capta as variações tecnológicas atribuídas aos insumos energéticos, ou seja, à substituição entre as fontes energéticas, de forma que é possível verificar se o país está se tornando mais ou menos intensivo em cada insumo energético.

Desagregando a equação (17) seguindo a equação (16) de forma a examinar setorialmente essas contribuições, tem-se matematicamente:

$$\Delta \mathbf{L}^* = \sum_j [\mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{N,1}^{*j} - \mathbf{A}_{N,0}^{*j}) \mathbf{L}_0^* + \mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{E,1}^{*j} - \mathbf{A}_{E,0}^{*j}) \mathbf{L}_0^*] \quad (18)$$

onde a parcela  $\sum_j [\mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{N,1}^{*j} - \mathbf{A}_{N,0}^{*j}) \mathbf{L}_0^*]$  capta para cada insumo a variação do uso deste, devido a mudanças tecnológicas setoriais nos insumos não energéticos. A parcela  $\sum_j [\mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{E,1}^{*j} - \mathbf{A}_{E,0}^{*j}) \mathbf{L}_0^*]$  capta a variação do uso de cada insumo, devido a mudanças tecnológicas setoriais nos insumos energéticos, isto é, capta quanto variou o uso de cada insumo devido a mudanças na forma de utilização de cada um dos insumos.

Por fim, utilizando (10) e (18) e reescrevendo (7) tem-se:

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{x}^* &= \frac{\Delta \mathbf{L}^* (\mathbf{f}^{*0} + \mathbf{f}^{*1})}{2} + \frac{(\mathbf{L}^{*0} + \mathbf{L}^{*1}) \Delta \mathbf{f}^*}{2} \\ &= \frac{\sum_j [\mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{N,1}^{*j} - \mathbf{A}_{N,0}^{*j}) \mathbf{L}_0^*] (\mathbf{f}^{*0} + \mathbf{f}^{*1})}{2} \\ &\quad + \frac{\sum_j [\mathbf{L}_1^* (\mathbf{A}_{E,1}^{*j} - \mathbf{A}_{E,0}^{*j}) \mathbf{L}_0^*] (\mathbf{f}^{*0} + \mathbf{f}^{*1})}{2} \\ &\quad + \frac{(\mathbf{L}^{*0} + \mathbf{L}^{*1}) (\mathbf{f}^{*1} - \ddot{\mathbf{f}}^*)}{2} + \frac{(\mathbf{L}^{*0} + \mathbf{L}^{*1}) (\ddot{\mathbf{f}}^* - \mathbf{f}^{*0})}{2} \end{aligned} \quad (19)$$

Por meio da fórmula (19), então, é possível perceber que a metodologia responderá às questões levantadas, sendo que ela está captando como a variação no consumo das famílias, tanto no que se refere à quantidade consumida e como é feito este consumo, e também como mudanças na estrutura produtiva, isto é, mudanças tecnológicas, dentre outras, explicam o maior ou menor uso dos insumos energéticos pelos países que serão analisados. Ainda poderá ser detalhado quais setores que mais contribuem para o aumento e diminuição do uso de energia, considerando mudanças apenas na estrutura produtiva não energética e mudanças na estrutura de produção energética.

### 3.2 Base de Dados

As matrizes de insumo-produto disponibilizadas pela OCDE possuem 48 setores e são disponíveis para os anos de 1995, 2000 e 2005. Para construir a matriz de fluxos híbrida foram utilizados os dados do balanço energético para países membros e não membros da OCDE, que por sua vez apresenta abertura setorial de 18 setores. Assim, foi necessário realizar uma

compatibilização entre os setores do balanço energético e na matriz de insumo-produto. Ao se realizar tal compatibilização, as matrizes de insumo-produto passaram a ter 14 setores (Tabela 1).

Tabela 1 - Compatibilização dos setores do Balanço Energético e Matriz Insumo-Produto

Setores do Balanço Energético	Setores da Matriz Insumo-Produto	Número do Setor	Abreviação
Aço e Ferro	13	1	Aço
Químico e Petroquímico	9, 10, 11	2	Quim
Metais Não Ferrosos	14	3	Met. NF
Minerais Não metálicos	12	4	Min. NM
Mineração e Pelotização	3	5	Min/Pel
Alimentos e Tabaco	4	6	Alim
Papel, Celulose e Impressão	7	7	Papel
Têxteis e Couro	5	8	Text
Indústrias Não Específicas	6, 15 a 25, 29, 30	9	I.N.E.
Transporte	33 a 37	10	Trans.
Comercial e Serviços Públicos	31, 44	11	Com/SP
Agricultura, Silvicultura e Pescaria	1	12	Agric
Outros Não Específicos	32, 38 a 43, 45 a 48	13	O.N.E.
Setor Energético	2, 8, 26, 27, 28	14	Energ

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da OCDE (2011)

As matrizes insumo-produto são disponibilizadas a preços correntes e com a moeda local. Para se realizar a análise de decomposição estrutural é necessário que seja feita a utilização de matrizes a preços constantes, a fim de que seja retirado o efeito inflação da análise. Para deflacionar as matrizes foram utilizados deflatores implícitos do valor adicionado, obtidos na OCDE para Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido; o deflator implícito do PIB do Brasil foi obtido no Ipeadata e foram construídos os deflatores implícitos do PIB para Índia e China a partir de dados referentes ao PIB nominal e real obtidos nas respectivas agências estatísticas – MOSPI (*Ministry of Statistics and Programme Implementation*) e NBSC (*National Bureau of Statistics of China*).

A Tabela 2 traz a agregação dos tipos de insumo presentes no Balanço Energético (BE) para os seis tipos que serão utilizados neste trabalho. Cabe ressaltar que o BE formaliza, ou contabiliza apenas o uso do insumo propriamente dito. Isto é, o consumo de insumos energéticos se refere ao chamado *end-use*, ou uso final de energia feito pelos setores. Dessa forma, o que é captado na análise é o consumo de cada insumo que cada setor fez, não sendo, portanto, captado consumo provenientes de transformações.

