CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE SISTÊMICA POR ÁREA DE CONCESSÃO DE DISTRIBUIÇÃO

Maria Carolina Correia Marques[1]
Eduardo Amaral Haddad[2]

Este trabalho tem como objetivo analisar a composição setorial do consumo de energia elétrica incorporado às exportações brasileiras em cada área de concessão de distribuição. Para tanto, foi elaborada uma matriz de insumo-produto inter-regional e coeficientes setoriais de consumo de energia elétrica por área de concessão. Foi constatado que o consumo de energia elétrica incorporado às exportações é maior nos setores industriais e que a produção destinada à exportação é mais eletrointensiva do que a produção destinada ao consumo interno em 37 das 58 áreas de concessão analisadas.

Palavras-chave: análise de insumo-produto; distribuição e consumo de energia elétrica; exportações; análise regional.

ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION OF BRAZILIAN EXPORTS: A SYSTEMIC ANALYSIS BY DISTRIBUTION CONCESSION AREA

The objective of this article is to analyze the sectoral composition of the electric energy consumption used in the production of exported goods and services in each electricity distribution concession area in Brazil. To accomplish this goal, an interregional input-output matrix was elaborated, along with sectoral coefficients of electric energy use. The results indicate that the sector which consumes more energy associated with its exports is the manufacturing sector. There is also an indication that Brazilian exports consume electric energy throughout their value chain more intensively than the production associated with the domestic absorption in 37 out of the 58 electricity distribution concession areas.

Keywords: input-output analysis; energy distribution and consumption; exports; regional analysis.

JEL: C67; Q43; R12.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica cumpre um papel fundamental na produção dos mais diferentes setores da economia. Seja em pequena quantidade, garantindo o funcionamento de computadores no setor de serviços, seja utilizada em larga escala na transformação de minério em metal na indústria de alumínio, sua utilização é essencial. Assim sendo, uma deficiência na prontidão de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica pode levar desde a uma severa redução da produtividade à completa incapacidade produtiva.

1. Economista na Confederação Nacional da Indústria (CNI). *E-mail*: <carolmcmarques@gmail.com>.
2. Professor titular no Departamento de Economia da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo (USP) e pesquisador do Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus) da USP. Bolsista de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). *E-mail*: <ehaddad@usp.br>.

A geração de energia elétrica no Brasil, por sua composição hidroelétrica majoritária, localiza-se distante dos grandes mercados consumidores. Assim, com o objetivo de atingir todos os mercados consumidores, o Sistema Interligado Nacional (SIN) possuía, em 2013, aproximadamente 100.000 km de linhas de transmissão.[3] Para garantir a continuidade do fornecimento de energia elétrica, estas linhas devem comportar a tensão necessária para atender à demanda industrial e ser expandidas de acordo com as previsões de consumo de energia elétrica em cada região, estado e município do país.

O mercado de distribuição de energia elétrica é um monopólio natural e comporta apenas uma firma operando por mercado cativo. Para garantir a cobrança de um preço justo e a qualidade e a continuidade do serviço, o poder concedente (União, estado, Distrito Federal ou município, em cuja competência encontre-se o serviço público)[4] estabelece áreas de concessão de distribuição de energia elétrica, doravante referidas como ACDEs. As firmas que ganham o processo licitatório comprometem-se a prestar serviço de distribuição aos consumidores cativos de sua área e a submeter-se à regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que estabelece os valores de tarifas por ACDE, de acordo com a qualidade do serviço prestado.

Desse modo, qualquer análise do consumo de energia elétrica em um país de vasto território e heterogêneo na estrutura produtiva de suas regiões, como o Brasil, deve levar em consideração o espaço e mais especificamente a distribuição espacial da produção setorial. Além disso, o Brasil apresenta uma acentuada heterogeneidade tecnológica no espaço, o que permite que firmas classificadas no mesmo setor apresentem coeficientes de consumo de energia elétrica significativamente diferentes entre suas regiões. Assim, controlando por fatores espaciais e setoriais, é possível estabelecer uma relação estreita entre produção e consumo de energia elétrica. Para estabelecer esta relação, as ACDEs são a unidade espacial mais adequada, pois as diferenças de qualidade no serviço e de preço entre as distribuidoras podem gerar diferentes estruturas produtivas e diferentes níveis de eficiência energética nos setores.

Contudo, uma análise de cada setor isoladamente não é suficiente, pois a produção de um determinado setor depende da produção dos outros setores, seja como fornecedores de insumos, seja como demandantes de seu produto. Da mesma maneira, uma análise das regiões separadamente deixa a desejar, pois negligencia o comércio inter-regional, o qual possibilita a transferência de insumos de uma região para outra, expandindo a capacidade produtiva por explorar as vantagens comparativas dentro do território nacional, além de permitir o escoamento da produção final para outras regiões, aumentando o mercado consumidor e possibilitando ganhos de escala.

3. Existe ainda uma porção do mercado consumidor nacional de energia elétrica ainda não interligada, composta pelos chamados sistemas isolados.

4. Artigo 5º da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Disponível em: <https://goo.gl/O7Vs3C>.

Desse modo, parte da produção de cada setor é destinada ao consumo interno, sendo este subdividido em consumo intermediário, consumo do governo, consumo das famílias e investimento, enquanto outra parcela da produção destina-se à demanda externa, compondo as exportações brasileiras.

O comércio internacional é amplamente estudado pela teoria econômica e a importância das exportações para a estabilidade, o crescimento e o desenvolvimento dos países é debatida entre as mais diversas correntes de pensamento. Seja como financiadoras das importações, seja como ampliadoras de mercados para possibilitar a diversificação de produtos ou simplesmente como uma forma de explorar as vantagens comparativas do país, as exportações são consideradas vitais e sua estrutura deve, portanto, ser cuidadosamente analisada. Além disso, a composição das exportações impacta diretamente a estrutura produtiva de cada região, gerando pressões sobre sua infraestrutura e sobre seu consumo energético. Este impacto, entretanto, não se limita apenas à própria região, mas se propaga para outras regiões por meio das ligações produtivas supracitadas.

O objetivo deste artigo é analisar o impacto das exportações brasileiras sobre o consumo de energia elétrica em cada ACDE, mapeando seus efeitos ao longo de toda a cadeia produtiva ao estimar o consumo de energia elétrica incorporado aos fluxos de bens e serviços destinados ao exterior. Para alcançar este objetivo, será utilizada uma matriz de insumo-produto inter-regional combinada a coeficientes de intensidade de consumo de energia elétrica. Essa metodologia tem como benefício a possibilidade de desagregação setorial enquanto mantém o caráter integrado da produção; além disso, sua forma inter-regional contempla satisfatoriamente os vínculos produtivos entre as diferentes regiões.

O modelo de insumo-produto inter-regional utilizado (Haddad e Marques, 2012) apresenta 58 regiões correspondentes às ACDEs[5] e quinze setores produtivos, sendo que, entre estes, nove são classificados como setores industriais. Tal desagregação, embora limitada pela qualidade e pela quantidade dos dados disponíveis, justifica-se pela importância dos setores industriais no consumo de energia elétrica na produção. Dos quinze setores analisados, seis são classificados como setores eletrointensivos, isto é, setores com grande intensidade no consumo de energia elétrica na sua produção, e todos os seis são setores industriais.

5. No processo de regionalização do modelo, foi necessário agregar algumas das concessionárias. Assim, das atuais 64 concessionárias de distribuição, o procedimento de agregação possibilitou considerar 58 "regiões". Sem prejuízo para a discussão subsequente, denominaremos tais regiões de ACDEs. Para mais detalhes sobre o processo de agregação, ver Marques (2012).

Uma importante ressalva deve ser feita em relação às informações sobre consumo de energia elétrica utilizadas neste estudo.[6] O mercado de energia elétrica no Brasil divide-se em três tipos básicos de consumidores: consumidor cativo, consumidor livre e autoprodutor. O consumidor cativo é aquele com baixo consumo, que adquire energia da concessionária que detém o monopólio da distribuição em sua região. Nessa categoria encontram-se os consumidores residenciais, além dos estabelecimentos comerciais e industriais pequenos e médios. Quando um consumidor atinge um nível de consumo entre 500 kW e 3.000 kW, ele pode optar por deixar o mercado cativo e passar para o mercado livre como consumidor especial. Os consumidores nessa categoria podem adquirir energia elétrica diretamente dos produtores, desde que estes sejam classificados como fonte incentivada, isto é, produtores de energia eólica, solar, por biomassa ou por pequena central hidroelétrica. O consumidor que ultrapassa o limite de 3.000 kW pode optar por tornar-se um consumidor livre. Os consumidores nessa categoria podem adquirir energia de qualquer fonte, negociando os preços no mercado livre de energia, em que se encontram consumidores especiais e livres, geradoras e comercializadoras para livre negociação e contratação. Nessa categoria encontram-se principalmente empresas comerciais ou industriais de grande porte. Finalmente, a última categoria de consumidor é o autoprodutor, pessoas físicas ou jurídicas ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica para uso exclusivo. É possível que empresas autoprodutoras sejam também consumidoras nos mercados livre ou cativo, para complementar sua autoprodução ou alternar a fonte, dependendo do custo.

Dados sobre autoprodução não estavam disponíveis da forma desagregada necessária para o cálculo dos coeficientes de intensidade de consumo de energia elétrica, não sendo, pois, considerados no estudo. Sendo assim, o leitor deve ter em mente que os resultados apresentados não incorporam, como veremos, as estatísticas de consumo próprio (autoprodução) no nível compatível com a abertura dos dados de consumo cativo e livre incluídas no trabalho.

Este artigo divide-se em cinco seções, incluindo esta introdução. A seção 2 apresenta a revisão de literatura e a metodologia utilizada neste trabalho. A seção 3 apresenta a organização das informações sobre consumo de energia elétrica, contemplando as hipóteses necessárias para a compatibilização das diferentes fontes de dados, bem como as limitações encontradas. A seção 4 apresenta os resultados, com análises da pauta de exportações das ACDEs, dos coeficientes setoriais de consumo de energia elétrica e dos consumos de energia elétrica inicial, direto, indireto e total dos fluxos de exportação. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais deste trabalho.

6. Agradecemos a um parecerista anônimo por levantar esse ponto, bastante pertinente para o entendimento dos resultados do trabalho com as devidas ressalvas.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA

Um estudo da Organização das Nações Unidas (ONU)[7] indica que o mundo necessitará, em 2030, de 50% mais comida, 45% mais energia elétrica e 30% mais água em relação às necessidades de 2012. Esse aumento substancial deve-se não apenas ao crescimento populacional esperado, mas também à melhoria na condição de vida de milhões de pessoas, que sairão da pobreza extrema e começarão a consumir mais.

No caso brasileiro, a queda da taxa de natalidade e as reduções da desigualdade de renda favoreceram, até recentemente, a ampliação da demanda interna, levando ao aumento da produção no país a despeito da crise mundial. Em um cenário de retomada de crescimento, a recuperação da demanda externa pressionará o país a ampliar sua infraestrutura, de modo a atingir as condições necessárias para garantir a produção.

A disponibilidade energética é um dos focos nessa busca por provisão de infraestrutura, pois o processo de desenvolvimento econômico leva a um aumento substancial na demanda por energia elétrica e é necessário que planos de crescimento econômico venham acompanhados de um planejamento energético (Arbex e Perobelli, 2010).

Essa relação entre crescimento econômico e consumo de energia elétrica dá-se tanto pelo aumento da demanda final quanto pela alteração da estrutura produtiva. O aumento da demanda final aciona um aumento da produção por meio da cadeia produtiva, levando a um maior consumo energético. O efeito sobre a estrutura produtiva ocorre pela incorporação de novas tecnologias e atividades produtivas de maior valor agregado, que podem apresentar maior ou menor consumo de energia elétrica em sua produção. Essas últimas alterações não ocorrem tão rapidamente como as alterações na demanda final, pois demandam acumulação de capital, capacitação de pessoal, adequação de infraestrutura, entre outros fatores. O foco deste trabalho é a demanda final, mais especificamente as exportações, e sua influência sobre o consumo energético por meio da cadeia produtiva.

O primeiro componente da demanda final a ser relacionado ao consumo de energia elétrica por meio da estrutura produtiva foi o consumo das famílias. Herendeen (1976) notou que o consumo energético das famílias não se limitava ao consumo direto (por exemplo, combustíveis para carros e eletricidade para uso doméstico), mas era também composto por uma parcela indireta, a energia elétrica incorporada aos bens e serviços consumidos pelas famílias no momento de sua produção. Esse trabalho contrariou a suposição dominante na época de que o consumo de energia elétrica das famílias é marginalmente decrescente com o aumento da renda. O autor afirma que esse comportamento limita-se ao consumo energético direto, enquanto o consumo energético indireto continua a crescer proporcionalmente com a renda.

7. UN (2012).

Essa parcela de consumo energético indireto pode ser tratada como uma demanda derivada, o que significa que esta demanda surge como consequência da demanda por outros bens e serviços e, deste modo, depende da estrutura produtiva da economia, da intensidade energética de cada atividade, do nível de produção setorial e da idade do estoque de capital (Alcántara e Padilla, 2003).

Assim, cada componente da demanda final contém em si toda a energia elétrica utilizada em sua produção e em toda a cadeia produtiva de seus insumos. As exportações, como componente da demanda final, não apresentam exceção, porém a energia elétrica contida nesses produtos é enviada para fora de um país embutida nos produtos exportados, enquanto as consequências da produção desta energia elétrica permanecem dentro dos limites territoriais.

