



NOTA TÉCNICA CONJUNTA



Empresa de Pesquisa Energética



Fundação Instituto de
Pesquisas Econômicas

METODOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO DE UMA MATRIZ INSUMO-PRODUTO COM DETALHAMENTO DOS SETORES ENERGÉTICOS

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

Dezembro de 2023



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Coordenação Executiva (EPE)

Carla da Costa Lopes Achão

Coordenação Técnica (EPE)

Arnaldo dos Santos Junior
Gustavo Naciff de Andrade

Equipe Técnica (EPE)

Aline Moreira Gomes
Flávia Camargo de Araujo
Lidiane de Almeida Modesto

Suporte Administrativo (EPE)

Gustavo Miranda de Magalhães
Maria das Graças de Freitas Gomes

URL: <http://www.epe.gov.br>

Coordenador (Fipe)

Eduardo Amaral Haddad

Pesquisadores (Fipe)

Fernando Salgueiro Perobelli
Ademir Rocha

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário-Executivo

Efrain Pereira da Cruz

Secretário de Planejamento e Transição Energética

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sa Junior

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Biocombustíveis**

Pietro Adamo Sampaio Mendes

**Secretário de Geologia, Mineração e Transformação
Mineral**

Vitor Eduardo de Almeida Saback

<http://www.mme.gov.br/>

Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

**Diretores de Estudos Econômico-Energéticos e
Ambientais**

Giovani Vitória Machado
Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

**Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e
Biocombustíveis**

Heloisa Borges Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

<http://www.epe.gov.br>

■ Sumário

1. Introdução	1
2. Modelo Insumo-Produto	2
2.1. O Modelo Insumo-Produto	2
2.2. O Modelo híbrido	4
3. Desagregação dos setores energéticos na Matriz Insumo-Produto do Brasil	5
3.1. Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural	6
3.2. Derivados de Petróleo	6
3.3. Biodiesel.....	7
3.4. Biocombustíveis (etanol)	8
3.5. Geração Centralizada de Energia Elétrica.....	8
3.6. Geração Distribuída de Energia Elétrica	9
3.7. Transmissão de Energia Elétrica.....	9
3.8. Gás Natural	10
4. Descrição das cadeias produtivas dos setores energéticos no Brasil	11
4.1. Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural	11
4.2. Derivados de Petróleo	12
4.3. Biodiesel.....	13
4.4. Biocombustíveis (etanol)	14
4.5. Geração Centralizada de Energia Elétrica.....	15
4.6. Geração Distribuída de Energia Elétrica	16
4.7. Transmissão de Energia Elétrica.....	18
4.8. Gás Natural	19
5. Descrição da contribuição econômica dos setores energéticos no Brasil	20
5.1. Produção e Emprego	20
5.2. Setores-Chave	22
5.3. Multiplicadores de Produção	23
6. Exemplos de aplicação	24
6.1. Impactos de um aumento das exportações totais.....	24
6.2. Impactos de um aumento na demanda das famílias por eletricidade.....	26
7. Considerações finais	27
8. Referências	28
9. Apêndice – Setores da Matriz Insumo-Produto 73x73	30

1. Introdução

A energia está no centro de qualquer economia. O aumento do consumo e da oferta de energia, influenciado pelo crescimento econômico e populacional e mudanças tecnológicas, além dos desafios trazidos pelas mudanças climáticas e o processo de transição energética para uma economia de baixo carbono apontam para a necessidade de estudos que auxiliem no processo de planejamento energético. Nesse sentido, torna-se relevante o uso de ferramentas que permitam uma análise integrada entre o ambiente econômico-social e a estrutura do sistema energético.

Para este fim, os Modelos Insumo-Produto apresentam-se como uma poderosa ferramenta ao permitir investigar como as mudanças em determinados setores energéticos e não energéticos são propagadas pelo sistema econômico e de energia, considerando suas múltiplas interrelações e seus impactos diretos e indiretos.

A versão atual da Matriz Insumo-Produto brasileira, publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresenta um grau elevado de agregação de diferentes fontes de energia em relação ao observado na matriz energética nacional. Dessa forma, para alcançar maior profundidade nas análises relacionadas ao setor de energia, é necessário ampliar o detalhamento da Matriz Insumo-Produto brasileira para considerar as particularidades dessas diferentes fontes de energia.

Com esse objetivo, a partir de uma parceria entre a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), buscou-se desenvolver uma estratégia metodológica para construção da Matriz Insumo-Produto com maior detalhamento dos setores energéticos, integrando as informações do Balanço Energético Nacional, publicado anualmente pela EPE, e as informações da Matriz Insumo-Produto brasileira.

A Matriz Insumo-Produto desenvolvida possui um total de 73 setores produtivos, sendo 9 diretamente relacionados ao setor energético: i) Exploração e produção de petróleo e gás natural; ii) Derivados de petróleo; iii) Biodiesel; iv) Coquearias; v) Biocombustíveis (etanol); vi) Geração centralizada de energia elétrica; vii) Geração distribuída de energia elétrica; viii) Transmissão de energia elétrica; ix) Gás natural.

A presente Nota Técnica Conjunta, desenvolvida pela EPE e pela FIPE, tem o objetivo de discutir os aspectos metodológicos desse processo, incluindo a apresentação das bases de dados e estratégias adotadas para a desagregação setorial (abertura da Matriz Insumo-Produto).

Cabe mencionar que este documento é fruto do contrato firmado entre a EPE e a FIPE¹. A publicação desta Nota Técnica Conjunta visa dar ampla divulgação e transparência acerca das metodologias adotadas dos estudos desenvolvidos pela EPE, bem como apoiar a disseminação de conhecimento para a sociedade.

Além desta introdução, o documento está dividido em sete seções. A seção 2 apresenta sinteticamente a metodologia dos Modelos Insumo-Produto. A seção 3 descreve a estratégia e as bases de dados que foram utilizadas no processo de

¹ CT-EPE-066-2021

desagregação dos setores energéticos da Matriz Insumo-Produto brasileira. As seções 4 e 5 apresentam, respectivamente, uma descrição da contribuição econômica e das cadeias produtivas dos setores energéticos no Brasil, elaboradas a partir das informações da Matriz Insumo-Produto estendida construída. A seção 6 apresenta dois exemplos de aplicação do Modelo Insumo-Produto desenvolvido. Por fim, na última seção são apresentadas as considerações finais.

2. Modelo Insumo-Produto

Nesta seção é apresentada de forma sintética o Modelo Insumo-Produto tradicional e híbrido. Uma discussão mais detalhada sobre esses modelos pode ser vista em Miller e Blair (2009) e Guilhoto (2011).

2.1. O Modelo Insumo-Produto

Conforme descrito por Miller & Blair (2009), o Modelo Insumo-Produto considera uma economia em que há n setores produtivos que produzem bens distintos. No seu processo produtivo, cada setor compra produtos dos diversos setores da economia para utilizá-los como insumo. Por outro lado, a produção de cada setor pode ser vendida na forma de insumos para utilização em algum setor da economia ou na forma de bens finais para os segmentos da demanda final (consumo das famílias, gastos do governo, investimento e exportações).

Seja x_i a produção do setor i , z_{ij} a parcela da produção do setor i que é vendida ao setor j como insumo produtivo e f_i a parcela da produção do setor i que é vendida diretamente à demanda final. Podemos representar o volume de produção do setor i como abaixo:

$$x_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i \quad (1)$$

Considerando todos os n setores da economia, podemos expressar as diversas equações análogas a (1) na forma matricial:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

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

Em que \mathbf{x} é o vetor coluna $n \times 1$ das produções dos n setores, \mathbf{Z} é a matriz $n \times n$ de fluxos intersetoriais (de vendas de bens do setor i para o setor j), \mathbf{f} é o vetor coluna $n \times 1$ da demanda final pelos bens de cada um dos n setores e \mathbf{i} é um “vetor soma”, um vetor coluna $n \times 1$ que contém apenas o valor 1 em seus n elementos.

Uma premissa fundamental do Modelo Insumo-Produto é que a relação entre a quantidade utilizada de insumo i na produção do setor j é fixa e dada pelos coeficientes técnicos a_{ij} , tal como abaixo:

$$z_{ij} = a_{ij}x_j \quad \therefore \quad a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (4)$$

Assim, é possível reescrever (1) como:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + f_i \quad (5)$$

E (2) e (3), respectivamente, como:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (7)$$

Em que \mathbf{A} é a matriz dos coeficientes técnicos. Seja \mathbf{I} uma matriz identidade $n \times n$. Então, de (7) temos:

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{f} \quad (8)$$

Uma vez que $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$ é quadrada e não-singular (Miller & Blair, 2009), é possível obter a sua inversa e encontrar uma solução única para o sistema, dada por:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} = \mathbf{Lf} \quad (9)$$

Em que $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{L}$ é uma matriz $n \times n$ chamada “inversa de Leontief” e fornece os requerimentos totais (diretos mais indiretos) de bens na economia necessários para atender a uma determinada demanda final \mathbf{f} .

A equação (9) descreve o Modelo Insumo-Produto tradicional. Por meio dessa equação, é possível calcular o aumento necessário da produção total de uma economia para atender ao aumento na demanda final pelos produtos de um ou mais setores considerando as diversas rodadas desencadeadas pela mudança inicial na demanda. Essas diversas rodadas ocorrem em função das relações intersetoriais existentes em um sistema econômico, em que muitos setores são, ao mesmo tempo, fornecedores de insumos e de bens finais para os agentes demandantes e também são demandantes de outros bens na forma de insumos.

Por exemplo, um aumento na demanda final por automóveis gera um aumento na mesma magnitude (inicialmente) da produção. Para aumentar a produção de automóveis, no entanto, o setor precisará comprar mais insumos, o que levará a um aumento na demanda por peças (pneus, vidros, transmissores, motores). Por sua vez, o

aumento na produção dessas peças levará a uma nova rodada de aumento da demanda pelos insumos desses bens (borrachas, minérios, aço etc.), e assim sucessivamente.

Dessa forma, uma mudança na demanda por um produto pode desencadear uma série de mudanças na demanda e na produção pela economia, levando a um efeito final sobre a produção total em magnitude distinta do aumento inicial observado na demanda. A capacidade de capturar os efeitos diretos e indiretos (isto é, o resultado considerando todas as rodadas na economia) de uma mudança na demanda sobre a produção total é a principal vantagem das análises baseadas no Modelo Insumo-Produto.

2.2. O Modelo híbrido

Como apontado por Miller & Blair (2009), embora o Modelo Insumo-Produto originalmente tenha sido concebido considerando os fluxos físicos de produtos, a representação da matriz em medidas físicas apresenta grandes dificuldades metodológicas. Por esse motivo, as informações das Matrizes Insumo-Produto estimadas para os países são, mais comumente, representadas em valores monetários.