Tabela 2 - Agregação do Balanço Energético por tipo de insumo

Insumos Agregados	Insumos do Balanço Energético
Carvão – C	Carvão
Petróleo e Gás – P&G	Petróleo Bruto, Produtos, GLP e Gás
Nuclear – N	Nuclear
Renováveis – R	Hidráulica, Geotérmico, Solar, Vento e Combustíveis Renováveis
Elétrica – E	Eletricidade
Outros – O	Turfa e Aquecimentos

Fonte: IEA (2007)

Como nenhum setor utiliza energia nuclear diretamente ela é zero em todos os países em todos os anos de análise, logo esta não será analisada ao longo do trabalho. Outro ponto que deve ser destacado é que dos componentes da demanda final na matriz de insumo produto – gastos das famílias, gastos do governo, investimento e exportação – dadas as restrições do BE, será utilizada apenas a componente de famílias como única parcela a compor o vetor de demanda final.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em termos agregados os países em desenvolvimento (Brasil, China e Índia) apresentam aumento do uso dos insumos energético. Ao desagregar esta variação, nota-se que o Brasil é o único a apresentar contribuições positivas para ambas as parcelas, sendo que China e Índia apresentam contribuições negativas para variação tecnológica, isto é, diminuição do uso dos insumos energéticos pela estrutura produtiva, e aumento do uso de energia decorrente da demanda das famílias. A parcela de contribuição das famílias é maior nos três países.

Para os países desenvolvidos (Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos), os dois primeiros apresentam diminuição do uso dos insumos energéticos e os EUA aumento do uso desses insumos. A contribuição tecnológica para a variação do produto é negativa em todos os países, isto é, a estrutura produtiva consome menos energia; contudo, a demanda das famílias contribui positivamente para o aumento do uso dos insumos energéticos em todos os países. A parcela tecnológica se mostra mais importante na Alemanha e Reino Unido e menos nos Estados Unidos.

Tabela 3 - Resultados Agregados da ADE

	BRA	CHN	IND	ALE	RU	EUA
$\Delta X$	+	+	+	-	-	+
$\Delta FAM$	++	+	+	+	+	+
E.N.	+	+	+	+	+	+
E.M.	-	-	-	-	-	-
$\Delta TEC$	+	-	-	-	-	-
PIE	-	--	-	-	--	--
Set. (+)	1, 3, 4, 6, 7, 11 a 14	4, 5, 11, 14	6, 12, 14	4 a 8, 9, 12, 13	4, 6 a 8, 12, 14	7 a 9, 12, 13
PINE	+	-	+	+	-	-
Set. (+)	2, 6, 9, 10, 12 a 14	5 a 8, 10, 14	4, 6 a 10, 12 a 14	1, 2, 4 a 11, 14	8, 10, 12	1, 5 a 7, 9, 10, 14

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

##### 4.1 Resultados por tipo de insumo

A fórmula 19, está representada nas tabelas 4 a 8 que ilustram os resultados para cada um dos insumos Carvão (C), Petróleo e Gás (P&G), Renováveis (R), Eletricidade (E) e Outros (O).

Os resultados desagregados para o insumo Carvão estão na tabela 4. Brasil, China e Estados Unidos apresentam variação positiva do uso de carvão, enquanto Índia, Alemanha e Reino Unido uma variação negativa. Ao desagregar essa variação em uso das famílias e mudanças na estrutura produtiva, o Brasil é o único país onde o uso de carvão aumenta face variações tecnológicas e na Alemanha e Reino Unido as famílias tem contribuições negativas para o uso deste insumo.

Tabela 4 - Resultados da ADE desagregados para Carvão

	BRA	CHN	IND	ALE	RU	EUA
$\Delta X$	+	+	-	-	-	+
$\Delta FAM$	++	+	+	-	-	+
E.N.	+	+	+	+	+	+
E.M.	-	-	-	-	-	-
$\Delta TEC$	+	-	-	--	--	-
PIE	+	--	-	--	--	+
Set. (+)	1, 3, 5, 6, 9, 11 a 13	4, 14	3, 6, 12	5	4, 8, 12	2, 6 a 9, 12, 14
PINE	-	-	+	-	-	-
Set. (+)	2, 6, 9, 12 a 14	5 a 8, 10, 14	4, 6, a 10, 12, 14	1, 4, 5, 7 a 10, 14	8, 12	5, 9

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

A demanda das famílias, ao ser desagregada, revela que o efeito nível, ou quantidade, é positivo para todos os países, e o efeito *mix*, ou distribuição dos gastos é negativo em todos os

países. Ou seja, enquanto a quantidade de carvão consumida (deslocamento da curva de demanda) pelas famílias é o determinante para o efeito da sua contribuição no Brasil, China, Índia e Estados Unidos, o deslocamento sobre a curva de indiferença (cesta de bens consumida), isto é, as preferências das famílias alemãs e inglesas determinam o sentido de suas contribuições.

Com relação à parcela tecnológica no caso do insumo carvão, o PIE é positivo para Brasil e Estados Unidos e o PINE é negativo para todos os países menos a Índia, revelando ser a parcela de insumos energéticos a mais importante para todos os países, com exceção dos Estados Unidos. A desagregação setorial, como esperado, revela que, em geral, os setores com maiores contribuições positivas estão nos países onde o sentido da contribuição também é positivo. Brasil, China e Alemanha, apresentam pelo menos seis setores com contribuições positivas, ao desagregar o PINE, porém essas contribuições tem valores menores.

A tabela 5 apresenta os resultados desagregados para Petróleo e Gás. A variação do uso de P&G ( $\Delta X$ ) mostra que, enquanto os países emergentes utilizam mais deste insumo, ocorre nos países desenvolvidos uma queda do uso do insumo, reforçando os resultados evidenciados por IEA (2008). As famílias são a principal parcela para explicar tal resultado, em todos os países. Isto é, apesar de as famílias gastarem menos com P&G em favor de outros insumos/produtos (efeito *mix*), a quantidade demandada pelas famílias é tão grande que suplanta este efeito, e ainda o efeito das mudanças tecnológicas, em todos os países, menos o Brasil, apresenta resultados negativos, ou seja, a estrutura produtiva como um todo consome menos Petróleo e Gás.