Matrizes de insumo-produto aliadas a coeficientes energéticos vêm sendo aplicadas a diversas economias com diferentes finalidades. A disseminação dessa metodologia deve-se à sua capacidade de captar adequadamente os efeitos intersetoriais. A análise de matrizes de insumo-produto é utilizada, entre outros, na geração de dados para subsidiar políticas públicas, pois ao mesmo tempo em que permite uma visão macro da economia, vislumbra as relações microeconômicas entre setores, tendo sido utilizada para avaliar quais componentes da demanda final devem ser estimulados ou desestimulados para um uso mais eficiente de energia elétrica e para alterar a combinação de tecnologias usadas na geração de energia elétrica (Hawdon e Pearson, 1995).

Ainda, a metodologia de insumo-produto permite uma melhor compreensão das origens e dos destinos da produção, tornando possível traçar onde a energia elétrica está sendo consumida na produção e onde o produto final está sendo consumido. Alcántara e Duarte (2004) utilizam uma decomposição estrutural para analisar a absorção energética de quinze países europeus, relacionando esta absorção a efeitos de demanda, de estrutura produtiva e de intensidade energética. Em seus resultados, eles apontam que as diferenças na absorção energética são fortemente influenciadas pela demanda e pela intensidade energética, enquanto as diferenças nas estruturas produtivas dos países não representavam uma forte influência sobre estas diferenças.

Ainda, em um país de vasto território como o Brasil, não é suficiente fazer uma análise nacional. Tendo isto em vista, diversos trabalhos utilizaram matrizes de insumo-produto para avaliar a relação entre consumo de energia elétrica e estrutura produtiva sob uma perspectiva regional.

O trabalho de Perobelli, Mattos e Faria (2007) estuda as relações intersetoriais e inter-regionais entre o estado de Minas Gerais e o restante do país, com foco na dependência energética. Seus resultados revelam que, para requerimentos

inter-regionais, o componente indireto é mais relevante, enquanto para os requerimentos intrarregionais, o componente direto é mais relevante para os setores de transporte, papel e celulose, ferro e aço e minerais não metálicos. Perobelli *et al.* (2010) chegaram a resultados similares avaliando a dependência energética direta e indireta entre cinco regiões brasileiras (Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e restante do Brasil).

Um importante desenvolvimento na análise do sistema elétrico brasileiro foi o trabalho realizado por Santos (2010), que analisou a distribuição espacial das tarifas de energia elétrica por meio de um modelo de equilíbrio geral computável, o qual considera como regiões as 27 Unidades Federativas (UFs). Como parte de seu trabalho, analisou também os coeficientes de consumo de energia elétrica nas grandes regiões brasileiras, tendo sido encontrado, como resultado, que as regiões Norte e Nordeste são as que apresentam maior intensidade energética. Foi realizada a análise do padrão espacial do produto interno bruto (PIB) dos setores eletrointensivos nas UFs e do seu consumo de energia elétrica, atribuindo a diferença entre as intensidades energéticas a fatores como diversificação energética, diferenciação de produto capaz de gerar mais valor adicionado, economias de escala e uso mais eficiente de energia elétrica nas regiões do Centro-Sul do país. Esse trabalho destaca, ainda, que a possibilidade de substituir energia elétrica por gás natural na indústria é um dos fatores determinantes na intensidade de uso de energia elétrica, havendo evidências de que esta substituição energética ocorreu no Sudeste brasileiro, após disponibilizado e garantido o fornecimento de gás natural.

O trabalho de Santos (2010) representou uma evolução em termos de modelagem econômica para o setor elétrico brasileiro. No entanto, ao considerar as UFs como unidades geográficas relevantes, diversas ACDEs foram agregadas, de modo que a elaboração de um modelo de equilíbrio geral computável que as contemple como unidades geográficas relevantes apresentaria um ganho de informação, dado que as tarifas de energia elétrica são determinadas por ACDE.

A elaboração da matriz inter-regional de insumo-produto para as ACDEs pode ser considerada como um passo na direção da elaboração desse modelo de equilíbrio geral computável. No entanto, este trabalho limita-se a quantificar a maior parte da energia elétrica incorporada às exportações brasileiras levando em consideração[8] a localização de sua produção e da sua cadeia produtiva nas 58 ACDEs contidas no modelo descrito a seguir.

8. Quantifica-se parcialmente a energia elétrica incorporada às exportações brasileiras em 2007 ao não se considerar a autoprodução.

2.1 Metodologia

O modelo IIOS-Aneel[9] consiste em um modelo inter-regional de insumo-produto e sua adoção decorre de sua capacidade de captar bem os efeitos *spillover* e *feedback* entre as regiões (Miller e Blair, 1985). Qualquer elevação ou queda da produção em uma região, motivada por variação na demanda final, afeta não apenas aquela região, mas todas as outras regiões que produzem os insumos que esta região utiliza. O modelo utilizado neste artigo possui 58 regiões, relativas às ACDEs,[10] e quinze setores produtivos. Esquematicamente, a matriz Z representa os fluxos de consumo intermediário entre todos os setores, bem como entre todas as regiões, sendo uma matriz quadrada de dimensão 870 x 870.

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{1,1} & \cdots & Z^{1,58} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z^{58,1} & \cdots & Z^{58,58} \end{bmatrix}, \text{onde } Z^{r,s} = \begin{bmatrix} z_{1,1} & \cdots & z_{1,15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{15,1} & \cdots & z_{15,15} \end{bmatrix}.$$

O vetor de produção final, X, consequentemente, terá dimensão 870 x 1:

$$X = \begin{bmatrix} X^1 \\ \vdots \\ X^{58} \end{bmatrix}, \text{onde } X^r = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_{15} \end{bmatrix}.$$

A demanda final (Y), por sua vez, é composta pelo consumo das famílias (C), pelo investimento (I), pelo consumo do governo (G) e pelas exportações (E), sendo representada como:

$$Y = C + I + G + E. \quad (1)$$

Efeito inicial das exportações = E.

Como o foco deste artigo é a demanda final externa, os componentes relativos à absorção doméstica foram agregados:

$$V = C + I + G, \quad (2)$$

9. IIOS-Aneel = *interregional input-output system* (IIOS) for the concession areas of Aneel.

10. Ver classificação regional no apêndice A deste artigo. Os detalhes dos procedimentos metodológicos utilizados para a geração do sistema inter-regional de insumo-produto podem ser encontrados em Haddad e Marques (2012) e Marques (2012).

de modo que:

$$Y = \begin{bmatrix} Y^1 \\ \vdots \\ Y^{58} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V^1 \\ \vdots \\ V^{58} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E^1 \\ \vdots \\ E^{58} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

em que:

$$V^r = \begin{bmatrix} c_1 & + & i_1 & + & g_1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{15} & + & i_{15} & + & g_{15} \end{bmatrix}.$$

$$E^r = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_{15} \end{bmatrix}.$$

É possível elaborar uma matriz de coeficientes setoriais e regionais, denominada matriz *A*, cujos elementos são calculados a partir dos elementos da matriz *Z* e do vetor *X*, conforme o critério a seguir:

a) caso o coeficiente represente o fluxo entre setores i e j dentro de uma mesma região: $a_{ij}^{rr} = \frac{z_{ij}^{rr}}{x_j^r}$;

b) caso o coeficiente represente o fluxo entre setores i e j entre regiões diferentes: $a_{ij}^{sr} = \frac{z_{ij}^{sr}}{x_j^r}$.

A matriz *A* pode, então, ser representada desta forma:

$$A = \begin{bmatrix} A^{1,1} & \cdots & A^{1,58} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{58,1} & \cdots & A^{58,58} \end{bmatrix}, \text{ onde } A^{r,s} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{15,1} & \cdots & a_{15,15} \end{bmatrix}.$$

Como a matriz *A* possui os coeficientes de produção, obtém-se o efeito direto das exportações ao se pré-multiplicar o vetor *E* pela matriz *A*:

Efeito direto de E = AE.

É possível, ainda, determinar a produção final a partir dessas matrizes e desses vetores:

$$X = Ax + Y. \quad (4)$$

Rearranjando, chega-se à identidade de Leontief, em que é possível estabelecer a produção final a partir da demanda final e dos coeficientes que caracterizam a estrutura produtiva:

$$X = (I - A)^{-1} Y. \tag{5}$$

Para efeito de simplificação:

$$B = (I - A)^{-1}. \tag{6}$$

$$B = \begin{bmatrix} B^{1,1} & \cdots & B^{1,58} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ B^{58,1} & \cdots & B^{58,58} \end{bmatrix}, \text{ onde } B^{r,s} = \begin{bmatrix} b_{1,1} & \cdots & b_{1,15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{15,1} & \cdots & b_{15,15} \end{bmatrix}.$$

Assim sendo, é possível decompor a produção de acordo com os componentes da demanda final:

$$X = BV + BE. \tag{7}$$

Obtemos, assim, a parcela da produção gerada pelas exportações, denominada efeito total das exportações:

Efeito total de E = BE.

Calculamos, então, o efeito indireto subtraindo o efeito direto e inicial do efeito total:

Efeito indireto de E = Efeito toal de E – Efeito direto de E – Efeito inicial de E.

Para transformar esses efeitos de valores monetários para consumo de energia elétrica em unidades físicas, pré-multiplica-se o vetor desejado por uma matriz diagonal de coeficientes de consumo de energia elétrica *G*:

$$G = \begin{bmatrix} G^1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & G^{58} \end{bmatrix}, \text{ onde } G^r = \begin{bmatrix} g_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & g_{15} \end{bmatrix}.$$

Tais coeficientes refletem, em cada região, por setor, o quanto de energia elétrica é consumido, em unidades físicas, para a produção de uma unidade monetária.

Assim, ao pré-multiplicar essa matriz pelos vetores em unidades monetárias obtém-se a quantidade de energia elétrica consumida em unidades físicas.

Dessa forma, pré-multiplicando-se a matriz diagonal *G* pelos efeitos inicial, direto, indireto e total definidos anteriormente, é possível estabelecer quais os consumos de energia elétrica inicial, total, direto e indireto incorporados às exportações brasileiras, bem como mapear onde estes consumos se realizam.

Consumo de energia elétrica inicial incorporado às exportações = GE.

Consumo de energia elétrica total incorporado às exportações = GBE.

Consumo de energia elétrica direto incorporado às exportações = GAE.

Consumo de energia elétrica indireto incorporado às exportações = GBE - GAE - GE.

No que se segue, discutiremos os procedimentos utilizados na estimação da matriz *G* e, em seguida, utilizaremos o sistema de informações desenvolvido no âmbito deste trabalho para um estudo exploratório dos valores de consumos de energia elétrica inicial, direto, indireto e total nas ACDEs.[11]

3 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

3.1 O Balanço Energético Nacional (BEN)

O Balanço Energético Nacional (BEN) é produzido no Brasil desde 1976 e apresenta a contabilidade de toda oferta e consumo de energia elétrica no país, bem como dos processos de conversão energética e do comércio exterior de energia elétrica. O balanço contempla, além de energia elétrica, foco deste artigo, petróleo, derivados de petróleo e biocombustíveis.

O Ministério de Minas e Energia (MME) era responsável pela produção do balanço até o ano de 2004, quando foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que assumiu a responsabilidade por sua elaboração. A EPE passou, a partir de 2005, a publicar o BEN, assim como os planos de médio e longo prazos para estruturação do setor.[12]

11. A descrição da matriz inter-regional de insumo-produto encontra-se em Haddad e Marques (2012).

12. Plano Decenal de Energia (PDE), com planejamento para dez anos, e Plano Nacional de Energia (PNE), com planejamento para trinta anos.

A abertura setorial encontrada no BEN é estabelecida a partir do código de atividades da Receita Federal.[13] Por esta abertura ser realizada após o recebimento dos dados pela EPE e não estar de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), não é possível garantir a consistência dos dados setoriais para uma unidade espacial menor do que a nacional.

Para possibilitar maior abertura dos dados, em 23/11/2010 foi aprovada pela Aneel a Resolução Normativa Aneel nº 418, a qual impõe às distribuidoras a classificação dos consumidores de acordo com a CNAE e o fornecimento de tal informação à Aneel (Aneel, 2010).

Com isso, espera-se que seja possível maior desagregação espacial e setorial mantendo a consistência dos dados, o que é um passo fundamental para melhorar o planejamento do setor elétrico no Brasil.

3.2 Determinação dos setores eletrointensivos

Os dados do BEN, por serem os de maior abertura setorial, foram utilizados para estabelecer quais são os setores eletrointensivos na economia brasileira. Por não haver consenso na literatura sobre a determinação de setores eletrointensivos, foram consideradas algumas informações do estudo e definido um critério próprio para determinação dos setores eletrointensivos.

Bermann (2004) considera como atividades industriais eletrointensivas as indústrias de cimento, ferro-gusa e aço, ferroligas, não ferrosos e outros da metalurgia, química, papel e celulose. Ele as define como setores produtivos que se caracterizam por consumir uma quantidade muito grande de energia elétrica para cada unidade física produzida. Santos (2010) considera como setores eletrointensivos aqueles cujos custos com insumos de energia elétrica superem 5% do custo total, e cujos custos de energia elétrica superem 2% do custo total, sendo estes setores mineração, têxteis, papel e celulose, química, cimento, siderurgia e metalurgia de não ferrosos.

Neste trabalho, foi feita a opção por determinar como setores eletrointensivos aqueles cujo coeficiente de consumo de energia elétrica é maior que 95 KWh/VBP em milhões, sendo estes os setores de mineração e pelotização; papel e celulose; química; minerais não metálicos; ferro-gusa e aço; ferroligas; não ferrosos e outros metálicos. A utilização desse critério de corte arbitrário, a partir de dados utilizados neste artigo, garante que o conjunto de setores eletrointensivos seja comparável ao de outros estudos. A tabela 1 apresenta esses cálculos.

13. Portarias nºs 907, de 28 de agosto de 1989, e 962, de 29 de dezembro de 1987 – Diário Oficial da União de 31/12/1987, seção I (Brasil, 1987; 1989).