No entanto, em análises de questões relacionadas à energia é útil recorrer às abordagens desenvolvidas na literatura que permitem integrar as tabelas de fluxos físicos energéticos – como as informações disponibilizadas pelo Balanço Energético Nacional – com as tabelas de fluxos não energéticos em valores monetários da Matriz Insumo-Produto. Esse processo, no entanto, exige um esforço importante de compatibilização entre essas informações, a fim de resguardar a consistência interna do modelo e entre as diferentes bases de dados. Além disso, não raramente os dados disponíveis nessas bases são insuficientes para a construção da matriz, sendo necessário recorrer a outras fontes de informações e realizar estimações.

Neste trabalho foi construída uma Matriz Insumo-Produto estendida para contabilizar os fluxos físicos de energia pela abordagem das unidades híbridas². Mais especificamente, o Modelo Insumo-Produto apresentado na seção anterior é obtido a partir de uma matriz de transações intersetoriais que combina informações dos fluxos físicos de energia na economia em Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) e dos fluxos não-energéticos em valores monetários (R\$).

A estrutura matemática de modelagem é semelhante ao modelo convencional de Leontief, valendo a identidade contábil de modelo tradicional $\mathbf{Zi} + \mathbf{f} = \mathbf{x}$. Para medir os fluxos de energia em unidades físicas, presume-se uma identidade análoga dada por $\mathbf{Ei} + \mathbf{q} = \mathbf{g}$, onde \mathbf{E} é a matriz de fluxos de energia dos setores produtores de energia para todos os setores consumidores de energia, \mathbf{q} é o vetor de energia vendido para a demanda final e \mathbf{g} é o vetor de consumo total de energia, medidos em unidades físicas. Observe-se que, se houver n setores na economia, m dos quais são setores de energia, então \mathbf{Z} terá dimensão $n \times n$, mas \mathbf{E} terá dimensão $m \times n$. Da mesma forma, enquanto \mathbf{f} e \mathbf{x} são de dimensão $n \times 1$, \mathbf{q} e \mathbf{g} terão dimensão $m \times 1$.

² Para algumas aplicações dessa metodologia para o Brasil ver: Machado (2002), Hilgemberg (2004), Perobelli et al (2007); Firme e Perobelli (2012) e Carvalho *et al* (2013).

No modelo de insumo-produto com fluxos físicos de energia, o objetivo é estimar uma matriz em unidades físicas que permita ter uma matriz $\alpha m \times n$ análoga a $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$, que produza a requisição total de energia na equação $\mathbf{g} = \alpha \mathbf{f}$.

3. Desagregação dos setores energéticos na Matriz Insumo-Produto do Brasil

A Matriz Insumo-Produto brasileira é publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de forma periódica. A versão atualmente publicada apresenta uma desagregação das informações entre 67 setores, sendo 4 diretamente relacionados aos setores energéticos: i) Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio; ii) Refino de petróleo e coquerias; iii) Fabricação de biocombustíveis; iv) Energia elétrica, gás natural e outras utilidades.

Dessa forma, a versão tradicional da matriz brasileira impõe um desafio para investigações mais aprofundadas de questões envolvendo o setor de energia, uma vez que o detalhamento apresentado não é suficiente para tratar as particularidades de diferentes fontes que foram agregadas sob uma mesma rubrica – caso dos setores de derivados de petróleo, coquerias e biodiesel, agregados na rubrica Refino de petróleo e coquerias, e de energia elétrica e gás natural, apresentadas de forma conjunta na rubrica de Energia elétrica, gás natural e outras utilidades.

Com o objetivo de superar essa limitação, a partir de uma parceria entre a EPE e a FIPE, buscou-se desenvolver uma estratégia metodológica para construção da Matriz Insumo-Produto detalhada para os setores energéticos. A matriz desenvolvida possui um total de 73 setores produtivos, sendo 9 diretamente relacionados ao setor energético: i) Exploração e produção de petróleo e gás natural; ii) Derivados de petróleo; iii) Biodiesel; iv) Coquerias; v) Biocombustíveis (etanol); vi) Geração centralizada de energia elétrica; vii) Geração distribuída de energia elétrica; viii) Transmissão de energia elétrica; ix) Gás natural. A lista completa de setores pode ser vista na Tabela 1ª (Apêndice).

Cabe mencionar que, nesse processo, foi adotada a Matriz Insumo-Produto para o ano de 2018 estimada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus/USP) a partir de informações das Contas Nacionais disponibilizadas pelo IBGE. Essa escolha se deu pelo fato de essa ser a versão com informações mais recentes disponíveis no momento de elaboração, uma vez que a última matriz oficial publicada pelo IBGE tem como referência o ano de 2015.

Uma vez que setor de Exploração e produção de petróleo e gás natural e Fabricação de biocombustíveis (etanol) já são apresentados nos setores de atividades econômicas que compõe a Matriz Insumo-Produto tradicional, não foi necessário realizar estimações para esses setores, sendo adotadas as informações originais.

Com relação aos demais setores energéticos, algumas modificações foram necessárias. O setor Refino de petróleo e coquerias foi desagregado entre os setores de

Derivados de petróleo, Coquerias³ e Biodiesel, e o setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades foi desagregado entre Geração centralizada de energia elétrica, Geração distribuída de energia elétrica, Transmissão de energia elétrica e Gás natural.

A seguir, são descritos os procedimentos metodológicos adotados no detalhamento desses setores na Matriz Insumo-Produto brasileira.

3.1. Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural

O setor de exploração e produção de petróleo e gás natural é um dos setores de atividades econômicas que compõe a Matriz Insumo-Produto adotada como base, sob rubrica “Exploração e produção de petróleo e gás natural”. Dessa forma, não foi necessário realizar estimativas dos fluxos não-energéticos para esse setor.

Com relação aos dados dos fluxos físicos de energia, segundo os dados do Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2021a), toda a produção de petróleo que não é exportada é consumida na transformação nas refinarias e em outras transformações. Dessa forma, o consumo de petróleo já é indiretamente considerado nas fontes secundárias derivadas de petróleo.

3.2. Derivados de Petróleo

O setor de derivados de petróleo está originalmente alocado na Matriz Insumo-Produto como rubrica “Refino de petróleo e coquerias”.

A caracterização do consumo intermediário e da demanda final do setor de derivados de petróleo se deu a partir do(a):

- Valores físicos de consumo de energia (mensurados em toneladas equivalentes de petróleo – TEP) em 2018 disponibilizados pelo BEN (EPE, 2021a). Para caracterizar derivados de petróleo, foram utilizadas as rubricas “Óleo diesel”, “Óleo combustível”, “Gasolina”, “GLP”, “NAFTA”, “Querosene” e “Produtos não energéticos de petróleo”. A rubrica “Outras secundárias de petróleo” foi utilizada na descrição do setor de coqueria. Cabe ressaltar que esses valores estão limitados a um conjunto de setores consumidores (agropecuária, mineração, setores industriais, transportes, energia, comércio, público e residencial). Para abranger o consumo de derivados de petróleo de todos os setores econômicos e componentes de demanda final da Matriz Insumo-Produto (ponderação dos valores monetários), levou-se em consideração uma noção de proximidade setorial. Nesse processo, foi considerado a listagem da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE);
- Estrutura de custos e despesas do setor de derivados de petróleo. Nesse caso, foram consideradas informações da Pesquisa Industrial Anual de 2018 (PIA-Empresa), disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram coletados os dados descritos no setor fabricação de produtos

³ Apesar da desagregação do setor de coquerias na Matriz Insumo-Produto, este setor não foi detalhado para as informações energética. Tal aprimoramento será realizado futuramente.

derivados de petróleo. Dentre as informações relevantes, temos os custos com matérias-primas, compra de energia elétrica, consumo de peças e acessórios, gastos com serviços (inclusive despesas com manutenção de máquinas e equipamentos), despesas com aluguel, fretes, despesas financeiras, entre outros. Foi realizada uma compatibilização entre as informações coletadas e as lacunas a serem preenchidas na matriz insumo-produto, particularmente na caracterização de custos do setor. A base de dados está disponível em IBGE (2021).

Para completar as informações necessárias para a elaboração da Matriz Insumo-Produto, também foi necessário buscar informações sobre o número de empregos, remuneração, valor adicionado e valor da produção para o setor de derivados de petróleo. Nesse sentido, foram utilizados dados de:

- Número de empregados e valor das remunerações obtidos a partir da Relação Anual de Informações Sociais/Ministério de Trabalho e Emprego (Rais/MTE), utilizando como critério o código CNAE 2.0 1921-7;
- Gastos com pessoal do setor derivados de petróleo. Nesse caso, foram consideradas informações da Pesquisa Industrial Anual de 2018 (PIA-Empresa), disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram coletados os dados descritos no setor fabricação de produtos derivados de petróleo, particularmente os gastos com pessoal.

O valor adicionado corresponde à soma das remunerações (salários e contribuições sociais) e do excedente operacional bruto; ainda, o valor da produção é resultado da soma do consumo intermediário e o valor adicionado.

3.3. Biodiesel

O setor de biodiesel está originalmente alocado na Matriz Insumo-Produto como rubrica “Refino de petróleo e coquerias”.

A caracterização do consumo intermediário e da demanda final do setor de biodiesel se deu a partir do(a):

- Consumo energético em 2018 descrito no BEN (EPE, 2021a). Nesse caso, foi utilizada a rubrica “Biodiesel”. Cabe ressaltar que esses valores estão limitados a um conjunto de setores consumidores (agropecuária, mineração, setores industriais, transportes, energia, comércio, público e residencial). Buscando ponderar a importância do biodiesel para todos os setores econômicos e componentes de demanda final da Matriz Insumo-Produto, foi levado em consideração uma noção de proximidade setorial, a partir da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE);
- Listagem de setores demandados pelo setor de biodiesel. Para tanto, foi considerado uma noção de custo apresentada nos relatórios de Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2020 e de Investimentos e Custos Operacionais de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2022-2031. As informações nominadas estão disponibilizadas em EPE (2021b, 2021c).

Para descrever o mercado de trabalho do setor de biodiesel, foram coletadas informações descritas no relatório *Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2018* disponibilizado pelo *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2018).

O valor adicionado corresponde à soma das remunerações (salários e contribuições sociais) e do excedente operacional bruto; ainda, o valor da produção é resultado da soma do consumo intermediário e o valor adicionado.

3.4. Biocombustíveis (etanol)

O setor de biocombustíveis (etanol) é um dos setores de atividades econômicas que compõe a Matriz Insumo-Produto adotada como base, sob rubrica “Fabricação de biocombustíveis”. Dessa forma, não foi necessário realizar estimativas dos fluxos não-energéticos para esse setor.

Com relação aos dados dos fluxos físicos de energia, foi considerado o consumo energético do setor de etanol descrito pelo BEN (EPE, 2021a).

3.5. Geração Centralizada de Energia Elétrica

O setor de geração centralizada de energia elétrica está originalmente alocado na Matriz Insumo-Produto como rubrica “Energia elétrica e gás natural”.