Tabela 5 - Resultados da ADE desagregados para Petróleo e Gás

	BRA	CHN	IND	ALE	RU	EUA
$\Delta X$	+	+	+	-	-	-
$\Delta FAM$	++	+	+	+	+	+
E.N.	+	+	+	+	+	+
E.M.	-	-	-	-	-	-
$\Delta TEC$	+	-	-	-	-	-
PIE	-	-	-	-	--	--
Set. (+)	1 a 4, 6, 9, 12, 14	4, 5, 9, 11, 12, 14	6, 12, 14	4 a 8	6, 8, 14	7 a 9, 12, 13
PINE	+	+	+	+	-	-
Set. (+)	2, 5, 6, 9, 10, 12 a 14	5 a 10, 12, 14	3, 6 a 10, 12 a 14	1, 2, 4 a 11, 14	1, 8, 10 a 12	1, 4 a 10, 14

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

A desagregação da parcela tecnológica em uma parcela relativa às mudanças associadas ao uso dos insumos energéticos e outra dos insumos não energéticos mostra que, apenas no Brasil, a PINE é mais importante, sendo que nos demais países a PIE é que mais explica a parcela tecnológica total. É interessante notar, entretanto, que Brasil, China, Índia e Alemanha apresentam PIE negativa e PINE positiva, enquanto Reino Unido e Estados Unidos apresentam ambas as parcelas negativas. Assim como no caso do carvão, em geral os setores com contribuições positivas estão presentes em países onde as parcelas agregadas também são positivas, sendo a exceção os Estados Unidos, que possui cinco setores com contribuições positivas para PIE e nove setores com contribuições positivas para PINE.

A tabela 6 apresenta os resultados desagregados para o insumo Renováveis. Diferentemente dos demais tipos de energia, espera-se que haja variação positiva deste tipo de insumo, já que, com o desenvolvimento econômico e social, ocorrem pressões para a substituição de energias mais poluidoras e menos eficientes por energias mais limpas e eficientes. Nota-se que China e Reino Unido são os únicos países a apresentarem uma variação negativa do uso deste insumo.

A parcela de contribuição das famílias é positiva para todos os países menos China, enquanto a parcela tecnológica é positiva para todos os países, menos Índia e Reino Unido. Brasil, China, Índia e Alemanha são os países onde a parcela das famílias é a mais importante, tal que o inverso ocorre no Reino Unido e Estados Unidos, isto é, a parcela tecnológica é mais importante.

Tabela 6 - Resultados da ADE desagregados para Renováveis

	BRA	CHN	IND	ALE	RU	EUA
$\Delta X$	+	-	+	+	-	+
$\Delta FAM$	++	-	+	++	+	+
E.N.	+	+	+	+	+	+
E.M.	-	-	-	-	-	-
$\Delta TEC$	+	+	-	+	-	++
PIE	+	++	-	++	--	+
Set. (+)	1, 4, 6, 7, 9, 12, 13	4, 5, 11, 13, 14	6, 12, 14	4 a 6, 8, 10 a 12, 14	4, 6 a 8, 10, 12 a 14	2, 4, 6 a 13
PINE	++	+	+	+	-	-
Set. (+)	3, 6, 9, 10, 12 a 14	5 a 12, 14	4, 6 a 9, 12, 14	1, 2, 4 a 11, 14	1, 7, 8, 10, 13	1, 5, 8, 9

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Analisando os efeitos nível e *mix*, que compõem a parcela das famílias nota-se que, assim como para Carvão e Petróleo e Gás, o efeito nível ou quantidade é positivo em todos os países, enquanto o efeito *mix* é negativo em todos os países. É interessante verificar que, para China, o efeito *mix* sobrepõe-se ao efeito nível, ou seja, apesar de as famílias estarem gastando mais, suas modificações de preferências em relação à energia renovável domina o efeito renda ou gasto.

As parcelas que compõem a contribuição tecnológica – PIE e PINE – mostram que para Índia e Reino Unido a primeira é negativa e para os demais países é positiva, enquanto a segunda é negativa no Reino Unido e Estados Unidos e positiva nos outros países. Destaca-se a China para PIE, em que, apesar de haver apenas cinco setores com contribuições positivas, a parcela é positiva, evidenciando uma maior importância dos setores 4, 5, 11, 13, 14 para o uso do insumo Renováveis.

Na tabela 7 apresenta os resultados para o insumo Eletricidade. Este insumo, diferentemente de todos os outros, apresenta variação do uso positiva para todos os países. A parcela das famílias também é positiva e a mais importante para todos os países. Por sua vez, a parcela tecnológica é positiva para Brasil, China e Alemanha, e negativa para Índia, Reino Unido e Estados Unidos.

Tabela 7 - Resultados da ADE desagregados para Eletricidade

	BRA	CHN	IND	ALE	RU	EUA
$\Delta X$	+	+	+	+	+	+
$\Delta FAM$	++	++	+	++	+	+
E.N.	+	+	+	+	+	+
E.M.	-	-	-	-	-	-
$\Delta TEC$	+	+	-	+	-	-
PIE	++	++	-	+	+	--
Set. (+)	1, 3, 4, 6 a 9, 11 a 14	4, 5, 8, 11, 13, 14	6, 14	4 a 9, 11, 12, 14	2, 4, 6 a 8, 12, 14	6 a 8, 12, 13
PINE	+	+	+	-	-	-
Set. (+)	6, 9, 12 a 14	5 a 8, 10, 14	4, 6 a 9, 12 a 14	1, 4, 7 a 10, 14	8, 10, 13	5, 9

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

A desagregação da parcela das famílias mostra os efeitos nível e *mix*, sendo que o primeiro é positivo e o segundo é negativo em todos os países. Ao analisar a PIE e PINE, percebe-se que a primeira é negativa somente na Índia e Estados Unidos e a segunda é negativa nos países desenvolvidos. É interessante notar que para Eletricidade a PIE só não é mais importante que a PINE para explicar  $\Delta TEC$  no Reino Unido. No nível de contribuição setorial, destaca-se a Alemanha, para o PINE, pois apesar de metade dos setores apresentarem sinais positivos, as contribuições negativas são maiores.

A tabela 8 apresenta os resultados para o insumo Outros. Brasil e Índia não fazem uso deste insumo, pois são países tropicais e não fazem uso de Aquecimento (principal componente). Dos demais países, apenas os Estados Unidos apresentam variação negativa deste insumo.