TABELA 1
Determinação dos setores eletrointensivos

Setor	Consumo de energia – E (KWh)	Valor bruto da produção – VBP (R$ milhões)	E/VBP
Agropecuário	17.538.040,00	227.105,30	77,22
Mineração e pelotização	*10.792.640,00*	*43.795,90*	*246,43*
Alimentos e bebidas	22.399.380,00	304.612,21	73,53
Têxtil	7.966.550,00	98.921,55	80,53
Papel e celulose	*16.584.380,00*	*77.200,31*	*214,82*
Eletricidade	14.131,37	150.829,13	0,09
Energético	17.256.418,63	239.159,07	72,15
Química	*23.085.550,00*	*239.592,57*	*96,35*
Minerais não metálicos (cimento + cerâmica)	*7.617.650,00*	*40.315,32*	*188,95*
Ferro-gusa e aço + ferroligas	*27.039.750,00*	*142.270,21*	*190,06*
Não ferrosos e outros metálicos	*38.064.990,00*	*39.685,42*	*959,17*
Outras indústrias	39.100.060,00	657.708,59	59,45
Transportes	1.570.050,00	209.671,89	7,49
Serviços (comercial)	58.545.420,00	1.600.900,16	36,57
Público	33.727.000,00	540.503,37	62,40

Elaboração dos autores.

3.3 Dados do anuário estatístico da EPE

A EPE divulgou, em 2011, o primeiro *Anuário Estatístico de Energia Elétrica*, doravante referido apenas como anuário. Neste anuário foram apresentados, pela primeira vez, dados de consumo de energia elétrica de 2006 a 2010, por UF e classe de consumo. As classes de consumo disponíveis são: residencial, industrial, comercial, rural, poder público, iluminação pública, serviço público e consumo próprio.[14]

3.4 Dados da Aneel e do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa)

Foram obtidos, junto à Aneel, os dados de consumo de energia elétrica para consumidores cativos, fornecidos por cada distribuidora para elaboração da tarifa de energia elétrica para o ano de 2007. Estes dados foram fornecidos com a seguinte classificação setorial:[15] comercial, serviços e outras, consumo próprio, iluminação pública, industrial, poder público, residencial, rural, rural irrigante, rural aquicultor e serviço público (água, esgoto e saneamento).

14. Quando questionada sobre a possibilidade de abertura dos dados estaduais para os setores apresentados no BEN, a EPE afirmou que houve uma tentativa de obter esta abertura setorial para os dados estaduais, mas os resultados não foram consistentes e, portanto, não foram publicados.

15. Observe que essa classificação setorial difere-se da que utilizamos no modelo de insumo-produto.

Os dados dos consumidores livres ligados às distribuidoras e os dados referentes ao consumo dos consumidores livres ligados às transmissoras foram obtidos no anexo da nota técnica do Proinfa (Aneel, 2007).

O Proinfa é um programa financiado por todos os consumidores de energia elétrica, em cotas estabelecidas de forma proporcional ao seu consumo. No anexo da nota técnica do Proinfa de 2007 (Aneel, 2007) foi disponibilizado o consumo de energia elétrica de cada consumidor livre relativo ao período de agosto 2006 a julho de 2007.

Ressalta-se, mais uma vez, que não havia disponibilidade de dados desagregados sobre autoprodução.

3.5 Tratamento dos dados de consumo de energia elétrica

Como sugerido na exposição anterior, a obtenção dos dados setoriais de consumo de energia elétrica para as ACDEs exigiu pesquisa exaustiva e contato com todos os órgãos detentores de dados de consumo de energia elétrica.

O maior problema consistia no fato de que os dados de maior abertura setorial estavam disponíveis apenas em nível nacional, enquanto os dados de maior abertura espacial encontravam-se muito agregados setorialmente, gerando prejuízo à análise, principalmente por manter todo o setor industrial agregado.

Para resolver esse problema, foram adotados os seguintes passos, conforme descritos a seguir.

1) Os dados de consumidores cativos da Aneel e de consumidores livres do Proinfa foram agregados setorialmente por distribuidora.[16]

2) Os dados agregados no item 1 foram utilizados apenas para estabelecer coeficientes e distribuir os dados estaduais do anuário estatístico para os estados que possuem mais de uma distribuidora em seu território. Isto é, os dados de consumo das UFs que possuem apenas uma distribuidora foram atribuídos diretamente a esta distribuidora. Para as outras distribuidoras, que compartilham uma UF, os dados do anuário foram distribuídos de acordo com a proporção de cada distribuidora na UF, sendo esta a proporção obtida a partir dos dados do item 1. Deste modo, foi obtido o consumo de energia elétrica por distribuidora 1 (Ceed 1), na abertura espacial desejada e com dados consistentes, embora ainda muito agregados setorialmente.

16. As distribuidoras RS Cooperativa e SC Cooperativa não possuíam dados desagregados na Aneel nem no Proinfa, estando agregadas à RGE e à Celesc, respectivamente.

3) Foi elaborado um coeficiente setorial nacional de consumo de energia elétrica, dividindo-se o consumo em GWh do BEN pelo valor bruto da produção (VBP) setorial nacional, em milhões de reais.

4) O coeficiente setorial nacional foi multiplicado pelo VBP em milhões de reais de cada distribuidora, obtido na matriz inter-regional de insumo-produto construída, obtendo-se o consumo de energia elétrica por distribuidora 2 (Ceed 2).[17]

5) O Ceed 2 é utilizado, então, como coeficiente para abertura dos dados Ceed 1. Assim, foram obtidos os dados de consumo de energia elétrica nas aberturas espacial e setorial desejadas.

6) O consumo obtido no item 5 foi dividido pelo valor bruto da produção setorial de cada ACDE, gerando o coeficiente de consumo final.

7) Foi analisada, por fim, a consistência dos coeficientes encontrados.

O estudo da dispersão desses coeficientes indicou algumas anomalias, conforme descritas a seguir.

1) Na distribuidora Cerr, o coeficiente de consumo de energia elétrica para serviços e outros era de 0,63 GWh/VBP em milhões, muito acima da média para esse setor. Como o setor serviços é uma agregação dos setores de serviços, serviços públicos, público e eletricidade, não há nenhuma explicação em termos de estrutura produtiva que justifique um coeficiente tão alto. Desta forma, essa anomalia foi atribuída a erros de medida nos dados. Sendo assim, foi atribuído a este setor, nesta distribuidora, o coeficiente médio deste setor em todas as distribuidoras da região Norte, ponderado pelo consumo e pelo VBP de cada distribuidora. O valor final atribuído foi de 0,049 GWh/VBP em milhões.[18]

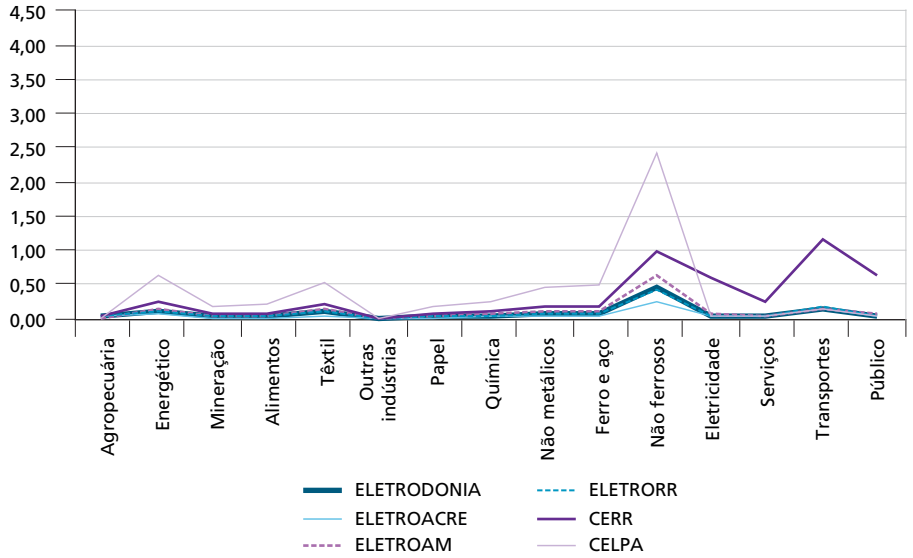
2) Na distribuidora EBO, o coeficiente de consumo de energia elétrica para o setor agropecuário era de 0,38 GWh/VBP em milhões, muito acima da média deste setor. Utilizando os dados da Aneel, nos quais há uma abertura entre rural irrigante e rural, podemos notar que o consumo desta distribuidora não era mais concentrado em atividades de irrigação e, portanto, atribuímos essa diferença a erros de medida. Foi então realizada uma média dos coeficientes, neste setor, com a EPB, outra distribuidora do estado da Paraíba, sendo o coeficiente final igual a 0,11 GWh/VBP em milhões.

17. O Ceed 1 da RGE e da Celesc são utilizados, respectivamente, para a RS Cooperativa e para a SC Cooperativa.
18. Para se garantir a consistência de agregação setorial e regional, os coeficientes de consumo setorial em cada região tiveram que ser devidamente reescalonados, quando necessário.

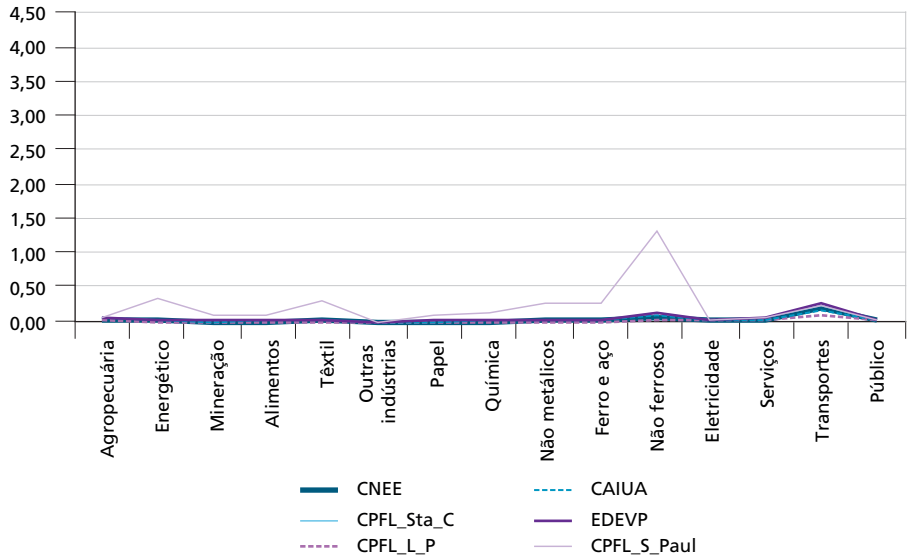
Os resultados para os valores dos coeficientes de consumo de energia elétrica utilizados neste trabalho são apresentados no gráfico 1.

GRÁFICO 1
Coeficientes de consumo de energia elétrica setorial por ACDE
(GWh/VBP, em milhões)