A caracterização do consumo intermediário e da demanda final do setor de geração centralizada de energia elétrica se deu a partir do(a):

- Consumo energético em 2018 descrito pelo BEN (EPE, 2021a). Foram coletadas informações da rubrica “Eletricidade”. Cabe ressaltar que esses valores estão limitados a um conjunto de setores consumidores (agropecuária, mineração, setores industriais, transportes, energia, comércio, público e residencial). Para abranger o consumo de energético em todos os setores econômicos e componentes de demanda final da Matriz Insumo-Produto (ponderação dos valores monetários), levou-se em consideração uma noção de proximidade setorial. Acredita-se que esses dados são uma proxy razoável do consumo de energia elétrica centralizada, visto que esse consumo representa a maior parcela do mercado. Para mais detalhes, ver EPE (2021a);
- Estrutura de custos do setor de energia contida na Matriz Insumo-Produto dos Estados Unidos para o ano de 2012, disponibilizado pelo Bureau of Economic Analysis (BEA), sob a rubrica “Electric power generation, transmission, and distribution” (BEA, 2012). A partir dessa fonte, se observará a tecnologia (combinação de insumos) do setor de energia americano. Por hipótese, assume-se que a estrutura de custos do setor no Brasil seja similar;
- Descrição de estrutura produtiva da geração centralizada de energia, vista em GIZ (2021).

Para completar as informações necessárias para a elaboração da Matriz Insumo-Produto também foi necessário buscar informações sobre o número de empregos, remuneração, valor adicionado e valor da produção para o setor. Nesse sentido, foram utilizadas informações de:

- Número de empregados e valor das remunerações, obtidos a partir da Relação Anual de Informações Sociais/Ministério de Trabalho e Emprego (Rais/MTE), utilizando como critério o código CNAE 2.0 3511-5;
- Número de empregos criados por megawatts de energia centralizada gerada, descrito em GIZ (2021).

O valor adicionado corresponde à soma das remunerações (salários e contribuições sociais) e do excedente operacional bruto; ainda, o valor da produção é resultado da soma do consumo intermediário e o valor adicionado.

3.6. Geração Distribuída de Energia Elétrica

O setor de geração distribuída de energia elétrica está originalmente alocado na Matriz Insumo-Produto como rubrica “Energia elétrica e gás natural”.

A caracterização do consumo intermediário e da demanda final do setor de geração distribuída de energia elétrica se deu a partir do(a):

- Dados de consumo físico de energia provenientes do Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída para o ano de 2018, disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021d). Nesse caso, há informações para os setores Rural, Industrial, Comercial, Poder Público, Serviço Público e Residencial;
- Informações descritivas da cadeia produtiva do setor de geração distribuída, incluindo os principais insumos de produção, proveniente do relatório GIZ (2021).

Para completar as informações necessárias para a elaboração da Matriz Insumo-Produto, também foi necessário buscar informações sobre o número de empregos, remuneração, valor adicionado e valor da produção para o setor. Nesse sentido, foram utilizadas informações de:

- Número de empregos criados por megawatts de energia distribuída gerada, assim como valores de remuneração média para o setor. Isso está apresentado em GIZ (2021).

O valor adicionado corresponde à soma das remunerações (salários e contribuições sociais) e do excedente operacional bruto; ainda, o valor da produção é resultado da soma do consumo intermediário e o valor adicionado.

3.7. Transmissão de Energia Elétrica

O setor de transmissão de energia elétrica está originalmente alocado na Matriz Insumo-Produto como rubrica “Energia elétrica e gás natural”.

Para caracterização do consumo intermediário e da demanda final do setor de transmissão de energia elétrica, admite-se que há um fluxo econômico direto entre transmissão e geração de energia elétrica centralizada. Essa hipótese considera a transmissão como um serviço intermediador e essencial na cadeia geração-transmissão-distribuição. Nesse caso, o valor transacionado é baseado na Receita Anual Permitida

(RAP), proposta pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Essas informações podem ser consultadas em Aneel (2021).

Assim, admite-se que o setor de transmissão tenha como único comprador o setor de geração de energia elétrica centralizada. Por sua vez, o setor de transmissão compra insumos voltados para manutenção das linhas de transmissão, como materiais e equipamentos. A ponderação desses custos é residual, isto é, após obter valores para os setores de geração centralizada de energia elétrica e geração distribuída de energia elétrica.

Para completar as informações necessárias para a elaboração da Matriz Insumo-Produto, também foi necessário buscar informações sobre o número de empregos, remuneração, valor adicionado e valor da produção para o setor. Nesse sentido, foram utilizadas informações de:

- Número de empregados e valor das remunerações, obtidos a partir da Relação Anual de Informações Sociais/Ministério de Trabalho e Emprego (Rais/MTE), utilizando como critério o código CNAE 2.0 3512-3.

O valor adicionado corresponde à soma das remunerações (salários e contribuições sociais) e do excedente operacional bruto; ainda, o valor da produção é resultado da soma do consumo intermediário e o valor adicionado.

3.8. Gás Natural

O setor de gás natural está originalmente alocado na Matriz Insumo-Produto como rubrica “Energia elétrica e gás natural”.

A caracterização do consumo intermediário e da demanda final do setor de gás natural se deu a partir do(a):

- Consumo energético e não-energético em 2018, descrito pelo BEN (EPE, 2021a). Foram coletadas informações da rubrica “Gás natural”. Cabe ressaltar que esses valores estão limitados a um conjunto de setores consumidores (agropecuária, mineração, setores industriais, transportes, energia, comércio, público e residencial). Para abranger o consumo do energético em todos os setores econômicos e componentes de demanda final da Matriz Insumo-Produto (ponderação dos valores monetários), levou-se em consideração uma noção de proximidade setorial;
- Estrutura de custos do setor de “Gás natural”, contida na Matriz Insumo-Produto dos Estados Unidos para o ano de 2012, disponibilizado pelo Bureau of Economic Analysis (BEA), sob a rubrica “*Natural gas distribution*” (BEA, 2012). A partir dessa fonte, será observada a tecnologia (combinação de insumos) do setor de energia americano. Por hipótese, assumiu-se que a estrutura de custos do setor no Brasil seja similar.

Ademais, o setor de gás natural é acrescido dos valores econômicos relacionados ao transporte dutoviário de gás natural. Essa rubrica está registrada no setor de “Transporte terrestre” da Matriz Insumo-Produto. Para revelar a participação desse tipo de transporte no valor total, foram coletadas informações da ANP (2021).

Para completar as informações necessárias para a elaboração da Matriz Insumo-Produto, também foi necessário buscar informações sobre o número de empregos, remuneração, valor adicionado e valor da produção para o setor. Nesse sentido, foram utilizadas informações de:

- Número de empregados e valor das remunerações, obtidos a partir da Relação Anual de Informações Sociais/Ministério de Trabalho e Emprego (Rais/MTE), utilizando como critério o código CNAE 2.0 3520-4.

O valor adicionado corresponde à soma das remunerações (salários e contribuições sociais) e do excedente operacional bruto; ainda, o valor da produção é resultado da soma do consumo intermediário e o valor adicionado.

4. Descrição das cadeias produtivas dos setores energéticos no Brasil

Esta seção apresenta as informações das estruturas produtivas dos setores energéticos que puderam ser obtidas a partir da Matriz Insumo-Produto estendida para energia construída.

4.1. Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural

O setor de exploração e produção de petróleo e gás natural é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica “Exploração de petróleo e gás natural, inclusive atividades de apoio”.

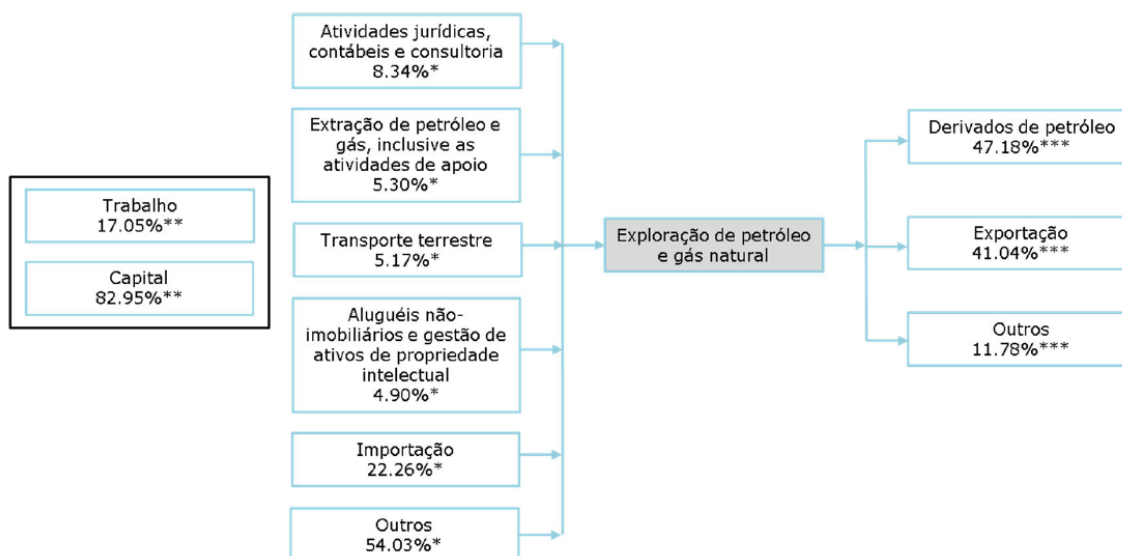
A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva. Na estrutura de custos da exploração de petróleo e gás natural (ver lado esquerdo da Figura 1), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: serviços jurídicos, contabilidade e consultorias (que representam 8,34% do consumo intermediário total ou R\$ 10,4 bilhões de 2018), consumo intrasetorial de extração de petróleo e gás (5,30% ou R\$ 6,6 bilhões), transporte terrestre (5,17% ou R\$ 6,4 bilhões), aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual (4,90% ou R\$ 6,1 bilhões), entre outros. Ademais, são demandados cerca de R\$ 27,8 bilhões de bens importados (22,26% do consumo intermediário total).

Ainda na estrutura de custos, observa-se gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 1). É possível ver que o setor de exploração de petróleo e gás natural gasta 17,05% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 16,9 bilhões de pagamento de salários e contribuições sociais) e 82,95% é gasto em capital (equivalente a R\$ 82,8 bilhões de pagamento de excedente operacional bruto).

Esses dados nos mostram que o setor de extração de petróleo e gás é capital intensivo. Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 1), há dois principais usos da produção de petróleo e gás natural no Brasil. Ela é utilizada como insumo intermediário na produção de outras atividades econômicas, principalmente a produção

de derivados de petróleo (47,18% da demanda total ou R\$ 106,6 bilhões), e o restante é exportado para outros países (41,04% ou R\$ 92,7 bilhões).

Figura 1 - Estrutura produtiva do setor de exploração de petróleo e gás natural



Fonte: Elaboração Fipe.