Tabela 8 - Resultados da ADE desagregados para Outros

	BRA	CHN	IND	ALE	RU	EUA
$\Delta X$	+		+	+	+	-
$\Delta FAM$	+		-	+	+	
E.N.	+		--	+	+	
E.M.	-		-	-	-	
$\Delta TEC$	-		+	++	-	
PIE	-		++	+	--	
Set. (+)		4, 8, 11, 14		8, 9, 12, 13	2, 4, 6 a 9, 11, 12, 14	12 a 14
PINE	+		+	-	-	
Set. (+)		5 a 11, 14		1, 2, 4, 6 a 10, 12, 14	1, 8, 13	5, 9

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Ao desagregar o uso ( $\Delta X$ ) em contribuição das famílias ( $\Delta FAM$ ) e tecnológicas ( $\Delta TEC$ ), para a primeira, apenas Alemanha apresenta contribuição negativa, enquanto, para a segunda, a contribuição negativa ocorre na China e Estados Unidos. A desagregação da parcela tecnológica revela que o efeito nível é negativo para Alemanha e positivo para os outros países, e o efeito *mix* é negativo em todos. Nota-se também que o primeiro é maior que o segundo. Já a desagregação da parcela tecnológica revela que a PIE é superior à PINE em todos os países, sendo que a primeira é negativa na China e Estados Unidos e a segunda é negativa no Reino Unido e nos Estados Unidos.

A análise individual de cada um dos insumos permite revelar padrões específicos para cada insumo, porém a comparação entre estes possibilita a percepção de similaridades. Confrontando a parcela de contribuição da demanda das famílias para cada insumo, é possível perceber que há, em geral, um aumento do consumo dos insumos energéticos pelas famílias, e este efeito é mais dependente da quantidade consumida do que da cesta de bens consumida pelas famílias.

#### 4.2. Contextualização dos resultados.

No período entre 1995 e 2005, houve nos países desenvolvidos e em desenvolvimentos mudanças econômicas e estruturais que elevaram o nível de renda dado que, apesar de algumas crises, o período foi de maior estabilidade macroeconômica (Figura 1). O aumento do nível de renda altera não só a demanda em quantidade, ao preferir cestas de bens superiores, assim como há modificações na própria preferência das famílias.

Petróleo e Gás e Eletricidade apresentam contribuição positiva das famílias em todos os países, e também, assim como outros insumos, efeito nível positivo para todos os países e efeito *mix* negativo para todos os insumos. A Eletricidade é o principal insumo energético consumido diretamente pelas famílias, e Petróleo e Gás é fundamental através de seus derivados como gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP). Assim, especula-se que o aumento do nível de renda das famílias muda as preferências, tal que mais bens são consumidos, diminuindo a importância do consumo direto de bens energéticos (efeito *mix* negativo). Da mesma forma, outros bens (duráveis) que demandam Eletricidade e Petróleo e Gás serão consumidos porém, devido ao maior consumo das famílias, este efeito quantidade será positivo e de maior magnitude que o efeito *mix*.

A parcela de demanda das famílias não é a única a explicar a variação do uso dos insumos energéticos, visto que o progresso técnico tem um importante papel neste cenário com temas como substituição de fontes, eficiência, uso de insumos renováveis, dentre outros. Analisando a contribuição tecnológica percebe-se que há certas particularidades em cada país e suas respectivas estruturas produtivas. Essas particularidades como apontado por Solomon (2004) e Madlener (2009), são frutos de um processo histórico e geográfico, que contribuíram para o desenvolvimento das atividades econômicas e dos processos produtivos de cada país.

A PIE capta o uso de um determinado insumo quando há modificações apenas na estrutura produtiva energética, ou seja, como todos os setores fazem uso de todos os insumos energéticos, capta-se se a estrutura produtiva energética está consumindo menos energia como um todo e quais insumos estão aumentando ou diminuindo seu uso.

Concentrando-se na PIE dos países em desenvolvimento verifica-se que o Brasil apresenta contribuições positivas para todos os insumos com exceção de Petróleo e Gás. A princípio poder-se-ia pensar que a estrutura produtiva brasileira está consumindo mais energia, porém, ao olhar o valor das contribuições (Anexo IV), nota-se que a diminuição do uso de Petróleo e Gás é maior que o aumento do uso dos demais insumos, o que pode ser um indício de que está havendo substituição e eficiência energética. Na China as contribuições positivas na PIE são dos insumos Renováveis e Eletricidade, de forma que, ao comparar os valores das contribuições, a parcela PIE é negativa, revelando a possibilidade de estar havendo substituição e eficiência do uso energético. O mesmo ocorre na Índia, onde todas as contribuições na PIE são negativas.

Os países desenvolvidos seguem o mesmo padrão: alguns insumos possuem PIE positiva – Alemanha (R, E, O), Reino Unido (E e O), Estados Unidos (C e R). Porém, quando analisados os valores das parcelas de cada um dos insumos, nota-se que a PIE total se mostra negativa, o que novamente indica a possibilidade de eficiência e substituição de insumos.

Uma temática inerente à discussão energética é a questão de mudanças climáticas e poluição, o que está diretamente ligado ao uso de insumos renováveis, que neste trabalho pode ser captado pela análise do próprio insumo; assim, nota-se que apenas Índia e Reino Unido apresentam contribuições negativas não só para a parcela tecnológica total ou agregada ( $\Delta$ TEC), como também para a parcela tecnológica que considera apenas os insumos energéticos (PIE), o que evidencia que a estrutura produtiva destes países passa a utilizar menos insumo Renováveis no processo de produção, assim como ao considerar as modificações apenas nos insumos energéticos, ocorre preferência por outros tipos de insumos em detrimento do insumo Renováveis.

Nenhum setor produtivo contribui positivamente para o uso de insumo Renováveis em todos os países, sendo que os setores Têxteis e Couro (8) e Indústrias Não-específicas (9) apresentam contribuição positiva em cinco dos países analisados. No caso do setor Aço e Ferro (1) aparece apenas com contribuições positivas nos países desenvolvidos, e os setores Alimentos e Tabaco (6), Agricultura (12) e Energético (14) apenas nos países em desenvolvimento, o que pode ser indício de diferentes métodos produtivos e inovativos nestes setores nos blocos de países. Nesta linha temática, é importante citar o Protocolo de Kyoto, de forma que dos países analisados, apenas os Estados Unidos não ratificaram este acordo (UN, 2011). Ao observar a parcela PIE, poderia-se esperar que todos os países tivessem diminuindo o uso dos insumos mais poluidores como Carvão e Petróleo e Gás, e aumentando o uso de Renováveis. Porém, para o Carvão, Brasil e Estados Unidos apresentam contribuições positivas; no caso do Petróleo e Gás, o Brasil apresenta contribuições positivas; para Renováveis, Índia e Reino Unido tem contribuições negativas; e para Eletricidade, Índia e Estados Unidos possuem contribuições negativas. No caso da Eletricidade não é possível saber a sua forma de produção, tal que esta pode ser mais limpa ou mais poluidora.