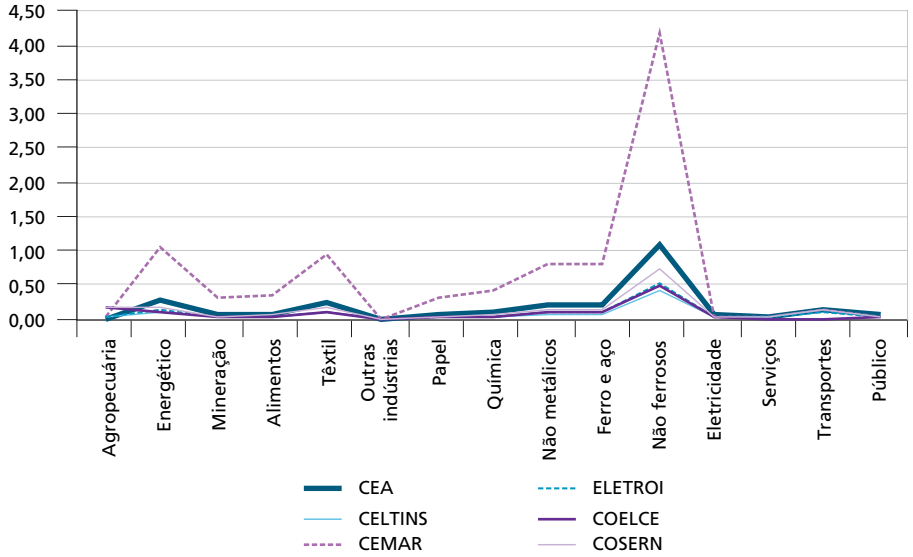
1A – Coeficientes por ACDE: grupo 1



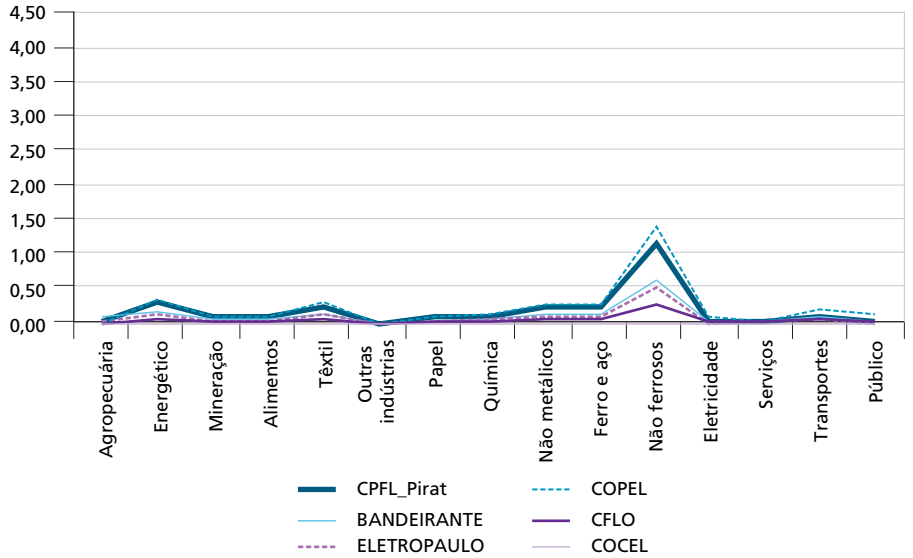
1B – Coeficientes por ACDE: grupo 2



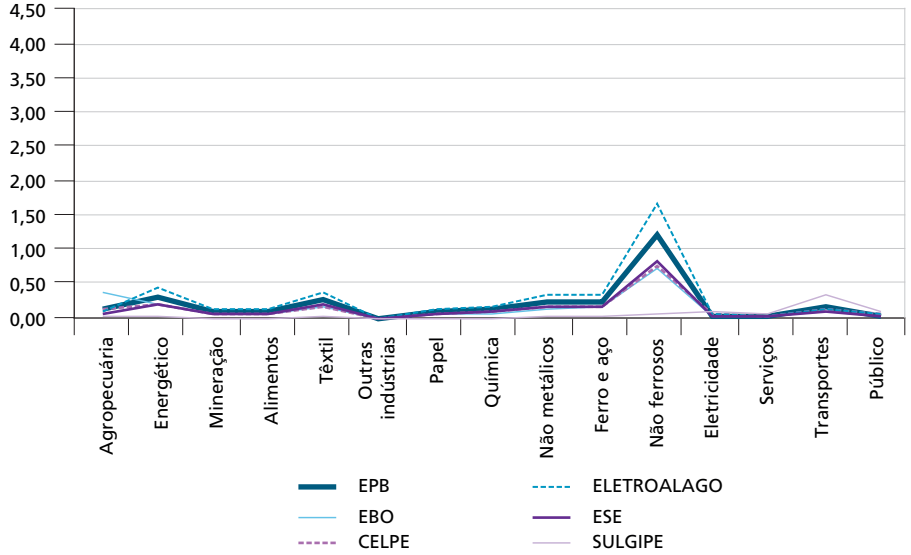
1C – Coeficientes por ACDE: grupo 3



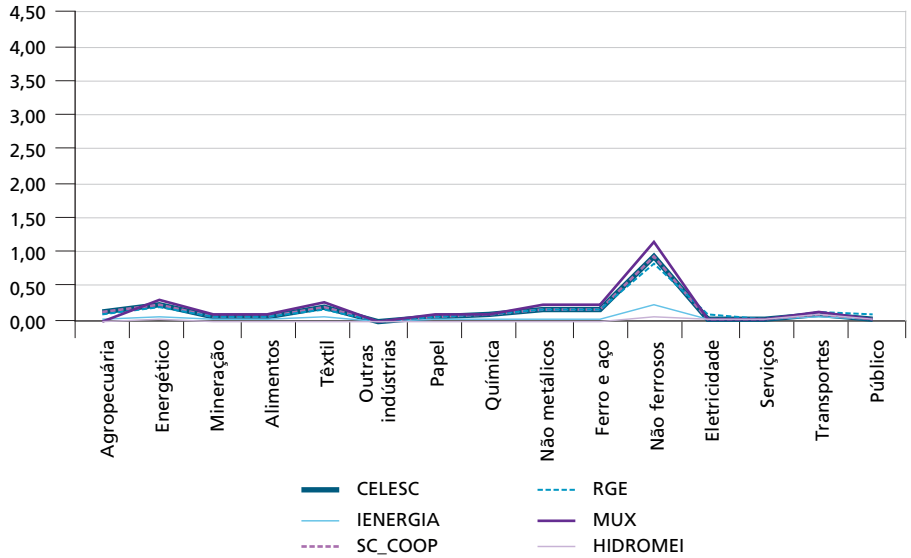
1D – Coeficientes por ACDE: grupo 4



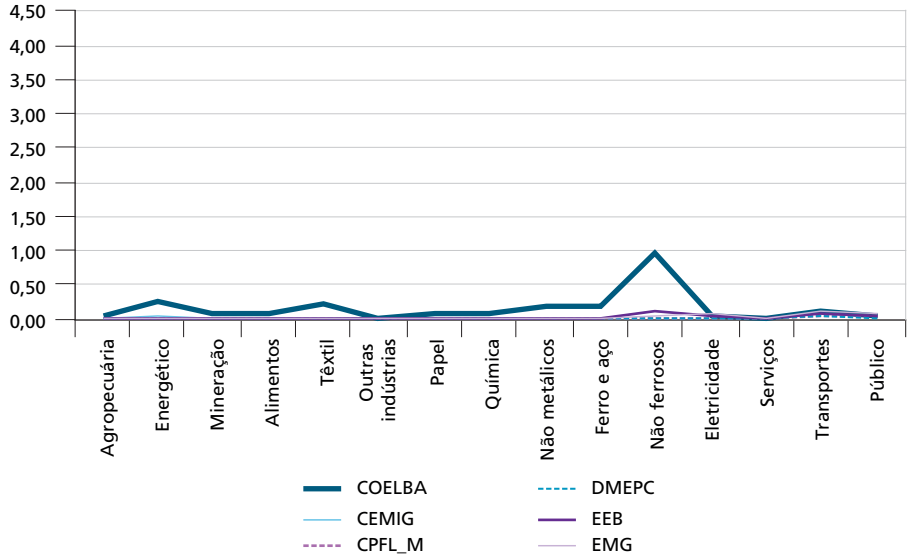
1E – Coeficientes por ACDE: grupo 5



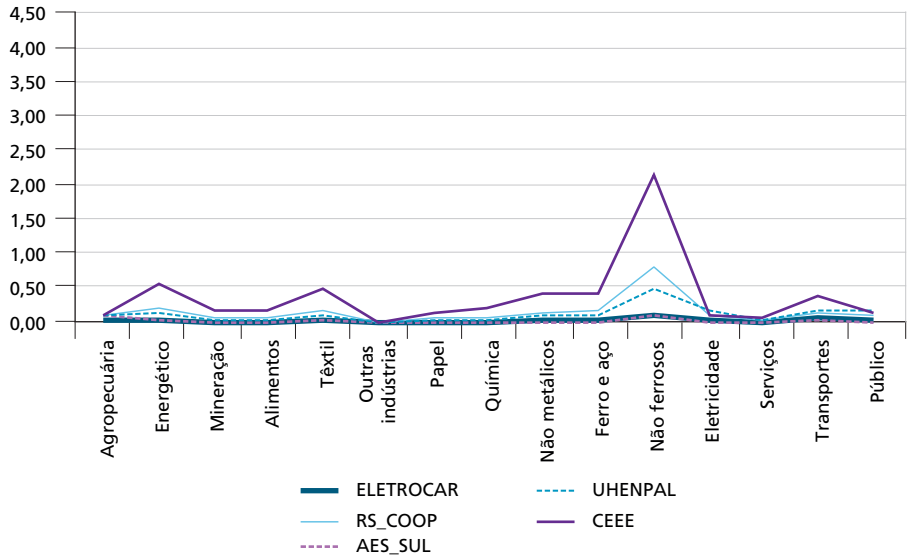
1F – Coeficientes por ACDE: grupo 6



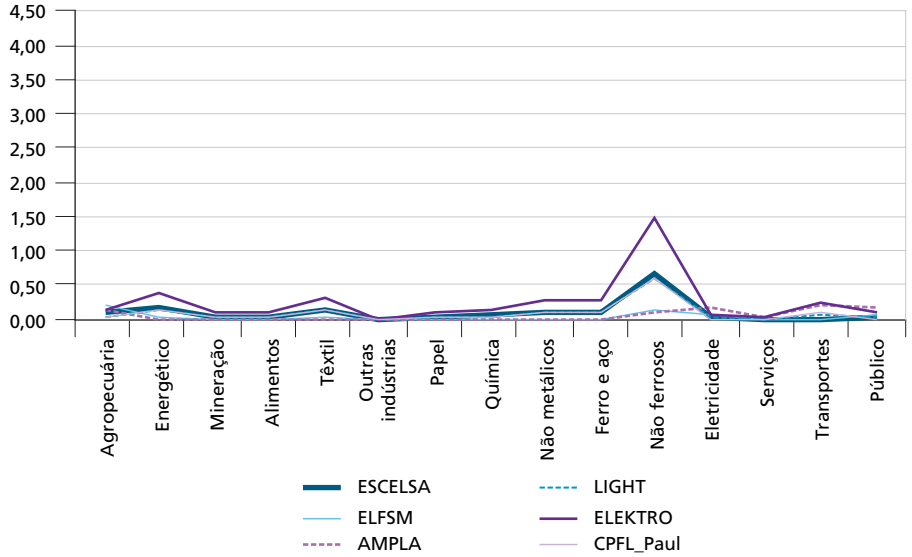
1G – Coeficientes por ACDE: grupo 7



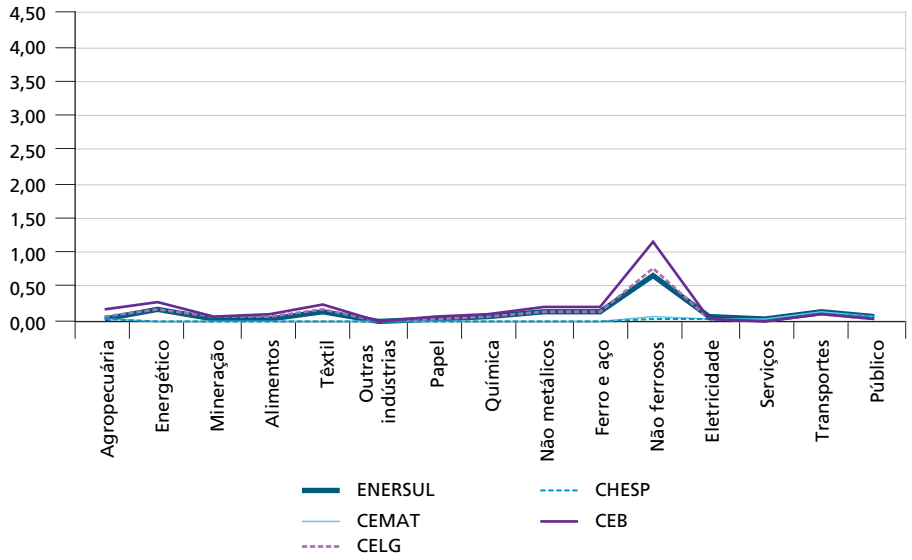
1H – Coeficientes por ACDE: grupo 8



1I – Coeficientes por ACDE: grupo 9



1J – Coeficientes por ACDE: grupo 10



Elaboração dos autores.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos, começando pelos consumos de energia elétrica inicial, direto, indireto e total das exportações por ACDE com todos os setores agregados. Em seguida são analisados os fatores que influenciam este consumo, como valor das exportações setoriais, pautas de exportação das ACDEs e coeficientes de consumo de energia elétrica por valor da produção. É analisado também em maior detalhe o consumo de energia elétrica das exportações dos setores industriais eletrointensivo e não eletrointensivo. Finalmente, é feita uma comparação dos resultados agregados das exportações com resultados para o consumo de energia elétrica incorporado aos componentes de demanda final destinados ao mercado doméstico.

4.1 Consumo total de energia derivado das exportações

As tabelas 2 e 3 apresentam as estimativas da decomposição do consumo total de energia elétrica incorporado às exportações setoriais brasileiras.

TABELA 2
Decomposição do consumo de energia elétrica das exportações setoriais

Setores	Inicial		Direto		Indireto		Total	
	GWh	(%)	GWh	(%)	GWh	(%)	GWh	(%)
Agropecuário	1.048,92	48,24	601,89	27,68	523,47	24,08	2.174,28	100,00
Energético	2.819,66	59,46	1.091,28	23,01	831,30	17,53	4.742,24	100,00
Mineração	1.710,40	52,94	932,36	28,86	587,86	18,20	3.230,61	100,00
Não eletrointensivo	5.397,09	38,09	4.684,35	33,06	4.088,18	28,85	14.169,63	100,00
Eletrointensivo	19.064,03	74,83	4.078,94	16,01	2.334,49	9,16	25.477,46	100,00
Serviços e outros	1.974,68	49,77	1.065,79	26,86	927,22	23,37	3.967,69	100,00
Total	32.014,78	59,55	12.454,61	23,17	9.292,52	17,28	53.761,91	100,00

Elaboração dos autores.

Segundo o BEN de 2008, o consumo de energia elétrica total em 2007 foi de 412.130,00 GWh, de modo que o consumo incorporado às exportações brasileiras nesse ano (53.761,91 GWh) foi equivalente a 13,04% de todo o consumo de energia elétrica do país.

Desses 53.761,91 GWh, cerca de 60% referem-se ao consumo inicial das exportações, isto é, à quantidade de energia elétrica incorporada no setor exportador, sem contar a energia elétrica incorporada aos insumos. O consumo direto, referente à energia elétrica aplicada na produção dos insumos diretos necessários para a produção dos bens e serviços exportados, equivale a 23,17% do total, enquanto a energia elétrica incorporada aos insumos indiretos corresponde a 17,28%.

Entre os setores analisados, o setor industrial eletrointensivo apresenta maior consumo de energia elétrica relacionado às exportações: 25.447,46 GWh, dos quais 74,83% são consumo inicial das exportações, sendo os 25,17% restantes consumos direto e indireto.

O setor industrial não eletrointensivo é o que apresenta o segundo maior consumo de energia elétrica incorporado às suas exportações, o equivalente a 14.169,63 GWh, sendo que as contribuições dos consumos inicial, direto e indireto são relativamente similares, como pode ser verificado na tabela 2.

TABELA 3
Decomposição do consumo de energia elétrica das exportações setoriais
(Em % setorial)

Setores	Inicial	Direto	Indireto	**Total**
Agropecuário	3,28	4,83	5,63	**4,04**
Energético	8,81	8,76	8,95	**8,82**
Mineração	5,34	7,49	6,33	**6,01**
Não eletrointensivo	16,86	37,61	43,99	**26,36**
Eletrointensivo	59,55	32,75	25,12	**47,39**
Serviços e outros	6,17	8,56	9,98	**7,38**
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**

Elaboração dos autores.