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

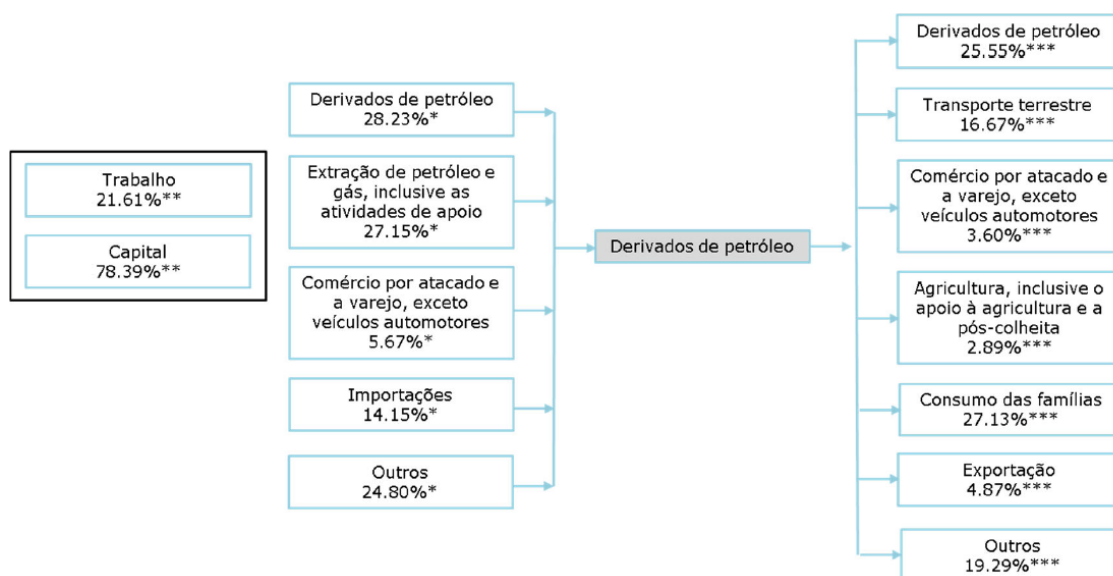
4.2. Derivados de Petróleo

O setor de produção de derivados de petróleo é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica “Derivados de petróleo”. A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva.

Na estrutura de custos de derivados de petróleo (ver lado esquerdo da Figura 2), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: consumo intrasetorial de derivados de petróleo (que representa 28,23% do consumo intermediário total ou R\$ 110,8 bilhões de 2018), extração de petróleo e gás natural, inclusive atividades de apoio (27,15% ou R\$ 106,6 bilhões), comércio por atacado e varejo (5,67% ou R\$ 22,3 bilhões), entre outros. Ademais, são demandados cerca de R\$ 55,6 bilhões de bens importados (14,15% do consumo intermediário total).

Ainda na estrutura de custos, observa-se gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 2). É possível ver que o setor de derivados de petróleo gasta 21,61% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 8,6 bilhões de pagamento de salários e contribuições sociais) e 78,39% é gasto em capital (equivalente a R\$ 31,3 bilhões de pagamento de excedente operacional bruto). Esses dados nos mostram que o setor de derivados de petróleo é capital intensivo.

Figura 2 - Estrutura produtiva do setor de derivados de petróleo



Fonte: Elaboração Fipe

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 2), vemos que os produtos derivados de petróleo são majoritariamente demandados para consumo intrasetorial de derivados de petróleo (25,55% da demanda total ou R\$ 110,8 bilhões), transporte terrestre (16,67% ou R\$ 72,3 bilhões), comércio por atacado e varejo (3,60% ou R\$ 15,6 bilhões), agricultura, inclusive atividades de apoio (2,89% ou R\$ 12,5 bilhões), consumo das famílias (27,13% ou R\$ 117,7 bilhões) e exportado (4,87% ou R\$ 21,1 bilhões).

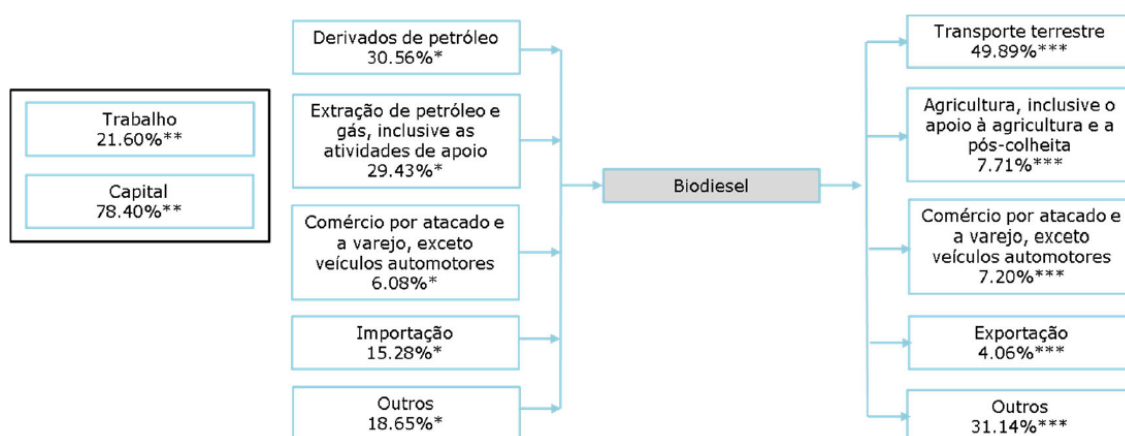
4.3. Biodiesel

O setor de produção de biodiesel é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica "Biodiesel". A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva.

Na estrutura de custos para produção de biodiesel (ver lado esquerdo da Figura 3), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: derivados de petróleo (que representa 30,56% do consumo intermediário total ou R\$ 2,8 bilhões de 2018), extração de petróleo e gás natural, inclusive atividades de apoio (29,43% ou R\$ 2,7 bilhões), comércio por atacado e varejo (6,08% ou R\$ 567 milhões), entre outros.

Ademais, são demandados cerca de R\$ 1,4 bilhão de bens importados (15,28% do consumo intermediário total).

Figura 3 - Estrutura produtiva do setor de biodiesel



Fonte: Elaboração Fipe.

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

Ainda na estrutura de custos, temos gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 3). É possível ver que o setor de biodiesel gasta 21,60% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 222 milhões de pagamento de salários e contribuições sociais) e 78,40% é gasto em capital (equivalente a R\$ 806 milhões de pagamento de excedente operacional bruto). Esses dados nos mostram que o setor de biodiesel é capital intensivo.

Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 3), nota-se que o biodiesel é consumido pela atividade de transporte terrestre (49,89% da demanda total ou R\$ 5,2 bilhões), agricultura, inclusive atividades de apoio (7,71% ou R\$ 801 milhões), comércio por atacado e varejo (7,20% ou R\$ 748 milhões) e exportado (4,06% ou R\$ 422 milhões).

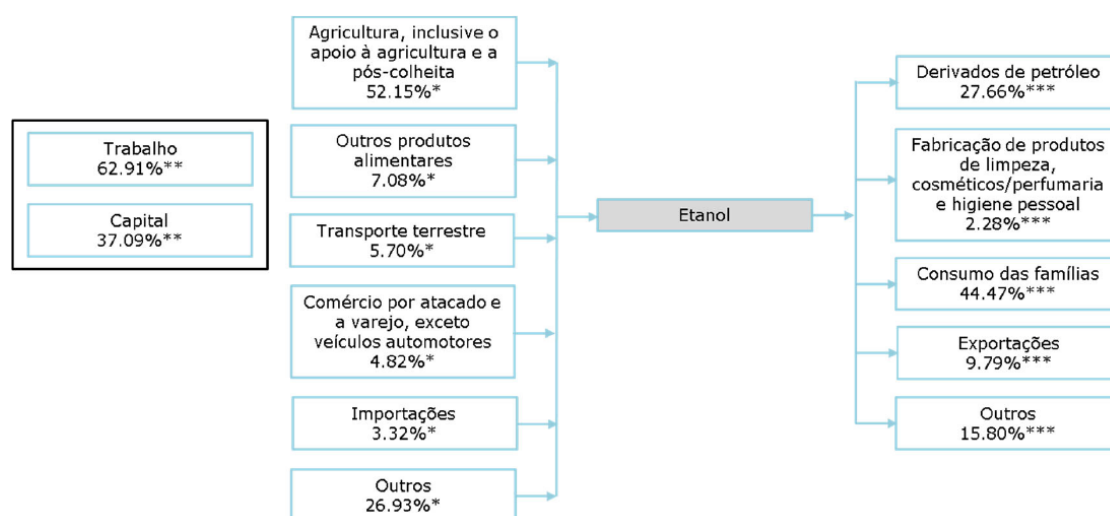
4.4. Biocombustíveis (etanol)

O setor de produção de etanol é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica “Fabricação de biocombustíveis (etanol)”. A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva.

Na estrutura de custos para produção de etanol (ver lado esquerdo da Figura 4), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: agricultura, inclusive atividades de apoio (que representa 52,15% do consumo intermediário total ou R\$ 22,5 bilhões de 2018), outros produtos alimentares (7,08% ou R\$ 3 bilhões), transporte terrestre (5,70% ou R\$ 2,5 bilhões), comércio por atacado e varejo (4,82% ou R\$ 2,1 bilhões) e outros. Ademais, são demandados cerca de R\$ 1,4 bilhão de bens importados (3,32% do consumo intermediário total).

Ainda na estrutura de custos, temos gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 4). É possível ver que o setor de etanol gasta 62,91% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 7 bilhões de pagamento de salários e contribuições sociais) e 37,09% é gasto em capital (equivalente a R\$ 4,1 bilhões de pagamento de excedente operacional bruto). Esses dados nos mostram que o setor de produção de etanol é trabalho intensivo.

Figura 4 - Estrutura produtiva do setor de biocombustíveis (etanol)



Fonte: Elaboração Fipe.

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

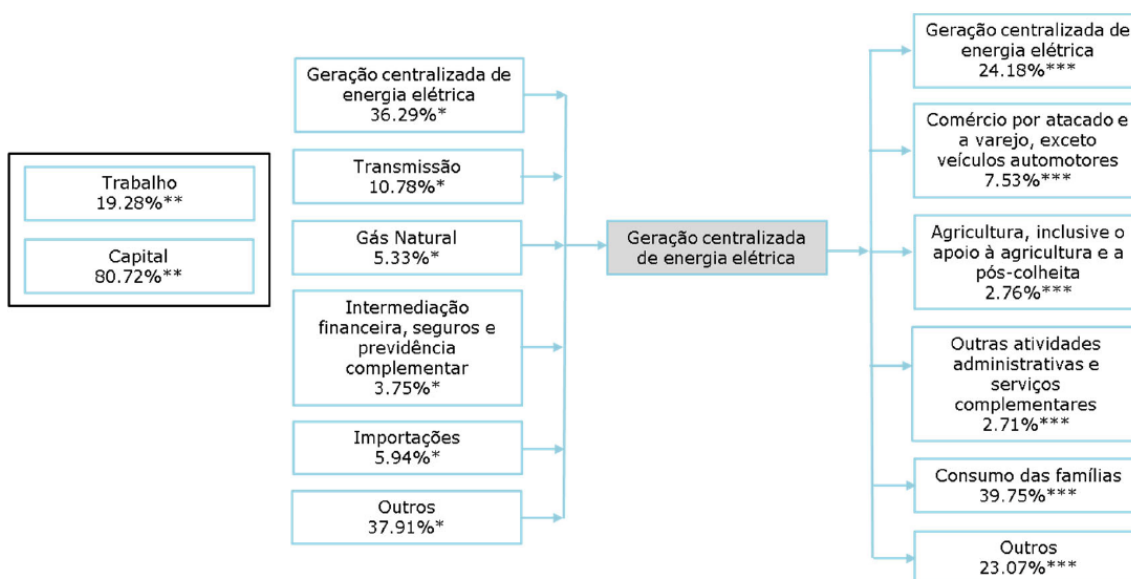
Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 4), vemos que o etanol é consumido pelo setor de derivados de petróleo (27,66% da demanda total ou R\$ 15,1 bilhões), fabricação de produtos de limpeza, cosméticos e higiene pessoal (2,28% ou R\$ 1,2 bilhão), consumo das famílias (44,47% ou R\$ 24,3 bilhões) e outros. Além disso, parte dos bens produzidos pelo setor de etanol é exportado (9,79% ou R\$ 5,3 bilhões).