Uma possível explicação para o aumento do uso de outros insumos no Brasil, o que a princípio não seria esperado são as modificações na estrutura produtiva referentes à crise energética, visto que o período 1995 a 2005 capta esta crise energética no país e as possíveis modificações ocorridas nos processos de produção com o intuito de se evitar perdas futuras decorrentes de possíveis novas restrições de oferta de energia elétrica, ou seja, a crise pode ter feito as indústrias nacionais se adequassem à possíveis restrições de oferta de eletricidade. Assim, o crescimento no uso de carvão, petróleo e gás e renováveis pode ser fruto desta adequação das indústrias no país.

A modificação da estrutura produtiva é a parcela  $\Delta$ TEC que considera toda a estrutura produtiva do país. No Brasil a contribuição de todos os insumos é positiva, o que mostra que a estrutura produtiva está se tornando mais energointensiva. A China apresenta contribuições positivas para os insumos Renováveis e Eletricidade, assim como no caso da PIE, porém a contribuição total é negativa, sendo a parcela do insumo Carvão o principal determinante destes resultados. Na Índia, todos os insumos tem contribuições da parcela  $\Delta$ TEC negativas, evidenciando que a estrutura produtiva do país está se tornando menos energointensiva.

No caso da Alemanha, os insumos Renováveis, Eletricidade e Outros possuem contribuições negativas, porém a contribuição negativa do petróleo é determinante para o resultado de menor uso energético. Reino Unido e Estados Unidos apresentam contribuições negativas para quatro dos

insumos sendo a contribuição positiva no caso do RU do insumo Outros e nos EUA do insumo Renováveis. Assim, ambas as estruturas produtivas estão se tornando menos energointensivas, de tal modo que, assim como no caso alemão, a parcela de Petróleo e Gás é a principal.

As diferenças nos resultados agregados entre os países podem ser fruto de questões estruturais relativas às políticas energéticas implementadas em cada país antes ou durante o período de tempo analisado. Alguns exemplos dessas políticas em cada país que podem ter influenciado os resultados e ajudam a entendê-los podem ser ressaltados.

Para países em desenvolvimento: a) Brasil: Programa Nacional do Álcool de 1975 promove a substituição de petróleo por etanol; Programa Nacional de Racionalização do Uso do Petróleo de 1991 visa diminuir a demanda por petróleo; Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica de 1985 (ampliado 1994) age para o setor produtivo e famílias (MCT, 2010); b) China: Inexiste agencia central, cabendo medidas efetivas aos governos locais e outros órgãos governamentais (UN, 2011); c) Índia: o *Energy Conservation Act 2001* promove o uso eficiente de energia e sua conservação; *Electricity Act 2003* integra verticalmente a oferta de eletricidade (GI, 2006).

Para países desenvolvidos: a) Alemanha: Em 1995 estabelece regras de redução de emissões de CO<sub>2</sub> até 2005; *National Climate Protection Programme* de 2000 auxilia a atingir os resultados propostos em 1995. Em 2000 é criada a Agência Energética Alemã (DENA) para manter taxa elevada de eletricidade baseada em carvão visando a autosuficiência; *Energy Industry Act*, visto a importância deste setor na economia (OCDE, 2002a); b) Reino Unido: Em 2001 o *New Electricity Trading Arrangements* regulariza a liberalização do mercado de eletricidade e finaliza a liberalização do gás. Em 2000, o *New Climate Change Programme* contempla políticas de mitigação (OCDE, 2002b); c) Estados Unidos: *National Energy Policy* incorpora questões tais como: uso dos insumos, ambiental e relativas à eficiência (OCDE, 2002c).

Comparando assim os resultados das parcelas tecnológicas à luz da seção 2, nota-se que: i) ALE, RU e EUA estão num estado mais avançado de desenvolvimento socioeconômico e com estruturas produtivas já consolidadas; ii) China e Índia estariam num estágio mais próximo do avançado que do estágio intermediário, visto o tipo de consumo e como as mudanças nas estruturas produtivas afetam o uso de cada insumo nesses países; iii) o Brasil também se encontra num estágio acima do intermediário, porém não tão próximo em termos de uso energético e estrutura produtiva.

## 5. CONCLUSÕES

O trabalho investigou como a mudança na demanda, mais especificamente na demanda das famílias e na estrutura produtiva, afetam o uso de diferentes insumos energéticos em países desenvolvidos (Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos) e em países em desenvolvimento (Brasil, Índia e China), buscando responder i) como fatores associados à demanda afetam o uso dos insumos energéticos?; e ii) este processo se dá de maneira similar em economias já consolidadas e em economias emergentes?. Para avaliar estas questões, optou-se por utilizar matrizes de insumo-produto de 1995 e 2005 e a metodologia de Análise de Decomposição Estrutural (ADE).

Os resultados apontam que, em termos agregados, a variação do uso ( $\Delta X$ ) é positiva para todos os países menos Alemanha e Reino Unido. A contribuição das famílias é positiva para todos os países e a mais importante para Brasil, China, Índia e Estados Unidos. A decomposição da contribuição das famílias ( $\Delta FAM$ ) revela que o efeito quantidade (nível) é positivo e o efeito alocação (*mix*) negativo, sendo o primeiro é maior que o segundo. A contribuição tecnológica ( $\Delta TEC$ ) é positiva apenas para o Brasil, e a sua decomposição em parcela de insumos energéticos (PIE) e de insumos não energéticos (PINE) evidencia que a primeira é negativa para todos os países, e a segunda é positiva para Brasil, Índia e Alemanha. A PIE se mostra mais importante para explicar  $\Delta TEC$  que a PINE em todos os países com exceção do Brasil.

Em termos desagregados para cada insumo, nota-se que para os países em desenvolvimento: i) a variação do uso dos insumos é positiva para Carvão, Petróleo e Gás, Renováveis e Eletricidade; ii) a contribuição das famílias é, em geral, positiva e a principal parcela, sendo a exceção insumo Renováveis na China; iii) o efeito nível é positivo e maior que o efeito *mix*, que se apresenta negativo, para todos os insumos e países exceto Renováveis na China, onde o efeito *mix* é maior

que o efeito nível; iv) a contribuição tecnológica é positiva no Brasil, negativa na Índia e para alguns casos positiva e outros negativa na China; v) PIE sobrepuja PINE, tal que no Brasil na maioria dos insumos a PIE é positiva, na China para três dos cinco insumos é positivo e na Índia é negativo para todos os insumos.