Fica evidenciado, na tabela 3, que os setores eletrointensivo e não eletrointensivo são responsáveis por cerca de 70% do consumo de energia elétrica em todos os níveis: inicial, direto, indireto e total. No entanto, pode-se perceber que o consumo de energia elétrica inicial incorporado às exportações do setor eletrointensivo é maior do que o consumo direto, que é maior do que o consumo indireto. Isto indica que as exportações do setor eletrointensivo consomem relativamente menos energia elétrica em suas etapas finais de produção.

O consumo de energia elétrica, associado às exportações do setor não eletrointensivo, no entanto, apresenta comportamento contrário, sendo sua participação no consumo indireto maior do que no consumo direto, que é ainda maior do que sua participação no consumo inicial. Isso indica que o consumo incorporado por meio da cadeia produtiva das exportações do setor não eletrointensivo é importante e que o conteúdo de energia elétrica das suas exportações deve-se consideravelmente à energia elétrica utilizada na produção de seus insumos.[19]

A figura 1 mostra o consumo de energia elétrica ligado às exportações nas ACDEs, com todos os setores agregados.

19. É importante destacar que o consumo inicial setorial é relativo somente ao seu setor de origem, enquanto os consumos direto e indireto podem ser relativos a quaisquer setores acionados por estes por meio da cadeia produtiva.

FIGURA 1
Consumo de energia elétrica das exportações por ACDE
(Em GWh)

1A – Inicial

E

100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais

1B – Direto

AE

100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais

1C – Indireto

Indireto E

100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais

1D – Total

BE

100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais

Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Pode-se perceber que o consumo inicial é notadamente alto na Celpa, distribuidora localizada no estado do Pará, e na Cemar, localizada no estado do Maranhão, enquanto os consumos direto e indireto são mais difusos, acionando ACDEs em todas as regiões do país. O alto consumo inicial nestas ACDEs é um primeiro indício de que as suas exportações devem ser compostas de produtos eletrointensivos, dado que estes são os que apresentam alto consumo inicial.

O consumo de energia elétrica das exportações em uma ACDE depende basicamente de quatro fatores:

1) O valor total de produção dessa ACDE destinado às exportações.
2) Os setores cuja produção compõe as exportações totais das ACDEs.
3) A intensidade energética desses setores.
4) Os diferenciais de intensidade energética de um mesmo setor entre ACDEs.

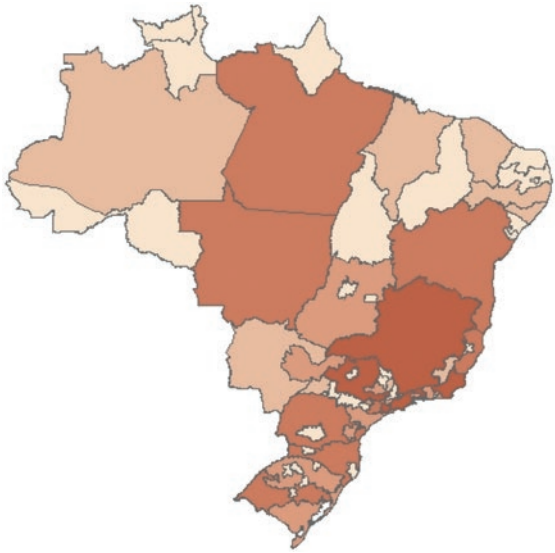
O volume total de produção influencia o consumo de energia elétrica diretamente: quanto maior for a quantidade produzida, mais energia elétrica deverá ser consumida. O segundo fator contempla o fato de que, se as exportações totais de uma ACDE são compostas por setores que gastam mais eletricidade por valor produzido, o consumo de energia elétrica incorporado às exportações desta ACDE será maior. O terceiro fator quantifica as diferenças de intensidade energética entre os setores que compõem as exportações das ACDEs. O último fator explicita que, em um mesmo setor, diferentes tecnologias de produção geram maior ou menor consumo de energia elétrica, isto é, são mais ou menos eficientes em termos de consumo energético.

Para melhor compreender essa distribuição do consumo de energia elétrica das exportações, é necessário compreender a influência de cada um dos quatro fatores citados anteriormente em cada ACDE.

4.2 Exportações nacionais

A figura 2 apresenta a distribuição espacial da produção, em milhões de reais, considerando todos os efeitos ao longo da cadeia produtiva das exportações brasileiras.

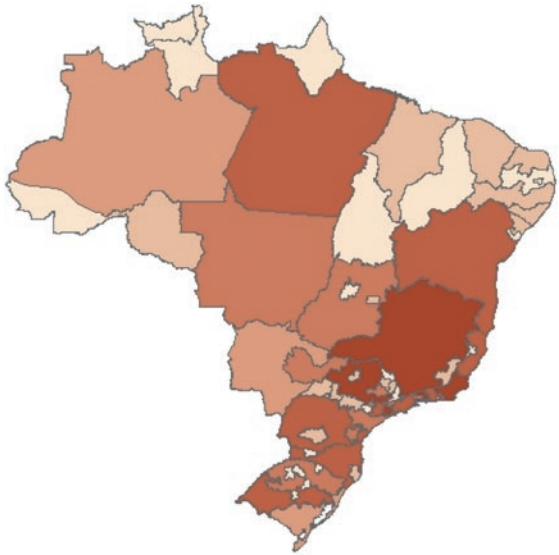
FIGURA 2
Valor da produção das exportações (inicial e total) nas ACDEs
(Em R$ milhões)
1A – Inicial



E (milhões R$)

1.000 ou menos | 1.001-5.000 | 5.001-10.000 | 10.001-20.000 | 20.001-40.000 | 40.001 ou mais

1B – Total



BE

1.000 ou menos | 1.001-5.000 | 5.001-10.000 | 10.001-20.000 | 20.001-40.000 | 40.001 ou mais

Elaboração dos autores.
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Nota-se que, em termos de valor exportado, as ACDEs localizadas no Sudeste e no Sul do país predominam, tanto em valor inicial quanto em valor total, com as exceções marcantes da Coelba e da Celpa. As quinze ACDEs que apresentam maior valor da produção destinado às exportações iniciais são as mesmas que apresentam maior valor da produção destinado às exportações totais, com algumas variações na classificação sob um critério ou outro. A tabela 4 apresenta estas quinze ACDEs, os valores incorporados às exportações e o quanto estes valores representam no total exportado.

TABELA 4
Quinze ACDEs com maior valor da produção incorporado às exportações e macrorregião de atuação

Macrorregião	Distribuidora	E	E (%)	BE	BE (%)
Sudeste	Cemig	39.006,18	13,98	69.036,94	13,66
	Eletropaulo	36.690,69	13,15	69.831,25	13,82
	CPFL Paulista	28.800,28	10,32	53.070,29	10,50
	Ampla	22.733,35	8,15	40.486,56	8,01
	Bandeirante	20.707,01	7,42	33.582,75	6,65
	Light	9.828,32	3,52	25.007,82	4,95
	CPFL Piratininga	13.953,30	5,00	27.488,51	5,44
	Escelsa	13.774,17	4,94	22.216,37	4,40
Sul	Copel	16.840,56	6,03	31.099,20	6,15
	AES Sul	14.027,61	5,03	27.152,87	5,37
	Celesc	11.977,15	4,29	23.340,97	4,62
	Cocel	8.517,15	3,05	16.797,76	3,32
Norte	Celpa	15.627,54	5,60	21.848,64	4,32
Nordeste	Coelba	14.635,13	5,24	26.863,75	5,32
Centro-Oeste	Cemat	11.989,41	4,30	17.550,70	3,47
Total (15 maiores)		**279.107,85**	**100,00**	**505.374,38**	**100,00**

Elaboração dos autores.

É importante mencionar que essas quinze ACDEs representam 83,51% do valor inicial das exportações e 82,60% do valor total, indicando uma concentração em termos de valor exportado. Nota-se, ainda, que as oito primeiras ACDEs localizam-se na região Sudeste, enquanto das sete restantes, quatro localizam-se na região Sul, e as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste contam, cada uma, com apenas uma representante. Isto é um indício de que o consumo de energia elétrica incorporado às exportações das ACDEs localizadas no Sul e no Sudeste brasileiro pode ser fortemente influenciado pelo primeiro fator, o valor da produção destinada às exportações. Verifica-se, ainda, que este fator, isoladamente, não é capaz

de explicar o padrão do consumo de energia elétrica incorporado às exportações, já que a Celpa e a Cemar, que são as maiores consumidoras, não apresentam os maiores valores de exportação. Desta forma, é realizada, em seguida, a análise dos outros fatores.

O segundo fator, referente à composição setorial das exportações totais de cada ACDE, pode ser analisado verificando-se o percentual da produção setorial incorporado às exportações *vis-à-vis* o percentual destinado ao consumo interno. Esta análise revelou alguns setores, em algumas ACDEs, que destinam grande parte de sua produção às exportações, seja diretamente, seja servindo como insumos para produtos posteriormente exportados. Entre estes, destacam-se:

- na Celpa, os setores de mineração, não ferrosos e ferro e aço destinam às exportações, respectivamente, 80,75%, 64,56% e 92,02% de sua produção;
- na CEA, 68,34% da produção de não ferrosos compõe as exportações totais;
- na Cemar, 86,76% da produção do setor mineração e 98,22% da produção do setor não ferrosos são incorporadas às exportações;
- na ESE, 70,02% da produção do setor de mineração é parte das exportações;
- na Sulgipe, 73,09% da produção do setor de mineração compõe as exportações;
- a área de concessão da distribuidora Coelba apresenta exportação de 80,78% de sua produção de não ferrosos;
- a área de concessão da distribuidora Cemig exporta, direta e indiretamente, 66,53% e 58,67% da sua produção de mineração e não ferrosos, respectivamente;
- a área de concessão da distribuidora Dempec exporta 71,68% e 64,60% da produção de seus setores química e não ferrosos, respectivamente;
- a área de concessão da distribuidora Escelsa exporta 91,52% da produção do setor mineração, 69,75% da produção do setor papel e celulose e 53,81 da sua produção do setor não metálico;
- a área de concessão da distribuidora ELFSM exporta 50,71%, 87,88% e 60,03% da sua produção dos setores agropecuária, mineração e não metálicos, respectivamente;
- a área de concessão da distribuidora Eletropaulo exporta 50,01% de sua produção de não ferrosos;

- a área de concessão da distribuidora Bandeirante exporta, direta e indiretamente, 50,25% de sua produção de não ferrosos;
- a área de concessão da distribuidora CPFL Piratininga exporta 53,90% da sua produção de não ferrosos;
- a área de concessão da distribuidora Celesc exporta 51,77% de seu setor de mineração;
- a área de concessão da distribuidora Enersul exporta 59,45% de sua produção do setor de mineração;
- a área de concessão da distribuidora Cemat exporta 41,67% de sua produção agropecuária e 54,97% de sua produção de não ferrosos.

Nota-se, nessa análise, que grande parte dos setores cuja produção é destinada quase que completamente à exportação são setores eletrointensivos, como mineração, não ferrosos, papel e celulose e indústria química. Isto é uma indicação de que a produção destinada às exportações brasileiras pode ser mais eletrointensiva do que a produção destinada ao consumo interno. Isto, no entanto, só pode ser avaliado após a análise dos outros dois fatores, isto é, a diferença de intensidade energética entre os setores e a diferença de intensidade energética de um mesmo setor em localidades diferentes. A próxima subseção destina-se a esta análise a partir dos coeficientes de consumo de energia elétrica calculados na seção 3.

4.3 Análise dos coeficientes de consumo de energia elétrica

Foram analisados, neste trabalho, os coeficientes de consumo de energia elétrica setoriais para as macrorregiões e, embora tenha sido utilizada uma metodologia diferente da utilizada por Santos (2010) na formulação destes coeficientes, os resultados encontrados são semelhantes, isto é, maior intensidade energética média nas regiões Norte e Nordeste. A tabela 5 apresenta os coeficientes de consumo de energia elétrica por setores agregados das macrorregiões brasileiras que foram calculados de acordo com a metodologia exposta anteriormente.

TABELA 5
Coeficientes médios de consumo de energia elétrica
(GWh/VBP, em milhões)

Média dos coeficientes das grandes regiões	Agropecuário	Energético	Mineração	Não eletrointensivo	Eletrointensivo	Serviços e outros
Norte	0,03	0,22	0,06	0,05	0,37	0,04
Nordeste	0,12	0,28	0,08	0,10	0,52	0,03
Sudeste	0,06	0,10	0,03	0,02	0,07	0,03
Sul	0,06	0,18	0,05	0,05	0,12	0,03
Centro-Oeste	0,07	0,14	0,04	0,03	0,08	0,03

Elaboração dos autores.

Nota-se que a região Nordeste apresenta coeficientes de consumo de energia elétrica superiores aos das outras regiões em todos os setores, exceto serviços e outros, no qual se aproxima das outras regiões. O setor de serviços e outros é o que apresenta menor variabilidade entre as regiões, o que pode ser atribuído à composição de seu consumo, relativo a fatores como iluminação, uso de aparelhos eletrônicos e funcionamento de ar-condicionado, cujo consumo de energia elétrica não varia significativamente entre as regiões.

A região Norte, entretanto, apresenta um coeficiente baixo no setor agropecuário e coeficientes similares aos do restante do país nos setores mineração, não eletrointensivo e serviços e outros, sendo que os únicos setores que se destacam por estar muito acima da média do país são os setores energético e eletrointensivo.