4.5. Geração Centralizada de Energia Elétrica

O setor de produção de energia elétrica centralizada é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica “Geração centralizada de energia elétrica”. A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva.

Na estrutura de custos para produção de energia elétrica centralizada (ver lado esquerdo da Figura 5), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: consumo intrasetorial de energia elétrica centralizada (que representa 36,29% do consumo intermediário total ou R\$ 56 bilhões de 2018), transmissão (10,78% ou R\$ 16,6 bilhões), gás natural (5,33% ou R\$ 8,2 bilhões), intermediação financeira, seguros e previdência complementar (3,75% ou R\$ 5,8 bilhões) e outros. Além disso, são demandados cerca de R\$ 9,2 bilhões de bens importados (5,94% do consumo intermediário total).

Figura 5 - Estrutura produtiva do setor de geração centralizada de energia elétrica



Fonte: Elaboração Fipe.

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

Ainda na estrutura de custos, temos gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 5). É possível ver que o setor de geração centralizada de energia elétrica gasta 19,28% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 14,5 bilhões de pagamento de salários e contribuições sociais) e 80,72% é gasto em capital (equivalente a R\$ 60,7 bilhões de pagamento de excedente operacional bruto). Esses dados nos mostram que o setor produção de geração centralizada de energia elétrica é intensivo em capital.

Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 5), vemos que a energia elétrica centralizada é consumida pelo próprio setor de geração centralizada (24,18% da demanda total ou R\$ 56 bilhões), comércio por atacado e varejo (7,53% ou R\$ 17,4 bilhões), agricultura, inclusive atividades de apoio (2,76% ou R\$ 6,4 bilhões), outras atividades administrativas e serviços complementares (2,71% ou R\$ 6,3 bilhões) e consumo das famílias (39,75% ou R\$ 92,1 bilhões) e outros.

4.6. Geração Distribuída de Energia Elétrica

O setor de produção de energia elétrica distribuída é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica “Geração distribuída de energia elétrica”. A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva⁴.

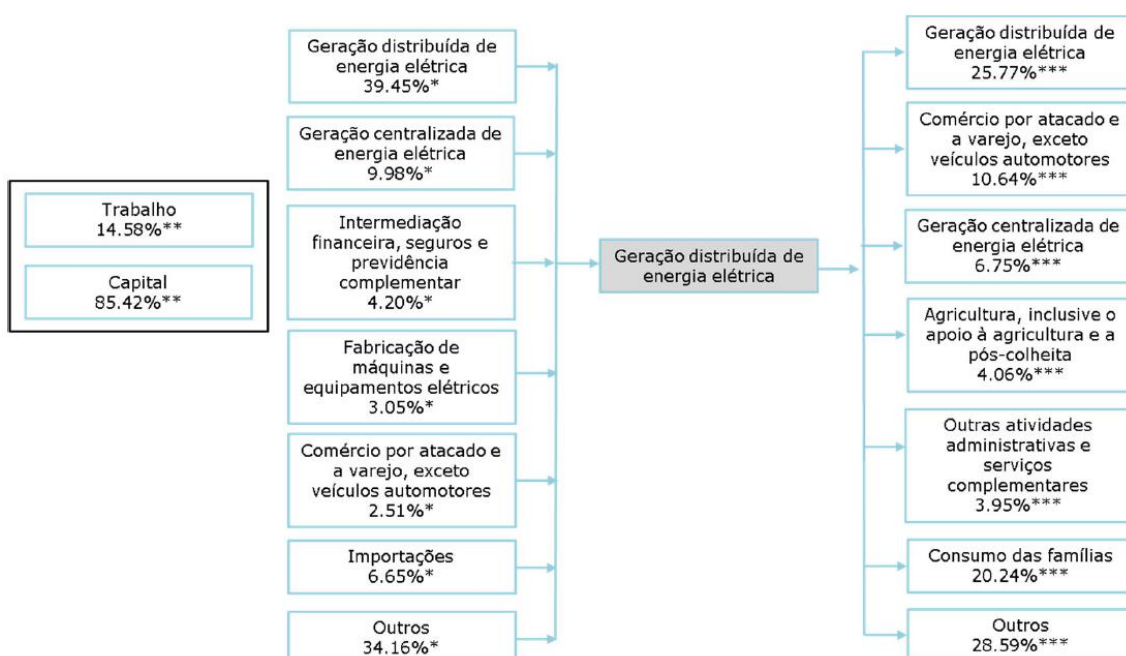
Na estrutura de custos para produção de energia elétrica distribuída (ver lado esquerdo da Figura 6), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: consumo intrasetorial de energia elétrica distribuída (que

⁴ Neste modelo, a geração distribuída foi integralmente tratada como um setor econômico para fins de simplificação metodológica. No entanto, o aprimoramento deste setor faz parte da agenda de melhorias futuras do modelo.

representa 39,45% do consumo intermediário total ou R\$ 8,8 bilhões de 2018), geração centralizada de energia elétrica (9,98% ou R\$ 2,2 bilhões), intermediação financeira, seguros e previdência complementar (4,20% ou R\$ 947 milhões), fabricação de máquinas e equipamentos elétricos (3,05% ou R\$ 688 milhões), comércio por atacado e varejo (2,51% ou R\$ 566 milhões) e outros. Além disso, são demandados cerca de R\$ 1,5 bilhão de bens importados (6,65% do consumo intermediário total).

Ainda na estrutura de custos, temos gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 6). É possível ver que o setor de geração distribuída de energia elétrica gasta 14,58% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 1,7 bilhão de pagamento de salários e contribuições sociais) e 85,42% é gasto em capital (equivalente a R\$ 9,9 bilhões de pagamento de excedente operacional bruto). Esses dados nos mostram que o setor produção de geração distribuída de energia elétrica é intensivo em capital.

Figura 6 - Estrutura produtiva do setor de geração distribuída de energia elétrica



Fonte: Elaboração Fipe.

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

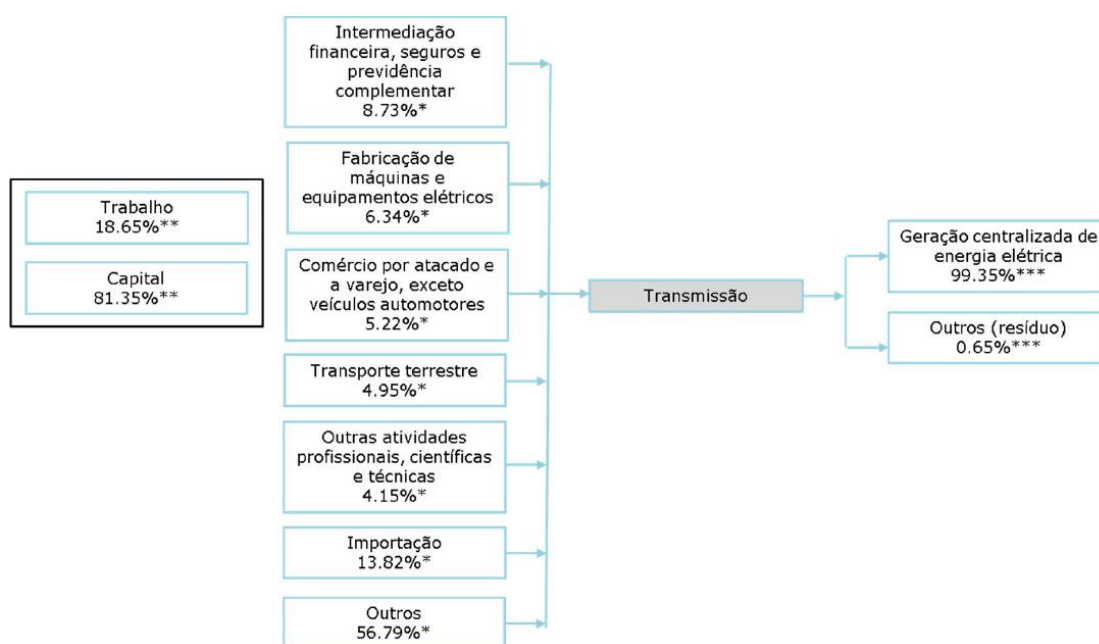
Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 6), vemos que a energia elétrica distribuída é consumida pelo próprio setor de geração distribuída (25,77% da demanda total ou R\$ 8,8 bilhões), comércio por atacado e varejo (10,64% ou R\$ 3,7 bilhões), geração centralizada de energia elétrica (6,75% ou R\$ 2,3 bilhões), agricultura, inclusive atividades de apoio (4,06% ou R\$ 1,4 bilhão), outras atividades administrativas e serviços complementares (3,95% ou R\$ 1,4 bilhão) e consumo das famílias (20,24% ou R\$ 7 bilhões) e outros.

4.7. Transmissão de Energia Elétrica

O setor de prestação de serviços de transmissão de energia elétrica é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica “Transmissão”. A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva.

Na estrutura de custos do setor de transmissão (ver lado esquerdo da Figura 7), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: intermediação financeira, seguros e previdência complementar (que representa 8,73% do consumo intermediário total ou R\$ 678 milhões de 2018), fabricação de máquinas e equipamentos elétricos (6,34% ou R\$ 493 milhões), comércio por atacado e varejo (5,22% ou R\$ 406 milhões), transporte terrestre (4,95% ou R\$ 385 milhões), outras atividades profissionais, científicas e técnicas (4,15% ou R\$ 320 milhões) e outros. Além disso, são demandados cerca de R\$ 1,1 bilhão de bens importados (13,82% do consumo intermediário total).

Figura 7 - Estrutura produtiva do setor de transmissão de energia elétrica



Fonte: Elaboração Fipe.

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

Ainda na estrutura de custos, temos gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 7). É possível ver que o setor de transmissão de energia elétrica gasta 18,65% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 1,6 bilhão de pagamento de salários e contribuições sociais) e 81,35% é gasto em capital (equivalente a R\$ 7,1 bilhões de pagamento de excedente operacional bruto). Esses dados nos mostram que o setor transmissão de energia elétrica é intensivo em capital.

Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 7), vemos que a transmissão de energia elétrica é consumida totalmente pelo setor de geração centralizada de energia elétrica (99,35% da demanda total ou R\$ 16,6 bilhões).

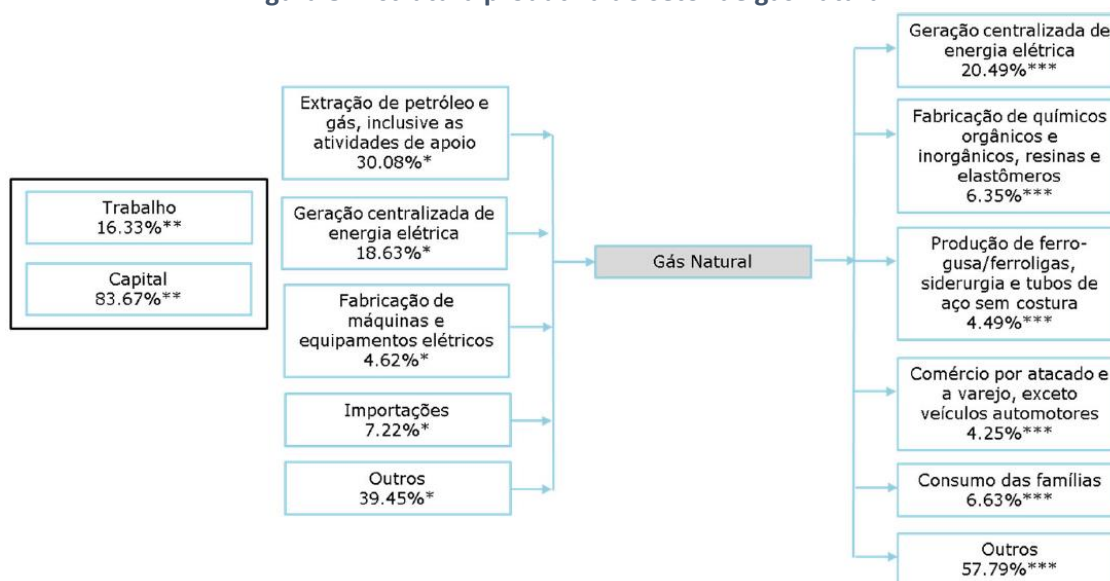
4.8. Gás Natural

O setor de gás natural é descrito na Matriz Insumo-Produto sob rubrica “Gás natural”. A seguir, são apresentadas algumas informações acerca de sua estrutura produtiva.

Na estrutura de custos do setor de gás natural (ver lado esquerdo da Figura 8), é possível ver que os principais setores demandados nacionalmente são: extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio (que representa 30,08% do consumo intermediário total ou R\$ 5,2 bilhões de 2018), geração centralizada de energia elétrica (18,63% ou R\$ 3,2 bilhões), fabricação de máquinas e equipamentos elétricos (4,62% ou R\$ 799 milhões) e outros. Além disso, são demandados cerca de R\$ 1,2 bilhão de bens importados (7,22% do consumo intermediário total).

Ainda na estrutura de custos, temos gastos com os fatores de produção trabalho e capital (ver lado esquerdo da Figura 8). É possível ver que o setor de gás natural gasta 16,33% com a remuneração de trabalho (equivalente a R\$ 3,7 bilhões de pagamento de salários e contribuições sociais) e 83,67% é gasto em capital (equivalente a R\$ 18,9 bilhões de pagamento de excedente operacional bruto). Esses dados nos mostram que o setor de gás natural é capital intensivo.

Figura 8 - Estrutura produtiva do setor de gás natural



Fonte: Elaboração Fipe.

Nota: * percentual em relação ao consumo intermediário total; ** percentual em relação ao total de remuneração dos fatores; *** percentual em relação à demanda total.

Na estrutura de vendas (ver lado direito da Figura 8), vemos que o setor de gás natural tem como principais demandantes: geração centralizada de energia elétrica (20,49% da demanda total ou R\$ 8,2 bilhões), fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros (6,35% ou R\$ 2,5 bilhões), produção de ferro-gusa/ferroligas e tubos de aço (4,49% ou R\$ 1,8 bilhão), comércio por atacado e varejo (4,25% ou R\$ 1,7 bilhão), consumo das famílias (6,63% ou R\$ 2,6 bilhões) e outros.

5. Descrição da contribuição econômica dos setores energéticos no Brasil

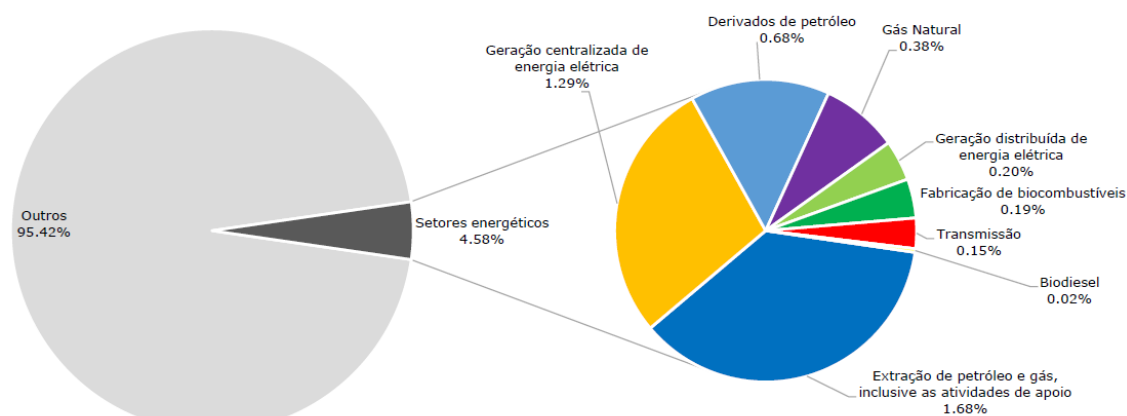
Esta seção apresenta informações relativas à estrutura econômica do setor energético agregado, as quais foram extraídas da Matriz Insumo-Produto estendida para o setor de energia para o ano de 2018 construída pela metodologia descrita.

5.1. Produção e Emprego

A Figura 9 apresenta os valores percentuais da participação do Produto Interno Bruto (PIB) do setor energético em relação ao PIB brasileiro. Nesse caso, o PIB do setor energético representa 4,58% do PIB brasileiro em 2018. Em termos monetários, isso representa R\$ 276 bilhões.

A maior contribuição vem da atividade de extração de petróleo e gás, que representa 1,68% do PIB (ou R\$ 100,7 bilhões). Em seguida, observa-se a atividade de geração centralizada de energia elétrica (1,29% do PIB ou R\$ 77,3 bilhões) e derivados de petróleo (0,68% do PIB ou R\$ 41,2 bilhões). Para os demais setores energéticos temos as seguintes informações: gás natural (0,38% do PIB ou R\$ 22,8 bilhões), geração distribuída de energia elétrica (0,20% do PIB ou R\$ 11,9 bilhões), fabricação de biocombustíveis (0,19% do PIB ou R\$ 11,5 bilhões), transmissão (0,15% do PIB ou R\$ 8,9 bilhões) e biodiesel (0,02% do PIB ou R\$ 1,1 bilhão).

Figura 9 - Contribuição dos setores energéticos para o PIB brasileiro



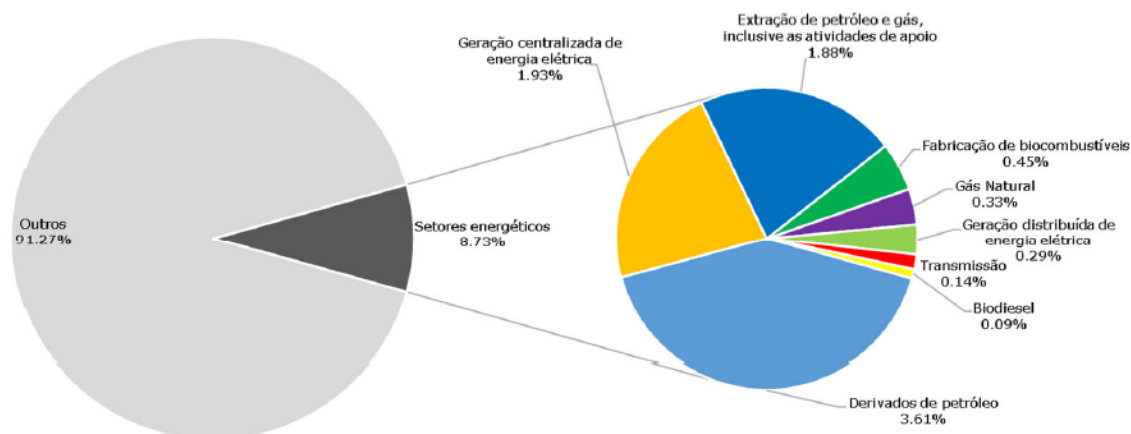
Fonte: Elaboração Fipe.

A Figura 10 apresenta os valores percentuais da participação do Valor Bruto de Produção (VBP) do setor energético em relação ao VBP brasileiro. Nesse caso, o VBP do setor energético representa 8,73% do VBP brasileiro em 2018. Em termos monetários, isso representa R\$ 1,05 trilhão.

As maiores contribuições são provenientes da produção de derivados de petróleo (3,61% do VBP brasileiro ou R\$ 433,8 bilhões), geração centralizada de energia elétrica (1,93% do VBP ou R\$ 231,7 bilhões) e atividade de extração de petróleo e gás (1,88% do VBP ou R\$ 225,9 bilhões). Para os demais setores energéticos temos as seguintes informações: fabricação de biocombustíveis (0,45% do VBP ou R\$ 54,6 bilhões), gás

natural (0,33% do VBP ou R\$ 40,2 bilhões), geração distribuída de energia elétrica (0,29% do VBP ou R\$ 34,5 bilhões), transmissão (0,14% do VBP ou R\$ 16,7 bilhões) e biodiesel (0,09% do VBP ou R\$ 10,4 bilhão).

Figura 10 - Contribuição dos setores energéticos para o VBP brasileiro

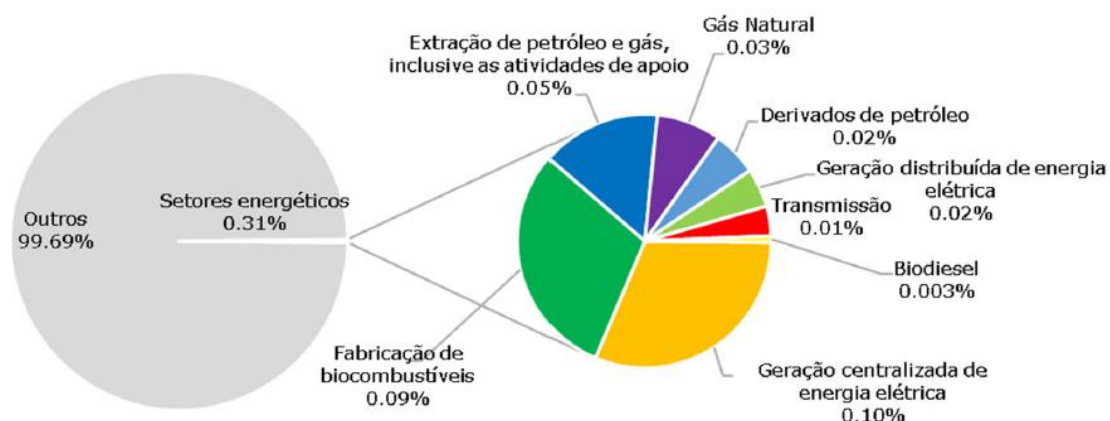


Fonte: Elaboração Fipe.