Para os países desenvolvidos tem-se que: i) na Alemanha e Estados Unidos há variação positiva em três dos cinco insumos, no Reino Unido apenas para dois; ii) a contribuição das famílias é positiva para a maioria dos casos; iii) o efeito nível é maior que o efeito *mix* em todos os países; iv) a contribuição tecnológica é positiva para poucos casos (Renováveis, Eletricidade e Outros na Alemanha, Outros no Reino Unido e Renováveis nos Estados Unidos), e a principal parcela para maioria dos casos; v) a PIE é positiva para três insumos na Alemanha, dois no Reino Unido e Estados Unidos, tal que PIE é maior que PINE em pelo menos quatro insumos de todos os países.

A partir destes resultados é possível concluir: i) o efeito renda parece se mostrar mais importante que o efeito preço no caso das famílias; ii) há similaridades entre o modo como as mudanças estruturais afetam o uso de energia em países emergentes e desenvolvidos, o que pode ser fruto do processo de industrialização tardia dos primeiros, que tiveram a montagem de suas estruturas produtivas baseadas em investimentos externos e deslocamento das firmas em busca de redução de custos; iii) para alguns casos, principalmente nos países desenvolvidos, isto é, com estruturas produtivas consolidadas, as mudanças nessas estruturas se mostram mais importantes que o consumo das famílias para explicar a variação no uso dos insumos energéticos.

A Análise de Decomposição Estrutural, combinação entre a ADE apresentada por Miller e Blair (2009) e Lin e Polenske (1995), corrigindo a questão da demanda final como levantado por Dietzenbacher e Stage (2006), é apenas uma das possíveis decomposições. Para se entender melhor cada um dos resultados de cada país, são necessários estudos específicos e mais detalhados, tal que o tema não está esgotado. Assim é possível realizar estudos para países individualmente, utilizar outras amostras de países, ou diferentes períodos de tempo.

## REFERÊNCIAS

- ASAFU-ADJAYE, J. The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. **Energy Economics**, v. 22, p. 615–625, 2000.
- BARNES, D. F.; FLOOR, W. M. Rural Energy in Development Countries: a challenge for economic development. **Ann. Rev. Energy Environ.**, v. 21, p. 497-530, 1996
- BHATTACHARYYA, S. C. **Energy Economics: concepts, issues, markets and governance**. London: Springer, 2011
- BERNDT, E. R. Energy Use, Technical Progress and Productivity Growth: A survey of Economic Issues. **Journal of Productivity Analysis**, v. 2, n.1, p. 67-83, 1990.
- BROWN, J. H.; BURNSIDE, W. R.; DAVIDSON, A. D.; DELONG, J. P.; DUNN, W. C.; HAMILTON, M. J.; MERCADO-SILVA, N.; NEKOLA, J. C.; OKIE, J. G.; WOODRUFF, W. H. ZUO, W. Energetic Limeits to Economic Growth. **BioScience**, v. 61, n. 1, p. 19-26, 2011.
- CHRISTENSEN, P. History of Energy in Economics. In: CLEVELAND, C.J. (org.) **Encyclopedia of Energy**. Oxford: Elservier, 2004.
- CHONTANAWAT, J.; HUNT, L. C.; PIERSE, R. Does energy consumption cause economic growth? Evidence from a systematic study of over 100 countries. **Journal of Policy Modeling**, v. 30, p. 209-220, 2008.
- COHEN, C. Padrões de consumo, energia e meio ambiente. **Texto para Discussão n. 185 IE/UFF**. Niterói, 2005.
- DAHL, C. A. **International Energy Markets: understanding pricing and profits**. Tulsa: PennWell, 2004.
- DARMSTADTER, J.; DUNKERLEY, J.; ALTERMAN, J. **How Industrial Societies Use Energy: a comparative analysis**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1977.
- DIETZENBACHER, E.; STAGE, J. Mixing oil and water? Using hybrid input-output tables in Structural decomposition analysis. **Economics Systems Research**, v. 18, n. 1, p. 85-95, 2006.

- FRANCIS, B. M.; MOSELEY, L.; IYARE, S. O. Energy consumption and projected growth in selected Caribbean countries. **Energy Economics**, v. 29, p. 1224-1232, 2007.
- FOUQUET, R. A brief history of energy. In: EVANS, J.; HUNT, L.C. **International Handbook on the Economics of Energy**. Northampton: Edward Elgar, 2009.
- \_\_\_\_\_. The sustainability of 'sustainable' energy use: historical evidence on the relationship between economic growth and renewable energy. **BC3 Working paper**, 2010.
- GLASURE, Y. U.; LEE, A-R. Cointegration, error-correction and the relationship between GDP and energy: The case of South Korea and Singapore. **Resources and energy Economics**, v. 20, p. 17-25, 1997.
- GOVERNMENT OF INDIA. **Integrated Energy Policy**. New Delhi, 2006.
- HO, C-Y.; SIU, K. W. A dynamic equilibrium of electricity consumption and GDP in Hong Kong: an empirical investigation. **Energy Policy**, v. 35, p. 2507-2513, 2007.
- HUANG, B-N.; HWANG, M.J.; YANG, C.W. Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: a dynamic panel data approach. **Ecological Economics**, v. 67, p. 41-54, 2008.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Worldwide Trends In Energy Use And Efficiency: Key Insights From IEA Indicator Analysis**, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Energy Prices and Taxes: Quarterly Statistics. 4<sup>th</sup> quarter 2010**.
- \_\_\_\_\_. **Energy Balance of non-OECD countries 1995**. Paris: IEA, 1997.
- \_\_\_\_\_. **Energy Balance of non-OECD countries 2000-2001**. Paris: IEA, 2003.
- \_\_\_\_\_. **Energy Balance of non-OECD countries 2005**. Paris: IEA, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Energy Balance of non-OECD Database**. Disponível em <[http://www.oecd-ilibrary.org/economics/data/oecd-stat\\_data-00285-en](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/data/oecd-stat_data-00285-en)>. Acesso em 10 de maio de 2011.
- JORGENSEN, D. W. The role of energy in productivity growth. **American Economic Review**, v. 74, n. 2, p. 26-30, 1984.
- KRAFT, J.; KRAFT, A. On the relationship between energy and GNP. **Journal of Energy and Development**, v. 3, p. 401-403, 1978.
- LAKSHMANAN, T. R; BOLTON, R. Regional energy and environmental analysis", in P. Nijkamp (eds) **Handbook of Regional and Urban Economics**, vol. 1, North Holland, p.581-628, 1986.
- LEE, C-C. Energy consumption and GDP in developing countries: a cointegrated panel analyses. **Energy Economics**, v. 27, p. 415-427, 2005.
- LEONTIEF, W.. Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States. **Review of Economics and Statistics**, v. 18, p.105-125, 1936.
- LIN, X.; POLENSKE, K. R. Input-Output Anatomy of China's Energy Use Changes in the 1980s. **Economic Systems Research**, v. 7, n. 1, p. 67-84, 1995.
- MADLENER, R. The economics of energy in developing countries. In: EVANS, J.; HUNT, L.C. **International Handbook on the Economics of Energy**. Northampton: Edward Elgar, 2009.
- MASIH, A.M.M.; MASIH, R. Energy consumption, real income and temporal causality: results from a multi-country study based on cointegration and error-correction modeling techniques. **Energy Economics**, v. 18, p. 165–183, 1996.
- MATTOS, L. B.; LIMA, J. E. Demanda residencial de energia elétrica em Minas Gerais 1970-2002. **Nova Economia**, v. 15, n. 3, p. 31-52, 2005.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions** 2nd Edition. New York: Cambridge University Press, 2009.
- MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. INVENTÁRIO DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA, MCT (2010). Disponível em: <[http://ecen.com/eee75/eee75p/inventario\\_emissoes\\_brasil.pdf](http://ecen.com/eee75/eee75p/inventario_emissoes_brasil.pdf)>.
- NARAYAN, P. K.; SMYTH, R. Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel cointegration with structural breaks. **Energy Economics**, v. 30, p.2331-2341, 2008.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OCDE. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>.