Os altos coeficientes do setor eletrointensivo no Nordeste e no Norte, entretanto, são muito influenciados pelos coeficientes da Celpa e da Cemar. Ao calcular os coeficientes dessas regiões sem considerar essas duas ACDEs, o consumo eletrointensivo, por exemplo, é igual a 0,11 GWh/VBP em milhões nas duas regiões, um valor menor do que o coeficiente da região Sul. Esse resultado é uma indicação de que pode haver um viés de composição produtiva destas duas ACDEs, tirando um pouco a força do argumento de que as regiões Norte e Nordeste apresentam consumo mais eletrointensivo por conta de uso menos eficiente de energia elétrica.

Para determinar se há viés de composição produtiva nessas ACDEs, é realizada a análise dos coeficientes de consumo de energia elétrica na forma setorial mais desagregada possível. Apesar de todos os coeficientes de consumo de energia elétrica dos setores industriais destas ACDEs serem levemente superiores aos das outras, o setor de não ferrosos destaca-se, pois apresenta os maiores coeficientes de todos os setores em todas as ACDEs do país: 2,42 GWh/VBP na Celpa e 4,16 GWh/VBP na Cemar. Infelizmente o nível de agregação setorial dos dados não nos permite determinar se este coeficiente é alto por conta de tecnologia de produção menos eficiente, por conta da composição setorial destas ACDEs ou por uma combinação desses dois fatores.[20]

No entanto, a Cemar e a Celpa são conhecidas áreas de produção de alumínio, um dos processos produtivos que consomem a maior quantidade de energia elétrica por valor produzido. A produção de alumínio, no entanto, está agregada à produção de outros metais não ferrosos, a qual demanda menos energia elétrica por valor da produção, de modo que não é possível afirmar com certeza que esses altos coeficientes são resultado apenas desse fator.

20. É necessário considerar a possibilidade de que os coeficientes de consumo de energia elétrica nessas ACDEs sejam superiores aos demais por conta da sua carência na distribuição constante de gás natural para a produção industrial, principalmente frente à relativa facilidade de acesso a esse insumo energético em ACDEs localizadas nas regiões Sudeste e Sul do país. A questão da possível substituição enérgica poderia ser mais bem investigada a partir de informações detalhadas sobre consumo de energia elétrica ao longo do tempo, o que foge ao escopo deste trabalho.

Quando os dados de consumo de energia elétrica passarem a ser disponibilizados com a classificação das atividades de acordo com a CNAE, seguindo a Resolução nº 418 da Aneel, será possível realizar essa análise com maior desagregação setorial, o que permitirá inferências mais precisas sobre as tecnologias de produção dessas ACDEs (Aneel, 2010). Por ora, cabe-nos respaldar a análise nos valores levantados neste trabalho, cuja metodologia utilizada procurou maximizar o uso das informações disponíveis.

Como demonstrado no início do capítulo e corroborado pela análise realizada até o momento, os setores industriais eletrointensivo e não eletrointensivo são os mais importantes para compreender o consumo de energia elétrica incorporado às exportações. Não apenas as exportações destes setores desencadeiam 73,75% do consumo de energia elétrica incorporado às exportações totais, mas apresentam grandes percentuais de produção destinada às exportações comparados aos percentuais da produção destinada à absorção interna. Caracterizada a relevância destes setores para o objeto de estudo deste trabalho, a próxima subseção analisa-os mais detalhadamente, verificando os padrões que emergem no consumo de energia elétrica incorporado às suas exportações iniciais, bem como seus consumos direto e indireto.

4.4 Consumo de energia elétrica incorporado às exportações dos setores industriais nas ACDEs

A figura 3 apresenta o consumo de energia elétrica incorporado às exportações do setor industrial eletrointensivo, decompondo as contribuições específicas de diferentes etapas da cadeia produtiva.

Verifica-se que o alto consumo de energia elétrica incorporado às exportações das ACDEs Cemar e Celpa é explicado pelo grande consumo inicial do setor eletrointensivo, o que seria compatível com a noção de que a produção de não ferrosos, em especial alumínio, estaria influenciando os altos coeficientes de consumo nessas regiões.

A CPFL Piratininga, que atende à microrregião de Campinas, apresenta um grande consumo inicial de energia elétrica das exportações no setor de eletrointensivos, o que decorre da grande produção dos setores de ferro e aço, não ferrosos e indústria química, apresentando, também, grandes percentuais de exportação da produção destes setores.

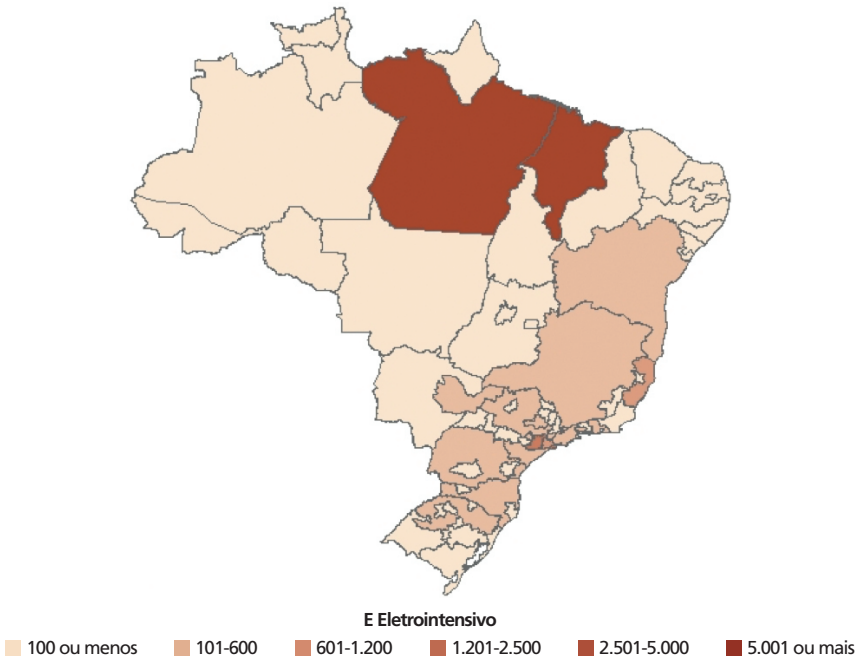
Pode-se perceber que, ao contrário do consumo inicial, concentrado nas três ACDEs descritas anteriormente, o consumo de energia elétrica incorporado às exportações de eletrointensivos por meio dos elos da cadeia produtiva é mais disperso entre as ACDEs. A tabela 6 indica os consumos setoriais direto e indireto de energia elétrica das exportações do setor eletrointensivo para o Brasil como um todo.

TABELA 6
Consumos setoriais de energia elétrica inicial, direto e indireto incorporados às exportações do setor eletrointensivo

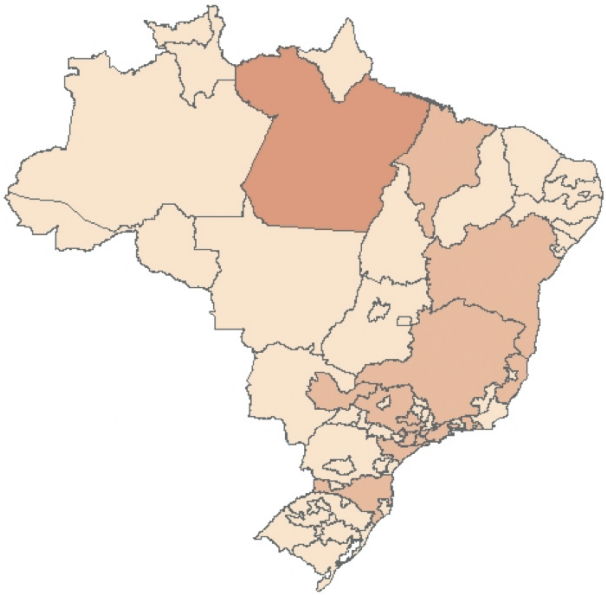
	Inicial	Direto	Indireto	**Total**	**Total (%)**
Agropecuário	0	46	60	**106**	**0,42**
Energético	0	280	506	**786**	**3,08**
Mineração	0	205	82	**287**	**1,13**
Não eletrointensivo	0	70	111	**181**	**0,71**
Eletrointensivo	19.064	3.250	1.328	**23.642**	**92,80**
Serviços e outros	0	228	248	**476**	**1,87**

Elaboração dos autores.

FIGURA 3
Consumo de energia elétrica incorporado às exportações do setor eletrointensivo
(Em GWh)
3A – Inicial



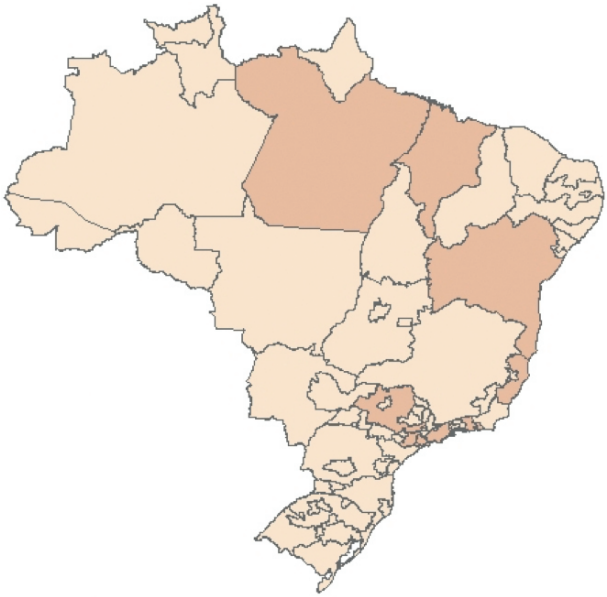
3B – Direto



AE Eletrointensivo

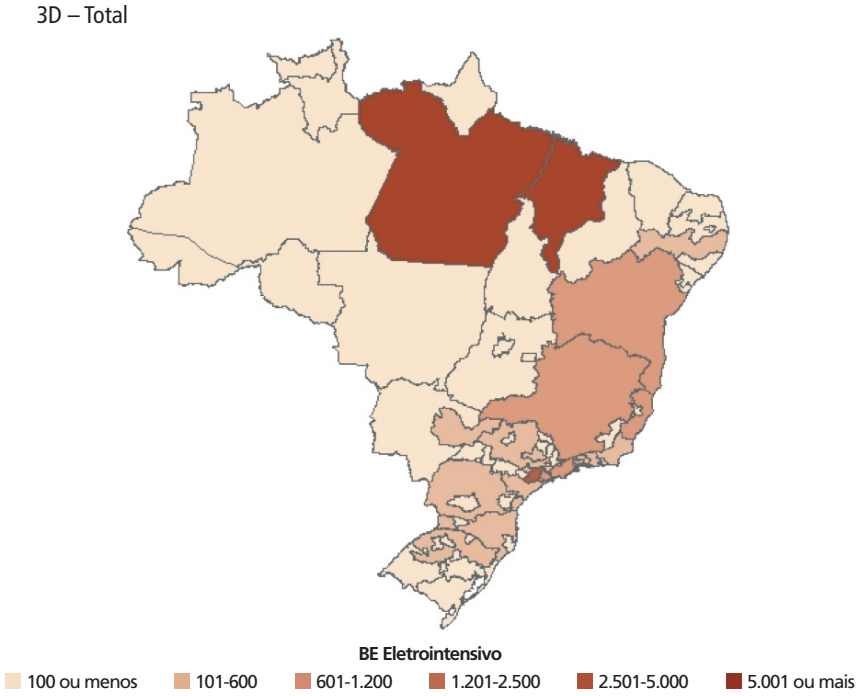
100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais

3C – Indireto



Indireto eletrointensivo

100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais



Elaboração dos autores.
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Pode-se perceber que o setor mais acionado em termos de consumo de energia elétrica é o próprio setor eletrointensivo, o qual é responsável por 92,80% do consumo total incorporado às suas exportações, sendo que os consumos direto e indireto incorporados por meio dos insumos advindos de outros setores são responsáveis somente por 7,20% do consumo total de energia elétrica das exportações do setor eletrointensivo.

A figura 4 apresenta os consumos de energia elétrica inicial, direto, indireto e total das exportações do setor industrial não eletrointensivo.

Os setores industriais não eletrointensivos diferem do setor eletrointensivo em suas características produtivas, pois são compostos por setores que agregam relativamente mais valor em sua produção e apresentam maior complexidade produtiva, entre eles os setores têxtil, alimentos e bebidas, automobilístico e máquinas e equipamentos.

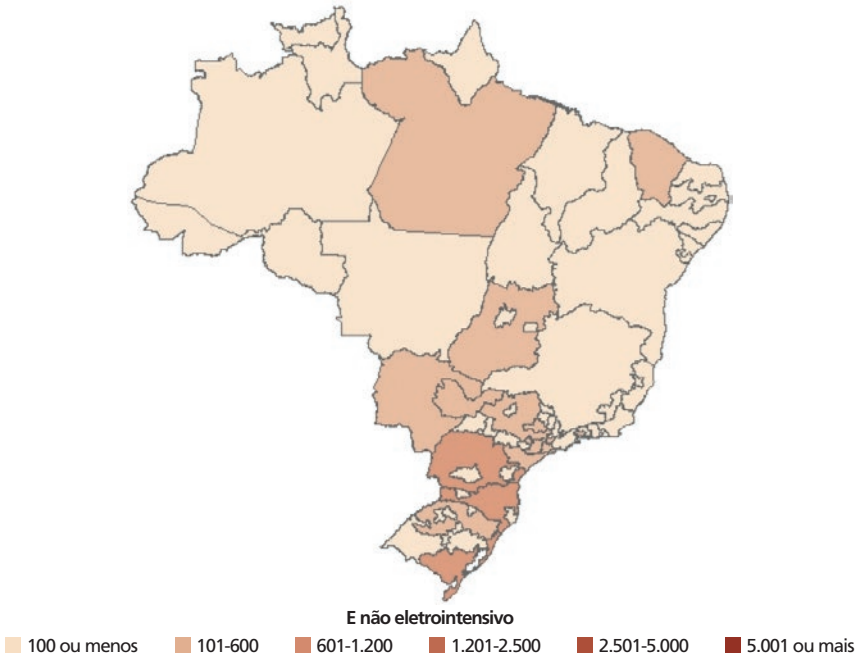
O padrão espacial de consumo total de energia elétrica das exportações dos produtos não eletrointensivo apresenta certa complementariedade como padrão observado no setor eletrointensivo, pois enquanto o primeiro aciona as ACDEs

localizadas ao Sul do Brasil, o segundo revela um consumo muito grande na Celpa e na Cemar, acionando também a Coelba e a Cemig, distribuidoras de grande consumo total que não são evidenciadas no consumo inicial das exportações dos setores não eletrointensivos.