As Figura 11 e 12 apresentam a contribuição dos setores energéticos na geração de emprego e renda (remunerações), respectivamente. Em termos de emprego, os setores energéticos representam 0,31% do mercado de trabalho brasileiro. Isso é equivalente a mais de 328 mil empregos. Nesse caso, destacam-se os setores de geração centralizada de energia elétrica com 0,10% do emprego nacional (102 mil empregos), fabricação de biocombustíveis (0,09% ou 98 mil empregos) e extração de petróleo e gás natural (0,05% ou 50 mil empregos). Em termos de renda, vemos que os setores energéticos representam 1,78% do total de salários nacional (carca de R\$ 54,3 bilhões). Os maiores percentuais são vistos em extração de petróleo e gás (0,55% ou R\$ 16,9 bilhões), geração centralizada de energia elétrica (0,47% ou R\$ 14,5 bilhões) e derivados de petróleo (0,28% ou R\$ 8,6 bilhões).

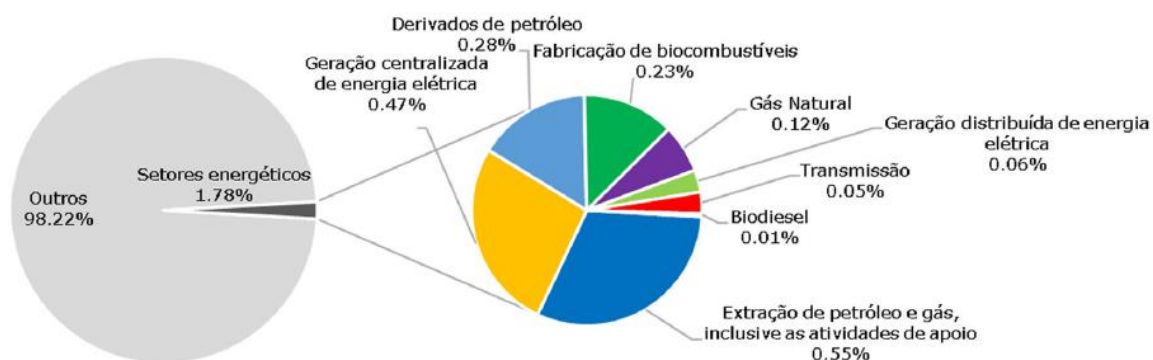
Ao compararmos os rendimentos e número de empregos, podemos afirmar que os setores energéticos têm pagamentos acima da média nacional. Nesse caso, destacam-se os setores de extração de petróleo e gás e derivados de petróleo.

Figura 11 - Contribuição dos setores energéticos para o emprego brasileiro



Fonte: Elaboração Fipe.

Figura 12 - Contribuição dos setores energéticos para a remuneração brasileira

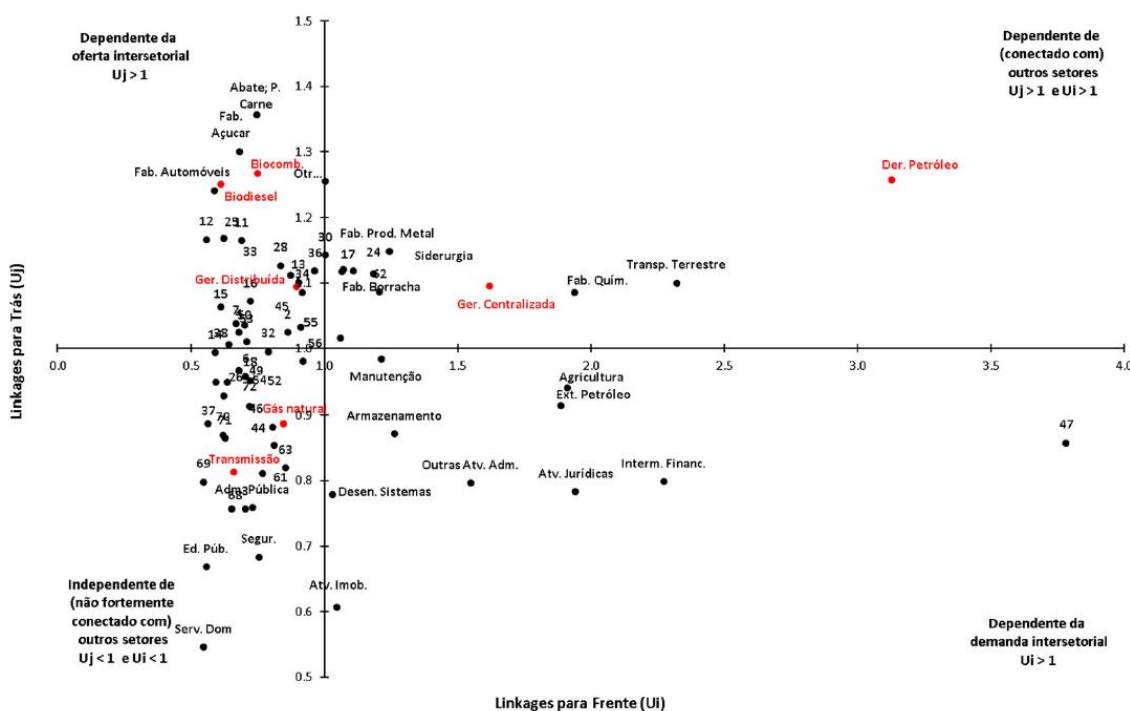


Fonte: Elaboração Fipe.

5.2. Setores-Chave

A Figura 13 apresenta uma representação gráfica dos índices de ligação setorial da economia brasileira para o ano de 2018. Os setores podem ser classificados em quatro categorias. No primeiro quadrante, estão localizados os setores considerados chave, em que, os índices de ligação para trás e para frente são superiores a 1. Esses setores demandam e são demandados acima da média. No segundo quadrante, estão localizados os setores com valores de índice de ligação para trás acima de 1. Esses setores somente demandam acima da média. No terceiro quadrante, estão os setores que independem dos demais. Nesse caso, os índices de ligação para trás e para frente são menores que 1. No quarto quadrante, temos os setores com índice de ligação para frente acima de 1. Esses setores são demandados acima da média.

Figura 13 - Multiplicadores de produção dos setores energéticos



Fonte: Elaboração Fipe.

É possível notar que os setores energéticos derivados de petróleo e geração centralizada de energia elétrica são setores-chave para a economia, isto é, eles apresentam valores de índice de ligação para trás e para frente, maiores do que 1.

Os setores de fabricação de biocombustíveis, biodiesel e geração distribuída de energia elétrica estão localizados no segundo quadrante, indicando que eles apenas demandam acima da média nacional (índice de ligação para trás maior do que 1). No caso dos setores de transmissão e gás natural temos que eles são independentes dos demais setores, isto é, eles apresentam valores de índice de ligação para trás e para frente, menores que 1.

5.3. Multiplicadores de Produção

A Figura 14 apresenta os multiplicadores de produção para os setores energéticos, considerando a Matriz Insumo-Produto calibrada para o ano de 2018. O valor do multiplicador informa quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final. Nesse caso, o setor de extração de petróleo e gás natural obteve um multiplicador de 1,67 (isto é, para R\$ 1 gasto na demanda final do setor de extração de petróleo e gás, aumenta-se o produto em R\$ 1,67), o setor de derivados de petróleo obteve um multiplicador de 2,30, biodiesel (2,29), fabricação de biocombustíveis – etanol (2,32), geração centralizada de energia elétrica (2,01), geração distribuída de energia elétrica (2,0), transmissão (1,49) e gás natural (1,61).

Figura 14 - Multiplicadores de produção dos setores energéticos

Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	Derivados de petróleo	Biodiesel	Fabricação de biocombustíveis
1.674	2.302	2.289	2.320
Geração centralizada de energia elétrica	Geração distribuída de energia elétrica	Transmissão	Gás Natural
2.006	2.003	1.488	1.614

Fonte: Elaboração Fipe.

6. Exemplos de aplicação

Para demonstrar o funcionamento do Modelo Insumo-Produto desenvolvido, dois exercícios simplificados de análise de impacto foram realizados considerando cenários hipotéticos. No primeiro são analisados os impactos de um aumento de 5% das exportações totais. No segundo discute-se os impactos de um aumento de 5% na demanda das famílias por eletricidade.

Cabe destacar que, nas simulações apresentadas abaixo, foram considerados exógenos todos os componentes da demanda final. Dito em outras palavras, o consumo das famílias, os gastos do governo, os investimentos públicos e privados e as exportações são determinados fora do modelo, e, portanto, não são afetados pelas mudanças na produção total resultante. Dessa forma, não são contabilizados no resultado final os impactos sobre a demanda associados ao aumento do emprego, dos salários ou dos tributos como consequência do aumento da produção.

6.1. Impactos de um aumento das exportações totais

Considere um cenário em que ocorre um aumento das exportações na magnitude de 5% (em relação ao ano base 2018), equivalente a um aumento de R\$ 51,2 bilhões nas exportações brasileiras. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos pelo modelo.

Tabela 1 - Síntese dos impactos do aumento das exportações totais

Setores	PIB (R\$ Milhões)	Var (%)	Emprego	Var (%)	Consumo (10 ³ tep)	Var (%)
Total	38.508,0	0,64	258.160,0	0,25	1.767,6	1,10
Agropecuária	8.151,8	2,20	88.918,0	0,66	285,2	2,33
Indústria	8.692,7	0,89	44.322,0	0,23	474,7	1,44
Serviços	17.687,2	0,40	123.561,0	0,17	840,1	0,91
Setores energéticos	3.976,3	1,44	1.359,0	0,41	167,6	0,75
Extração de petróleo e gás	2.742,1	2,72	545,8	1,09	-	-
Derivados de petróleo	435,3	1,06	79,7	0,42	1.025,1	1,10
Biodiesel	14,0	1,33	13,9	0,53	46,2	1,11
Fabricação de biocombustíveis	108,1	0,94	368,8	0,38	144,9	0,92
Geração centralizada de energia elétrica	375,6	0,49	199,2	0,19	317,9	1,21
Geração distribuída de energia elétrica	71,0	0,59	38,6	0,24	45,7	1,12
Transmissão	43,6	0,49	24,2	0,19	187,7	1,10
Gás Natural	186,8	0,82	88,8	0,33	1.767,6	1,10

Fonte: Elaboração dos autores.