..... **Matrizes de Insumo-Produto.** Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 06 de abril de 2011

..... **Energy Policies of IEA Countries: Germany.** Paris, 2002a.

..... **Energy Policies of IEA Countries: United Kingdom.** Paris, 2002b.

..... **Energy Policies of IEA Countries: United States.** Paris, 2002c.

OH, W.; LEE, K. Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: the case of Korea 1970-1999. **Energy Economics**, v. 26, p. 51-59, 2004a.

..... Energy consumption and economic growth in Korea: testing the causality relation. **Journal of Policy Modeling**, v. 26, p. 973-981, 2004b.

PEET, J. Economic Systems and Energy, Conceptual Overview. In: CLEVELAND, C.J. (org.) **Encyclopedia of Energy**. Oxford: Elsevier, 2004.

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. M. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 58, n. 1, p. 67-98, 2004.

SCHURR, S. H. Energy Use, Technological Change and Productivity Efficiency: Na economic historical interpretation. **Ann. Rev. Energy**, v. 9, p. 409-425, 1984.

SOLOMON, B. D. Economic Geography of Energy. In: CLEVELAND, C.J. (org.) **Encyclopedia of Energy**. Oxford: Elsevier, 2004.

TOMAN, M. A.; JEMELKOVA, B. Energy and Economic Development: An Assessment of the state of knowledge. **The Energy Journal**, v. 24, n. 4, p. 93-112, 2003.

UNITED NATIONS – UN. Disponível em: <<http://www.un.org>> Acesso em: 01 de junho de 2011.

WOLDE-RUFAEL, Y. Energy consumption and economic growth: The experience of African countries revisited. **Energy Economics**, v. 31, p. 217-224, 2009.

#### *Anexo I – Variação do Produto e Contribuições Agregadas*

	País	$\Delta X$	$\Delta FAM$	Ef. Nível	Ef. Mix	$\Delta TEC$	PIE	PINE
Carvão	BRA	1200	763	2037	-1274	437	550	-113
	CHN	16710	214324	324908	-110585	-197613	-122708	-74906
	IND	-5104	22375	35740	-13365	-27479	-32848	5369
	ALE	-5288	-270	1226	-1496	-5018	-3990	-1028
	RU	-4134	-438	496	-934	-3697	-2177	-1519
	EUA	2809	6414	13919	-7505	-3605	3295	-6900
Petróleo e Gás	BRA	20877	19888	34068	-14180	989	-18292	19282
	CHN	140618	141965	194564	-52599	-1347	-36787	35440
	IND	31476	45469	65256	-19787	-13994	-20687	6693
	ALE	-27987	11843	27807	-15965	-39830	-51590	11760
	RU	-2159	27953	49447	-21493	-30113	-26945	-3168
	EUA	-25328	292760	544597	-251837	-318088	-307716	-10372
Renováveis	BRA	13497	10078	19440	-9361	3419	343	3075
	CHN	-2201	-3576	5320	-8896	1374	882	493
	IND	16596	27827	54911	-27084	-11232	-17885	6653
	ALE	5896	4101	4170	-69	1795	1318	477
	RU	-180	131	245	-114	-311	-272	-38
	EUA	28167	9555	17097	-7541	18611	34797	-16186
Eletricidade	BRA	9493	5161	10442	-5281	4332	4256	76
	CHN	109611	88165	122060	-33895	21446	18403	3043
	IND	14742	17191	26745	-9555	-2449	-7328	4879
	ALE	4636	4500	8922	-4422	136	1245	-1110
	RU	3156	4883	9587	-4704	-1728	191	-1919
	EUA	39263	100172	157483	-57312	-60908	-42034	-18874
Outros	BRA	0	0	0	0	0	0	0
	CHN	27303	29485	38876	-9391	-2181	-8470	6289
	IND	0	0	0	0	0	0	0
	ALE	19759	-4342	-2781	-1561	24101	22783	1318
	RU	1350	187	306	-120	1163	1303	-140
	EUA	-3331	2316	4035	-1718	-5647	-5093	-554

Fonte: Elaboração Própria com base nos resultados da pesquisa.

Obs.: As somas podem não ser exatas devido a arredondamentos.