Ainda, o consumo final incorporado às exportações do setor não eletrointensivo foi equivalente, em 2007, a um total de 14.169,63 GWh, composto de consumo inicial, realizado no setor eletrointensivo, e de consumos direto e indireto incorporados por meio da cadeia produtiva desses bens não eletrointensivos exportados. Estes consumos direto e indireto podem ter sido realizados no próprio setor eletrointensivo, no caso de utilização de insumos do próprio setor, ou podem ter sido realizados em outros setores, caso os insumos consumidos tenham sido produzidos em outros setores.

FIGURA 4
Consumo de energia elétrica incorporado às exportações do setor não eletrointensivo
(Em GWh)

4A – Inicial



4B – Direto

AE não eletrointensivo

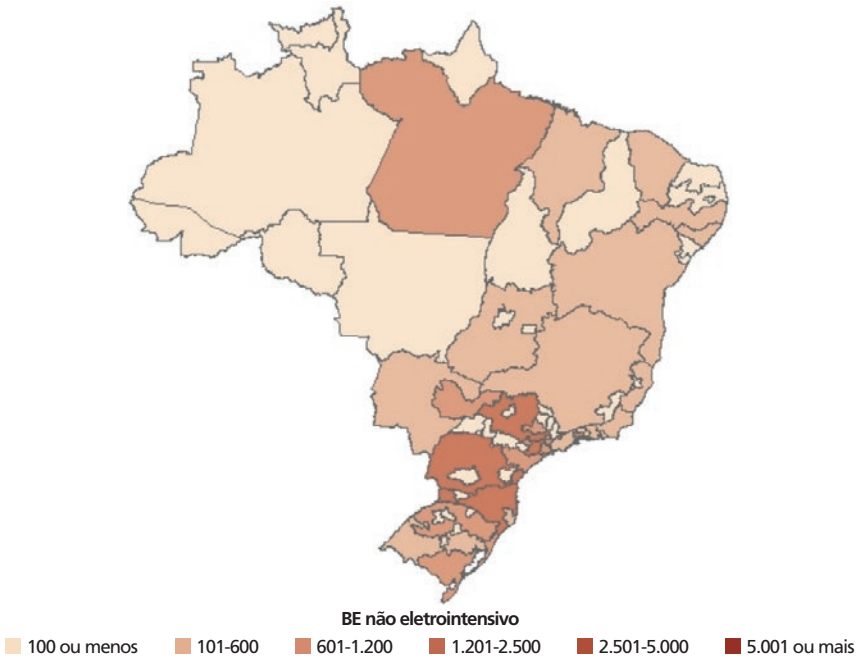
100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais

4C – Indireto

Indireto não eletrointensivo

100 ou menos | 101-600 | 601-1.200 | 1.201-2.500 | 2.501-5.000 | 5.001 ou mais

4D – Total



Elaboração dos autores.
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A tabela 7 mostra os consumos de energia elétrica setorial, inicial, direto, indireto e total incorporados às exportações do setor industrial não eletrointensivo, de modo que é possível traçar em quais setores a energia elétrica incorporada direta e indiretamente foi consumida.

TABELA 7
Consumos setoriais de energia elétrica inicial, direto e indireto incorporados às exportações do setor não eletrointensivo
(Em GWh)

	Inicial	Direto	Indireto	**Total**	**Total (%)**
Agropecuário	0	908	374	**1.282**	**9,04**
Energético	0	188	676	**864**	**6,10**
Mineração	0	18	91	**109**	**0,77**
Não eletrointensivo	5.397	1.000	503	**6.900**	**48,69**
Eletrointensivo	0	2.260	2.060	**4.319**	**30,48**
Serviços e outros	0	311	385	**696**	**4,91**

Elaboração dos autores.

Percebe-se que, do consumo total de energia elétrica incorporado às exportações do setor não eletrointensivo, 48,69% foram incorporados pelo próprio setor, o que pode ser atribuído em peso ao consumo inicial. Ainda, 30,48% do consumo total incorporado às exportações deste setor são referentes a consumos direto e indireto realizados no setor eletrointensivo.

Isso significa que o setor eletrointensivo não é apenas responsável por quase a totalidade do consumo incorporado às suas próprias exportações, mas também é responsável por uma parcela considerável do consumo de energia elétrica incorporado às exportações dos setores industriais não eletrointensivos.

4.5 Consumo de energia elétrica incorporado às exportações dos outros setores nas ACDEs

Como o consumo total de energia elétrica incorporado às exportações dos outros setores representa menos de 30% do consumo total incorporado às exportações, a análise da decomposição destes setores não será detalhada. No entanto, podemos citar uma concentração do consumo inicial do setor energético nas ACDEs produtoras de petróleo, a saber: Coelba, Light e Ampla. Ainda, o consumo inicial do setor de mineração concentra-se na Celpa, com menor destaque nas distribuidoras Cemar e Celesc. Além disso, o setor de serviços e outros não apresenta nenhum grande destaque espacial, tendo mostrado maior consumo inicial de energia elétrica ligado às exportações localizado nas ACDEs de maior área no Sudeste e na Celpa. Por fim, o setor de agropecuária apresenta consumo inicial maior nas ACDEs Cemat, Celg e Celesc.

4.6 Comparação do consumo de energia elétrica das exportações e da produção para consumo doméstico nas macrorregiões e nas ACDEs

As discussões anteriores revelam que o grande consumo de energia elétrica das exportações dá-se no setor eletrointensivo, seja este consumo realizado em setores eletrointensivos cuja produção é exportada ou cuja produção intermediária é incorporada às exportações de setores não eletrointensivos.

Isso constitui uma indicação de que as exportações brasileiras devem apresentar maior consumo de energia elétrica por valor produzido do que a produção destinada à absorção interna. Para verificar se esta indicação é corroborada pelos dados, foram calculados os coeficientes de consumo de energia elétrica com todos os setores agregados para as macrorregiões brasileiras, separando apenas o destino da produção. Se a produção foi incorporada às exportações, ela foi classificada como externa; se ela foi destinada, mesmo que indiretamente, ao

consumo interno, ela foi classificada como interna. Foram agregados o consumo setorial de energia elétrica por ACDE, de modo a obter o consumo total de cada macrorregião, também separado por destino da produção, interno ou externo. Este consumo de energia elétrica das macrorregiões foi dividido pelo valor da produção de cada macrorregião, obtendo-se, assim, os coeficientes de consumo de energia elétrica, interno e externo, de cada macrorregião. Por fim, foi computada a razão entre o coeficiente externo e o coeficiente interno, obtendo-se o coeficiente de razão. Deste modo, se o coeficiente de razão é maior que 1, isto significa que as exportações desta macrorregião são mais eletrointensivas do que a produção para consumo interno. Os resultados desse exercício estão representados na tabela 8.

TABELA 8
Coeficientes de razão para as macrorregiões brasileiras

Macrorregião	Valor (milhões)		Consumo (GWh)		Coeficiente (GWh/ VBP em milhões)		Coeficiente de razão
	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo/ interno
Norte	31.321,35	181.171,75	11.254,32	14.958,53	0,36	0,08	4,35
Nordeste	49.516,85	594.427,11	12.333,64	43.801,48	0,25	0,07	3,38
Sudeste	370.327,55	2.214.072,54	20.689,74	84.915,74	0,06	0,04	1,46
Sul	124.102,64	738.250,79	7.982,09	38.120,23	0,06	0,05	1,25
Centro-Oeste	36.552,14	288.997,27	1.503,91	10.648,41	0,04	0,04	1,12
Total	**611.820,53**	**4.016.919,46**	**53.763,70**	**192.444,39**	**0,09**	**0,05**	**1,83**

Elaboração dos autores.

Pode-se perceber que em todas as macrorregiões brasileiras as exportações são mais eletrointensivas do que a produção destinada ao consumo interno. Essa diferença, no entanto, é maior no Norte e no Nordeste. Esse mesmo exercício foi realizado para as ACDEs, sendo os resultados apresentados na tabela 9.

A análise da tabela 9 revela que 37 das 58 ACDEs apresentam coeficiente de razão maior do que a unidade, o que indica que a intensidade energética é maior nos produtos exportados do que naqueles destinados à absorção interna. Ainda, as ACDEs que apresentam maior coeficiente de razão são a Cemar e a Celpa, o que indica que os seus altos coeficientes de consumo de energia elétrica são influenciados pelas exportações.

TABELA 9
Coeficientes de razão para as ACDEs

ACDE	Valor (milhões)		Consumo (GWh)		Coeficiente (GWh/VBP em milhões)		Coeficiente de razão
	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo/ interno
Eletrodonia	1.338,58	22.527,79	72,16	1.006,40	0,05	0,04	1,21
Eletroacre	190,66	7.651,13	6,34	287,31	0,03	0,04	0,89
Eletroam	6.737,14	59.001,05	320,34	2.572,79	0,05	0,04	1,09
Eletrorr	93,00	3.676,11	3,15	115,17	0,03	0,03	1,08
Cerr	32,33	356,06	2,63	113,67	0,08	0,32	0,26
Celpa	21.848,64	65.015,21	10.805,34	9.948,42	0,49	0,15	3,23
CEA	215,48	6.105,95	10,81	301,10	0,05	0,05	1,02
Celtins	865,52	16.838,44	33,55	613,68	0,04	0,04	1,06
Cemar	4.724,77	37.936,16	8.005,56	12.769,45	1,69	0,34	5,03
Eletroi	573,38	26.289,79	25,16	916,14	0,04	0,03	1,26
Coelce	4.481,03	92.182,26	361,92	4.856,10	0,08	0,05	1,53
Cosern	1.719,88	43.833,10	192,25	2.571,21	0,11	0,06	1,91
EPB	805,23	31.381,31	89,50	2.194,02	0,11	0,07	1,59
EBO	172,55	5.901,78	17,10	382,15	0,10	0,06	1,53
Celpe	4.347,36	105.315,77	375,23	5.279,51	0,09	0,05	1,72
Eletroalago	2.827,58	31.413,56	447,75	2.515,86	0,16	0,08	1,98
ESE	2.265,16	32.819,48	220,30	1.833,84	0,10	0,06	1,74
Sulgipe	736,15	5.497,47	7,26	134,18	0,01	0,02	0,40
Coelba	26.863,75	181.856,43	2.591,62	10.349,03	0,10	0,06	1,70
Cemig	69.036,94	379.158,98	1.363,28	6.487,22	0,02	0,02	1,15
CPFL_M	809,79	4.327,75	2,49	26,32	0,00	0,01	0,51
DMEPC	2.476,69	7.006,59	4,77	36,04	0,00	0,01	0,37
EEB	997,66	7.304,13	11,27	100,34	0,01	0,01	0,82
EMG	1.968,13	15.030,23	31,45	306,57	0,02	0,02	0,78
Escelsa	22.216,37	74.631,30	1.984,94	3.969,12	0,09	0,05	1,68
ELFSM	532,67	2.601,59	48,61	113,16	0,09	0,04	2,10
Ampla	40.486,56	117.236,21	1.279,04	4.725,49	0,03	0,04	0,78
Light	25.007,82	308.929,74	1.549,20	9.656,01	0,06	0,03	1,98
Elektro	14.012,51	76.253,84	1.581,00	6.826,22	0,11	0,09	1,26

(Continua)

(Continuação)

ACDE	Valor (milhões)		Consumo (GWh)		Coeficiente (GWh/VBP em milhões)		Coeficiente de razão
	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo/ interno
CPFL_Paul	53.070,29	286.344,48	3.006,04	13.976,70	0,06	0,05	1,16
Cnee	1.524,69	6.091,13	26,98	177,36	0,02	0,03	0,61
CPFL_Sta_C	1.707,30	9.938,25	66,01	405,84	0,04	0,04	0,95
CPFL_L_P	1.650,87	7.848,27	21,42	110,73	0,01	0,01	0,92
Caiua	1.988,24	12.252,24	58,43	407,36	0,03	0,03	0,88
EDEVP	1.433,74	7.136,03	46,58	300,76	0,03	0,04	0,77
CPFL_ S_Paul	504,75	3.023,85	45,30	230,57	0,09	0,08	1,18
CPFL_Pirat	27.488,51	123.063,10	5.267,41	15.879,53	0,19	0,13	1,49
Bandeirante	33.582,75	137.365,71	2.076,50	7.465,03	0,06	0,05	1,14
Eletropaulo	69.831,25	628.529,13	2.219,05	13.715,37	0,03	0,02	1,46
Copel	31.099,20	142.769,32	2.637,99	11.353,43	0,08	0,08	1,07
Cflo	1.056,66	4.446,98	8,87	52,91	0,01	0,01	0,71
Cocel	16.797,76	121.145,82	4,52	39,63	0,00	0,00	0,82
Celesc	23.340,97	166.894,22	2.174,03	11.622,02	0,09	0,07	1,34
Ienergia	490,66	3.114,99	12,34	85,24	0,03	0,03	0,92
SC_Coop	1.719,79	10.381,13	272,88	1.225,67	0,16	0,12	1,34
RGE	12.764,53	71.377,48	985,82	4.815,16	0,08	0,07	1,14
MUX	133,11	805,24	2,38	17,95	0,02	0,02	0,80
Hidromei	669,86	4.067,89	5,49	51,62	0,01	0,01	0,65
Eletrocar	388,57	2.895,96	10,46	73,81	0,03	0,03	1,06
RS_Coop	197,19	1.001,95	15,69	67,84	0,08	0,07	1,18
Aes_Sul	27.152,87	171.812,25	447,11	2.333,22	0,02	0,01	1,21
Uhenpal	120,05	769,59	9,58	57,27	0,08	0,07	1,07
Ceee	8.171,42	36.767,98	1.394,93	6.324,47	0,17	0,17	0,99
Enersul	6.694,74	41.942,27	366,77	2.013,25	0,05	0,05	1,14
Cemat	17.550,70	57.043,61	375,62	1.364,01	0,02	0,02	0,90
Celg	10.781,80	107.128,69	694,64	4.991,88	0,06	0,05	1,38
Chesp	224,79	2.624,50	5,28	68,79	0,02	0,03	0,90
CEB	1.300,11	80.258,21	61,61	2.210,48	0,05	0,03	1,72
Total	**611.820,53**	**4.016.919,46**	**53.763,70**	**192.444,39**	**0,09**	**0,05**	**1,83**

Elaboração dos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise estrutural do consumo de energia elétrica incorporado às exportações brasileiras, tomando como delimitação espacial relevante as ACDEs. Para tanto, foi utilizada uma matriz inter-regional de insumo-produto e calculados os coeficientes de consumo de energia elétrica por valor da produção, de modo a possibilitar o cômputo do consumo de energia elétrica incorporado às exportações setoriais para o ano de 2007.