O choque de 5% das exportações leva ao aumento de R\$ 38,5 bilhões no Produto Interno Bruto (PIB), ou um aumento de 0,64%. Em termos de emprego, temos um acréscimo de 258 mil empregos (aumento de 0,25%). Além disso, em termos de consumo energético, vemos que o choque de exportação leva a necessidade energética de $1,7 \times 10^6$ tep (aumento de 1,1%).

Olhando entre os grandes setores, é observado um aumento de R\$ 8,1 bilhões no setor de agricultura (2,2%), R\$ 8,7 bilhões na indústria (0,9%), R\$ 17,7 no setor de serviços (0,4%) e R\$ 4 bilhões nos setores energéticos (1,4%). Em termos de emprego, é esperada a criação de 88,9 mil empregos no setor de agropecuária e extrativos, 44,3 mil empregos no setor industrial, 123 mil empregos no setor de serviços e 1,4 mil nos setores energéticos. Em termos de consumo energético, é projetado um aumento da necessidade energética em 285×10^3 tep no setor agrícola, 475×10^3 tep na indústria, 840×10^3 tep nos serviços e 168×10^3 tep no próprio setor energético.

Em termos de produto, o choque de exportação leva ao aumento de R\$ 2,7 bilhões no setor de extração de petróleo e gás, de R\$ 435 milhões no setor de derivados de petróleo, R\$ 14 milhões no setor de biodiesel, de R\$ 108 milhões na fabricação de biocombustíveis, de R\$ 376 milhões no setor de geração elétrica centralizada, de R\$ 71 milhões na geração elétrica distribuída, de R\$ 44 milhões no setor de transmissão e de R\$ 187 milhões no setor de gás natural.

Por fim, o choque de exportação levaria ao aumento de 1×10^6 tep no consumo de derivados de petróleo, 46×10^3 tep no consumo de biodiesel, 145×10^3 tep no consumo de etanol, 318×10^3 tep no consumo de eletricidade centralizada, 46×10^3 tep no consumo de eletricidade distribuída e 188×10^3 tep no consumo de gás natural.

6.2. Impactos de um aumento na demanda das famílias por eletricidade

Considere um cenário em que ocorre um aumento na demanda das famílias por geração centralizada de eletricidade em 5% (em relação ao ano base 2018), equivalente a um aumento de R\$ 4,6 bilhões no setor. Os resultados são sintetizados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Síntese dos impactos do aumento na demanda das famílias por eletricidade

Setores	PIB (R\$ Milhões)	Var (%)	Emprego	Var (%)	Consumo (10 ³ tep)	Var (%)
Total	3.510,7	0,06	7.164,4	0,01	373,3	0,23
Agropecuária	15,5	0,00	133,4	0,00	0,7	0,01
Indústria	172,3	0,02	1.039,9	0,01	7,9	0,02
Serviços	782,1	0,02	4.672,0	0,01	34,7	0,04
Setores energéticos	2.540,9	0,92	1.319,1	0,40	330,0	1,49
Extração de petróleo e gás	81,5	0,08	16,2	0,03	-	-
Derivados de petróleo	15,7	0,04	2,9	0,02	127,3	0,14
Biodiesel	0,3	0,03	0,3	0,01	1,4	0,03
Fabricação de biocombustíveis	1,6	0,01	5,5	0,01	6,3	0,04
Geração centralizada de energia elétrica	2.044,4	2,64	1.084,3	1,06	60,3	0,23
Geração distribuída de energia elétrica	31,9	0,27	17,4	0,11	3,9	0,10
Transmissão	235,9	2,63	131,0	1,05	174,0	1,02
Gás Natural	129,4	0,57	61,5	0,23	373,3	0,23

Fonte: Elaboração dos autores.

Assim, de acordo com o modelo, essa mudança na demanda das famílias por eletricidade de geração centralizada provocaria um aumento de R\$ 3,5 bilhões no PIB (0,06%), uma alta de 7 mil empregos (0,01%) e de 373×10³ tep do consumo de energia (0,23%).

Nos setores é observada uma alta de R\$ 15 milhões no setor de agricultura (0%), R\$ 172 milhões na indústria (0,02%), R\$ 782 no setor de serviços (0,02%) e R\$ 2,5 bilhões nos setores energéticos (0,9%). Em termos de emprego, são criados 133 empregos no setor de agropecuária e extrativos, cerca de mil empregos no setor industrial, 4,7 mil empregos no setor de serviços e 1,3 mil empregos nos setores energéticos. Em termos de consumo energético, é projetado um aumento da demanda em 1×10³ tep no setor de agropecuária e extrativos, 8×10³ tep na indústria, 35×10³ tep nos serviços e 330×10³ tep no próprio setor energético.

O aumento da demanda das famílias por eletricidade de geração centralizada provoca o aumento de R\$ 82 milhões do produto do setor de extração de petróleo e gás, de R\$ 16 milhões para os derivados de petróleo, de R\$ 274 mil para o setor de biodiesel, de R\$ 6 milhões para a fabricação de biocombustíveis, de R\$ 1,1 bilhões para geração elétrica centralizada, de R\$ 17 milhões para a geração elétrica distribuída, de R\$ 131 milhões para a transmissão e de R\$ 62 milhões para o setor de gás natural.

Por fim, em termos do consumo de energia se observa um aumento de 127×10^6 tep no consumo de derivados de petróleo, 1×10^3 tep no consumo de biodiesel, 6×10^3 tep no consumo de etanol, 60×10^3 tep no consumo de eletricidade centralizada, 4×10^3 tep no consumo de eletricidade distribuída e 174×10^3 tep no consumo de gás natural.

7. Considerações finais

A presente Nota Técnica Conjunta apresentou a estratégia metodológica para a construção da Matriz Insumo-Produto detalhada para os setores energéticos, incluindo a apresentação de base de dados utilizada no processo de desagregação setorial.

Como visto, esse processo é fundamental para a utilização dos Modelos Insumo-Produto em análises voltadas ao setor de energia, a fim de capturar adequadamente as particularidades das diferentes fontes de energia da matriz energética nacional.

Esse estudo é resultado de um trabalho conjunto entre a EPE e a FIPE e é parte dos esforços contínuos de aprimoramento metodológico da EPE na sua função institucional de subsidiar o planejamento energético e na disseminação de conhecimento para a sociedade.

8. Referências

ANEEL (2021). *Receita Anual Permitida - RAP*. Disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoia0ZlZjZkZjUtNDhmOC00NjZlLWE1MjYtMmJkN2JlMTNmNDRiIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>.

ANP (2021). *Informações de transporte de dutoviário de gás natural*. Disponível em <http://transpetro.com.br/transpetro-institucional/informacoes-legais/informacoes-em-atendimento-a-anp.htm> e <https://www.gov.br/anp/ptbr/assuntos/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gasnatural/transporte-de-gas-natural/gasodutos-de-transporte/tarifas>.

BEA (2012). *Input-Output Accounts Data*. Disponível em <https://www.bea.gov/industry/input-output-accounts-data>.

CARVALHO, T; PEROBELLI, F. (2009). Avaliação da intensidade de emissões de CO2 setoriais e na estrutura de exportações: um modelo inter-regional de insumo-produto São Paulo/restante do Brasil. *Revista de Economia Aplicada*, 13, 99-124.

CARVALHO, T; SANTIAGO, F; PEROBELLI, F. (2013). International trade and emissions: The case of the Minas Gerais State - 2005. *Energy Economics*, 40, 383- 395.

EPE (2021a). *Balanço Energético Nacional*. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>.

EPE (2021b). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis - Ano 2020*. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-615/NT-EPE-DPG-SDB-2021-03_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_ano_2020.pdf.

EPE (2021c). *Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis*. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/investimentos-e-custos-operacionais-e-de-manutencao-no-setor-de-biocombustiveis>.

EPE (2021d). *Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída (PDGD)*. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/painel-de-dados-de-micro-e-minigeracao-distribuida-pdgd->.

FIRME, V; PEROBELLI, F. (2012). O Setor Energético Brasileiro: Uma análise via indicadores de Insumo-Produto e o Modelo Híbrido para os anos de 1997 e 2002. *Planejamento e Políticas Públicas*, 39, 25-155.

GIZ (2021). A mão de obra na cadeia produtiva do setor solar brasileiro. Disponível em <https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2021/12/Estudo-Cadeia-Produtiva-Solar.pdf>.

GUILHOTO, J (2011). *Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos*.

HILGEMBERG, E. (2004). *Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO2 decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto*. Tese (Doutorado em Economia Aplicada), ESALQ/ USP.

IBGE (2021). *Pesquisa Industrial Anual*. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html?edicao=27991&t=resultados>.

IRENA (2018). *Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2018*. Disponível em <https://www.irena.org/publications/2018/May/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2018>.

MACHADO, G.V. (2002). *Meio Ambiente e Comércio Exterior: Impactos da Especialização Comercial Brasileira sobre o Uso de Energia e as Emissões de Carbono do País*. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético), COPPE / UFRJ.

MILLER, R; BLAIR, P (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge University Press.

PEROBELLI, F; MATTOS, R; FARIA, W. (2007). Interações Energéticas entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil: uma análise inter-regional de insumo-produto. *Revista de Economia Aplicada*, 11, 113-130.

9. Apêndice – Setores da Matriz Insumo-Produto 73x73

Tabela 3.A: Lista de setores da Matriz Insumo-Produto estendida para energia

ID	Setores
1	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
2	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
3	Produção florestal; pesca e aquicultura
4	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos
5	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
6	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
7	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos
8	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
9	Fabricação e refino de açúcar
10	Outros produtos alimentares
11	Fabricação de bebidas
12	Fabricação de produtos do fumo
13	Fabricação de produtos têxteis
14	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
15	Fabricação de calçados e de artefatos de couro
16	Fabricação de produtos da madeira
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
18	Impressão e reprodução de gravações
19	Derivados de petróleo
20	Biodiesel
21	Coqueiras
22	Fabricação de biocombustíveis
23	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
24	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos
25	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
26	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
27	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
28	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
29	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
30	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais
31	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
32	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
33	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
34	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
35	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
36	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
37	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
38	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
39	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
40	Geração centralizada de energia elétrica

41	Geração distribuída de energia elétrica
42	Transmissão
43	Gás Natural
44	Água, esgoto e gestão de resíduos
45	Construção
46	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas
47	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores
48	Transporte terrestre
49	Transporte aquaviário
50	Transporte aéreo
51	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
52	Alojamento
53	Alimentação
54	Edição e edição integrada à impressão
55	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
56	Telecomunicações
57	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
58	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
59	Atividades imobiliárias
60	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
61	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D
62	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
63	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
64	Outras atividades administrativas e serviços complementares
65	Atividades de vigilância, segurança e investigação
66	Administração pública, defesa e seguridade social
67	Educação pública
68	Educação privada
69	Saúde pública
70	Saúde privada
71	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
72	Organizações associativas e outros serviços pessoais
73	Serviços domésticos

Fonte: Elaboração Fipe