*Anexo II – Contribuições Setoriais da Parcela de Insumos Energéticos*

	País	S. 1	S. 2	S. 3	S. 4	S. 5	S. 6	S. 7	S. 8	S. 9	S. 10	S. 11	S. 12	S. 13	S. 14
Carvão	BRA	1163	-75	83	-279	121	26	-60	-4	53	-253	1	17	1	-244
	CHN	-38326	-61776	0	103093	-1705	-17489	-13932	-12571	-41159	-17420	-2812	-3521	-19002	3910
	IND	-2769	-3754	27	-5598	-16	157	-912	-987	-8736	-1454	-3390	95	-4766	-743
	ALE	-1710	-1221	0	-252	222	-8	-121	-15	-53	-146	-505	-50	-27	-104
	RU	-326	-535	0	87	-2	-201	-57	61	-395	-64	-305	19	-159	-301
	EUA	-7709	666	-52	-2065	-6	492	3480	483	6841	-286	-33	520	-497	1461
Petróleo e Gás	BRA	1200	133	1484	2100	-244	549	-10	-58	166	-26298	-153	1211	-9	1636
	CHN	-9979	-13957	0	29198	478	-1259	-1515	-843	354	-46331	6482	1579	-2042	1048
	IND	-242	-3053	-85	-688	-451	4285	-29	-413	-504	-26922	-109	2606	-176	5094
	ALE	-700	-19958	0	1213	121	74	271	138	-1538	-25879	-4214	-3	-644	-471
	RU	-496	-10128	0	-151	-287	296	-44	957	-313	-11752	-1178	-5	-4884	1041
	EUA	-5180	-110913	-10958	-1707	-249	-1904	5540	2620	8676	-135713	-47383	1550	871	-12965
Renováveis	BRA	1775	-128	-90	1140	-12	5142	818	-28	60	-7796	-35	670	98	-1271
	CHN	-21	-35	0	61	0	-8	-7	-4	-16	-25	3	-1	928	6
	IND	-24	-109	-2	-54	-13	121	-6	-18	-14703	-692	-2573	74	-25	138
	ALE	-3	-16	0	1	1	1	-63	0	-64	1366	7	0	0	90
	RU	0	-1	0	0	0	0	0	0	-388	68	-25	42	32	0
	EUA	-11	610	-18	384	-3	915	26714	58	322	4987	606	230	9	-6
Eletricidade	BRA	336	-86	864	354	-185	660	80	40	866	-693	1099	737	2	182
	CHN	-4853	-11609	0	28234	2563	-1710	-1883	1237	-306	-4598	3935	-382	1113	6661
	IND	-42	-192	-4	-95	-23	214	-11	-31	-4662	-1557	-25	-1503	-241	845
	ALE	-63	-582	0	280	95	350	607	27	635	-1197	481	103	-17	528
	RU	-92	410	0	102	-5	273	480	407	-42	-367	-1620	288	-95	452
	EUA	-832	-7465	-8782	-528	-2723	428	974	1418	-8859	-2835	-22047	43	9942	-766
Outros	BRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CHN	-3131	-5035	0	2741	-299	-443	-653	220	-2053	-1094	790	-64	-1102	1653
	IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ALE	-22	-452	0	-26	-7	-99	-58	1	6571	-119	-18	0	17174	-161
	RU	-1	483	0	0	0	0	79	1	392	-6	310	0	-2	47
	EUA	-131	-2395	-39	-17	-4	-261	-607	-89	-270	-194	-2349	3	14	1246

Fonte: Elaboração Própria com base nos resultados da pesquisa.

Obs.: As somas podem não ser exatas devido a arredondamentos.

*Anexo III – Contribuições Setoriais da Parcela de Insumos Não-Energéticos*

	País	S. 1	S. 2	S. 3	S. 4	S. 5	S. 6	S. 7	S. 8	S. 9	S. 10	S. 11	S. 12	S. 13	S. 14
Carvão	BRA	-1726	21	-11	-9	-27	2	-82	-49	1466	-97	-313	131	347	234
	CHN	-1984	-3848	0	-35336	2549	78	1364	9107	-56130	1901	-4376	-1779	-19645	33193
	IND	-2199	-13	-163	391	-17	220	113	703	5962	157	-1610	481	-69	1414
	ALE	31	-52	0	110	12	-18	10	10	11	47	-116	-14	-1178	120
	RU	-193	-27	0	-40	0	-66	-25	2	-946	-7	-103	1	-83	-30
	EUA	-113	-276	-391	-154	75	-271	-334	-61	1976	-480	-1490	-209	-4818	-356
Petróleo e Gás	BRA	-325	181	-735	-483	68	1521	-396	-244	4658	1737	-910	1405	9107	3698
	CHN	-869	-1313	0	-10615	2945	2065	1104	7474	7166	4525	-245	724	-2266	24744
	IND	-722	-40	33	-142	-18	476	50	588	4102	763	-1087	858	552	1280
	ALE	725	268	0	898	32	637	330	66	4686	2924	8260	-166	-9083	2184
	RU	92	-2	0	-22	-77	-902	-42	368	-3853	1858	210	93	-425	-468
	EUA	4320	-4612	-9003	49	2577	4081	6370	473	47947	10859	-11063	-4379	-63518	5526
Renováveis	BRA	-2305	-62	1	-422	-44	369	-627	-64	2493	221	-2295	932	3570	1309
	CHN	-33	-7	0	-39	27	26	6	76	138	30	60	11	-21	219
	IND	-586	-22	-4	82	-22	329	67	743	6137	-39	-1723	476	-253	1469
	ALE	19	12	0	16	2	26	8	1	118	90	284	-5	-151	58
	RU	1	-1	0	0	0	-32	0	2	-6	3	-3	-4	3	-3
	EUA	50	-432	-304	-101	81	-311	-1140	42	1545	-679	-2245	-302	-12036	-355
Eletricidade	BRA	-559	-19	-976	-12	-55	180	-343	-172	1364	-121	-1635	531	1191	704
	CHN	-1196	-1888	0	-9195	1385	596	670	4939	-3202	1192	-570	-397	-4453	15163
	IND	-434	-72	-1	40	-14	173	56	510	4076	-62	-1181	741	22	1023
	ALE	153	-71	0	297	-15	-35	49	21	1970	190	-201	-12	-3814	360
	RU	-1	-3	0	-59	-11	-438	-105	64	-1190	66	-293	-27	226	-149
	EUA	-39	-915	-2025	-211	349	-77	-237	-711	9819	-1837	-4721	-987	-16949	-334
Outros	BRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CHN	-98	-502	0	-1459	425	266	264	1569	2236	283	228	-85	-330	3490
	IND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ALE	93	42	0	141	-27	86	124	13	2135	229	-32	40	-1792	267
	RU	6	-8	0	-3	-1	-21	-14	5	-75	-2	-24	-5	16	-14
	EUA	-1	-33	-46	-8	6	-1	-25	-23	186	-23	-94	-27	-455	-11

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Obs.: As somas podem não ser exatas devido a arredondamentos.