Esse consumo incorporado às exportações foi estimado em 13,04% do consumo de energia elétrica no Brasil em 2007. Para estabelecer um parâmetro de comparação, a usina hidroelétrica de Belo Monte, um dos maiores empreendimentos energéticos do Brasil, tem uma previsão de produzir cerca de 34.000 GWh ao ano. Isto significa que teriam sido necessárias, em 2007, o equivalente a 1,58 usina de Belo Monte para atender às necessidades do setor exportador do país.

A análise desse consumo de energia elétrica incorporado às exportações foi realizada buscando determinar a influência de quatro fatores, a saber: o valor total exportado; a composição setorial das exportações das ACDEs; a intensidade energética dos setores exportadores; e as diferenças de intensidade no mesmo setor.

Ao verificar o primeiro fator, obtivemos indicação de que as ACDEs que apresentam maior valor de exportações são aquelas localizadas no Sudeste e no Sul do Brasil, sendo que, entre as quinze maiores exportadoras, apenas três ACDEs são das outras macrorregiões, a saber: a Celpa, a Coelba e a Cemat. Este fator não explica, por si só, o padrão de consumo de energia elétrica observado, o que se reflete no fato de a Cemar, segunda maior ACDE em termos de consumo de energia elétrica total das exportações, ser somente a 22ª colocada em termos de valor das exportações. Para verificar o segundo fator, foi analisado o percentual da produção setorial em cada ACDE que é destinado às exportações, sendo possível notar que os setores cuja produção é mais exportada são os eletrointensivos. Foi realizada, a seguir, a análise do terceiro fator (a intensidade energética dos setores nas regiões), que revelou que os coeficientes de consumo de energia elétrica dos setores eletrointensivo das ACDEs Celpa e Cemar são elevados quando comparados aos das outras ACDEs, chegando até a puxar para cima as médias das macrorregiões Nordeste e Norte. Ainda, os maiores coeficientes do país são encontrados no setor eletrointensivo de metais não ferrosos nestas duas ACDEs. Apesar de estas ACDEs serem grandes produtoras de alumínio, um dos processos produtivos mais intensivos no consumo de energia elétrica, o nível de agregação dos dados em metais não ferrosos não nos permite afirmar se estes altos coeficientes são consequência de composição setorial mais eletrointensiva ou de tecnologias menos eficientes em termos de consumo energético em um mesmo setor.

Foi realizada, então, uma análise da decomposição dos consumos de energia elétrica das exportações dos setores industriais eletrointensivos e não eletrointensivos em inicial, direto, indireto e total. O foco nestes dois setores justifica-se por eles representarem mais de 70% do consumo total de energia elétrica incorporado às exportações, e devido ao setor eletrointensivo apresentar os maiores percentuais de valor da produção setorial destinado às exportações em diversas ACDEs. A apreciação desta decomposição revelou que o consumo total de energia elétrica das exportações do setor eletrointensivo é gerado praticamente todo no próprio setor, enquanto em torno de um terço do consumo total de energia elétrica das exportações do setor não eletrointensivo vem incorporado aos insumos advindos do setor eletrointensivo.

É importante destacar que esse resultado é influenciado pela dificuldade em substituir a energia elétrica por outras fontes energéticas nas macrorregiões Norte e Nordeste, dado que ainda não estão implantados gasodutos que abasteçam estas regiões. A chegada desta fonte energética alternativa poderia levar à substituição potencial da energia elétrica pelo gás natural, aproximando o consumo das regiões Norte e Nordeste da região Sudeste.[21]

Além disso, a análise dos coeficientes de razão indica que as exportações brasileiras são mais intensivas no uso de energia elétrica do que a produção para consumo interno em todas as macrorregiões e em 37 das 58 ACDEs analisadas, sendo a Celpa e a Cemar as que apresentam maiores coeficientes e, portanto, maior distância entre o consumo voltado para exportações e o consumo voltado para produção doméstica.

Esses resultados podem ser relacionados à literatura que indica que as exportações brasileiras são mais intensivas em emissões de poluentes do que as atividades do restante da economia, pois a produção de energia elétrica está ligada ao dispêndio de recursos ambientais. Exemplos desse fato são a emissão de poluentes por meio da geração térmica de energia elétrica, o alagamento de grandes áreas para viabilizar a geração hidroelétrica e a consequente geração de emissões por conta da degradação do material orgânico submerso. O fato de as exportações brasileiras serem mais intensivas em energia elétrica do que o restante da produção indica que as exportações exercem mais pressão sobre os recursos energéticos do país do que a produção destinada ao consumo interno.

Dessa forma, conclui-se que os órgãos responsáveis pelo planejamento do setor de energia elétrica devem conscientizar-se de que as exportações precisam ser

21. A malha de gasodutos brasileira ainda não foi consolidada. Embora parte da região Nordeste já esteja sendo contemplada com o fornecimento de gás natural e haja planos para expandir o fornecimento para o restante da região e para a região Norte, os estados que abrigam as ACDEs mencionadas, Maranhão e Pará, ainda não foram contemplados com o fornecimento de gás.

consideradas em seu planejamento, com atenção especial à capacidade de transmissão de energia elétrica às ACDEs que apresentam maior consumo incorporado a produtos exportados, quais sejam, a Celpa e a Cemar, além das distribuidoras que atendem ao Sudeste do país.

Este trabalho indicou que o consumo de energia elétrica incorporado às exportações brasileiras é significante e, deste modo, qualquer planejamento energético de longo prazo necessita de previsões macroeconômicas adequadas não apenas para o Brasil, mas também para os países importadores dos produtos brasileiros, de modo a prever adequadamente o fluxo de exportações e suprir suas necessidades energéticas.

Finalmente, uma importante limitação deste estudo refere-se a um viés setorial e regional potencial pela ausência de tratamento adequado das informações sobre autoprodução.[22] No BEN, os dados de consumo por setor já incluem a parcela de autoprodução, em torno de 10% do total em 2007,[23] mas não se apresentam dados na desagregação espacial como a que foi feita neste artigo. Assim, por não ter sido possível incorporar as estatísticas de consumo próprio (autoprodução) no nível compatível com a abertura dos dados de consumo cativo e livre, os resultados carregariam um viés espacial. Com a perspectiva de expansão significativa da autoprodução nos próximos anos, estudos futuros da mesma natureza metodológica do estudo aqui apresentado deveriam buscar incorporar mais detalhes sobre sua desagregação regional e setorial.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA, V.; DUARTE, R. Comparison of energy intensities in European Union countries: results of a structural decomposition analysis. **Energy Policy**, v. 32, p. 177-189, 2004.

ALCÁNTARA, V.; PADILLA, E. "Key" sectors in final energy consumption: an input-output application to the Spanish case. **Energy Economics**, v. 31, p. 1673-1678, 2003.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica do Proinfa nº 317/2007-SRE/ANEEL**. Brasília: Aneel, 2007. Disponível em: <https://goo.gl/P3yU9K>. Acesso em: 3 jul. 2012.

_____. **Resolução Normativa nº 418**. Brasília: Aneel, 2010.

22. Agradecemos a um parecerista anônimo por levantar esse ponto, bastante pertinente para o entendimento dos resultados do trabalho com as devidas ressalvas.

23. Parte significativa dessa diferença concentra-se no consumo da classe industrial, em que a diferença foi de 17%, ano em que os resultados deste artigo são baseados.

ARBEX, M.; PEROBELLI, F. S. Solow meets Leontief: economic growth and energy consumption. **Energy Economics**, v. 32, p. 43-53, 2010.

BERMANN, C. **Exportando a nossa natureza – produtos intensivos em energia**: implicações sociais e ambientais. 1. ed. Rio de Janeiro: Fase, 2004. v. 1.

BRASIL. Portaria nº 962, de 29 de dezembro de 1987. **Diário oficial da União**, Brasília, 1987.

_____. Portaria nº 907, de 28 de agosto de 1989. **Diário oficial da União**, Brasília, 1989.

HADDAD, E. A.; MARQUES, M. C. C. **Technical note on the construction of the interregional input-output system for the concession areas of Aneel**. São Paulo: USP, 2012. Disponível em: <https://goo.gl/S6xt0c>. Acesso em: 3 jun. 2012.

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

HERENDEEN, R.; TANAKA, J. Energy cost of living. **Energy**, v. 1, p. 165-178,1976.

MARQUES, M. C. C. **Consumo de energia elétrica das exportações brasileiras por área de concessão de distribuiçã**o. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis**: foundations and extensions. New Jersey: Prentice-Hall, 1985.

PEROBELLI, F. S. *et al*. **Interdependência energética**: uma análise inter-regional. Juiz de Fora: UFJF, 2010. (Texto para Discussão, n. 009/2010). Disponível em: <https://goo.gl/3bOvIX>. Acesso em: 4 set. 2011.

PEROBELLI, F. S.; MATTOS, R. S.; FARIA, W. R. Interações energéticas entre o estado de Minas Gerais e o restante do Brasil: uma análise inter-regional de insumo-produto. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 1, mar. 2007.

SANTOS, G. F. **Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. 2010. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

UN – UNITED NATIONS. **Resilient people, resilient planet**: a future worth choosing. New York: UN, 2012. Disponível em: <https://goo.gl/dV3HOj>. Acesso em: 2 jul. 2012.

APÊNDICE A

QUADRO A.1
Classificação regional: ACDEs

	Elementos do Set RegDest	Descrição
R1	Eletrodonia	Eletrobras Distribuição Rondônia
R2	Eletroacre	Eletrobras Distribuição Acre
R3	Eletroam	Eletrobras Amazonas Energia
R4	Eletrorr	Eletrobras Distribuição Roraima
R5	Cerr	Cerr
R6	Celpa	Celpa
R7	CEA	CEA
R8	Celtins	Celtins
R9	Cemar	Cemar
R10	Eletroi	Eletrobras Distribuição Piauí
R11	Coelce	Coelce
R12	Cosern	Cosern
R13	EPB	EPB
R14	EBO	EBO
R15	Celpe	Celpe
R16	Eletroalago	Eletrobras Distribuição Alagoas
R17	ESE	ESE
R18	Sulgipe	Sulgipe
R19	Coelba	Coelba
R20	Cemig	Cemig-D
R21	CPFL_M	CPFL Mococa
R22	DMEPC	DMEPC
R23	EEB	EEB
R24	EMG	EMG
R25	Escelsa	Escelsa
R26	ELFSM	ELFSM
R27	Ampla	Ampla
R28	Light	Light
R29	Elektro	Elektro
R30	CPFL_Paul	CPFL Paulista (incorpora as distribuidoras SP Cooperativa e CPFL Jaguari)
R31	Cnee	Cnee
R32	CPFL_Sta_C	CPFL Santa Cruz
R33	CPFL_L_P	CPFL Leste Paulista

(Continua)

(Continuação)

	Elementos do Set RegDest	Descrição
R34	Caiua	Caiuá
R35	EDEVP	EDEVP
R36	CPFL_ S_Paul	CPFL Sul Paulista
R37	CPFL_Pirat	CPFL Piratininga
R38	Bandeirante	Bandeirante
R39	Eletropaulo	Eletropaulo
R40	Copel	Copel-Dis
R41	Cflo	Cflo
R42	Cocel	Cocel
R43	Celesc	Celesc-Dis (incorpora as distribuidoras Cooeraliança e Eflul)
R44	Ienergia	Ienergia
R45	SC_Coop	SC Cooperativa
R46	RGE	RGE (incorpora a distribuidora RS Indefinida)
R47	MUX	MUX-Energia
R48	Hidromei	Demei/Hidropan (fusão da Demei e da Hidropan)
R49	Eletrocar	Eletrocar
R50	RS_Coop	RS Cooperativa
R51	AES_Sul	AES Sul
R52	Uhenpal	Uhenpal
R53	Ceee	Ceee-D
R54	Enersul	Enersul
R55	Cemat	Cemat
R56	Celg	Celg-D
R57	Chesp	Chesp
R58	CEB	CEB-Dis

Elaboração dos autores.

APÊNDICE B

FIGURA A.1
Localização das ACDEs no território brasileiro Elaboração dos autores.

Obs.: Figura reproduzida em baixa resolução e cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).