



Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas  
Departamento de Economia

LUAN DE FARIAS ANDRADES

**O SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO DOS ANOS 2010 A  
2020: UMA ABORDAGEM INSUMO-PRODUTO COM FOCO  
NO SETOR ELÉTRICO**

Brasília - DF

2023



LUAN DE FARIAS ANDRADES

**O SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO DOS ANOS 2010 A  
2020: UMA ABORDAGEM INSUMO-PRODUTO COM FOCO  
NO SETOR ELÉTRICO**

Monografia apresentada ao Departamento de Economia como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Professora Orientadora: Dra. Milene Takasago

Brasília - DF

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço aos meus pais, que sempre me deram incentivo e todo o suporte necessário para que eu chegasse a esse nível de estudos.

À minha avó Maria da Paz, por todo apoio dado.

À UnB, que me proporcionou vivências e crescimento pessoal em múltiplos aspectos. A todo o departamento de economia, em especial, à professora Dra. Milene Takasago, que foi, para mim, referência ímpar em fomentar e facilitar o entendimento da ciência.

À Ana Carolina Damas, que foi minha parceira em todos esses anos de faculdade.

## RESUMO

Este trabalho analisou o sistema energético brasileiro dos anos 2010 a 2020 e investigou o setor elétrico no âmbito da metodologia de insumo-produto. Foram estimadas Matrizes de Insumo-Produto para todo o período e derivados indicadores síntese e medidas de impacto que ajudaram a esclarecer o quadro energético brasileiro, sobretudo, o elétrico. Através desse estudo, é corroborada a intuição econômica de que o setor elétrico serve de base para o resto economia, tem alta sensibilidade de dispersão às variações nas demandas dos outros setores, mostra-se parcialmente estratégico para o restante da economia em termos da produção de cada setor e da interação desse setor com os outros, é um dos setores com maior campo de influência da economia, tem efeito na geração de produção próximo ao valor médio dos setores, não se destaca na geração de renda em relação à média e não tem impacto forte na geração de empregos, por ser um setor intenso em capital.

Palavras-chave: Insumo-produto. Setor Energético. Setor Elétrico.

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

### LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 - Tabela de Transações.

Tabela 2 – Índices de Ligação de Hirschman e Rasmussen.

Tabela 3 – Coeficientes de Variação (VBL e VFL).

Tabela 4 – Índice Puro Normalizado (PBLN e PFLN).

Tabela 5 – Gerador de Produção.

Tabela 6 – Gerador de Emprego.

Tabela 7 – Gerador de Renda.

### LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2020.

Figura 2 - Matriz Energética Brasileira 2021.

Figura 3 - Fontes renováveis e não renováveis na geração de energia no Brasil e no mundo, 2020.

Figura 4 - Consumo Final Energético por Fonte.

Figura 5 - Matriz Elétrica Mundial 2020.

Figura 6 – Campo de Influência 2020.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. O SISTEMA ENERGÉTICO E O CENÁRIO BRASILEIRO .....	9
2.1. A Matriz Energética .....	9
2.2. A Matriz Elétrica.....	11
3. METODOLOGIA.....	15
3.1. O Modelo Insumo-Produto .....	15
3.2. Índices de Ligação (ILHR).....	18
3.2.1. Coeficiente De Variação.....	19
3.3. Índice Puro .....	20
3.3.1. Índice Puro Normalizado.....	21
3.4. Campo de Influência .....	22
3.5. Geradores de impacto.....	23
3.5.1. Gerador de Produção .....	24
3.5.2. Gerador de Emprego.....	25
3.5.3. Gerador de Renda .....	26
3.6. Fonte de dados.....	27
4. ANÁLISE DE RESULTADOS .....	28
5. CONCLUSÃO .....	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de energia fornece itens essenciais e de forma generalizada na economia, logo, é de grande importância o seu entendimento para qualquer sistema econômico que deseje ter um crescimento sustentável, visto que a escassez desse fator pode gerar efeitos econômicos adversos.

O sistema energético brasileiro dos anos 2010 a 2020 será analisado no decorrer desse estudo com enfoque no setor elétrico no âmbito da metodologia de insumo-produto, que é indicada por diversos autores como a ferramenta adequada para o estudo das relações intersetoriais da economia.

O trabalho foi dividido da seguinte forma: Neste capítulo de introdução, o objetivo é basicamente informar sobre como será abordado o desenvolvimento do estudo; logo em seguida, no segundo capítulo, faz-se uma contextualização geral do sistema energético no Brasil e no mundo e será apresentado um panorama acerca do cenário energético e elétrico; no terceiro capítulo, aborda-se a metodologia, além de explicar o modelo de Leontief, demonstra-se o cálculo dos Índices de Ligações de Hirschman e Rasmussen e o cálculo do coeficiente de variação para melhor análise do índice, o Índice de ligação puro, o campo de influência, e as medidas de geração de produção emprego e renda; no quarto capítulo, temos as análises dos resultados; no quinto, conclusões decorrentes e no sexto, e último capítulo, são anunciadas as referências bibliográficas.

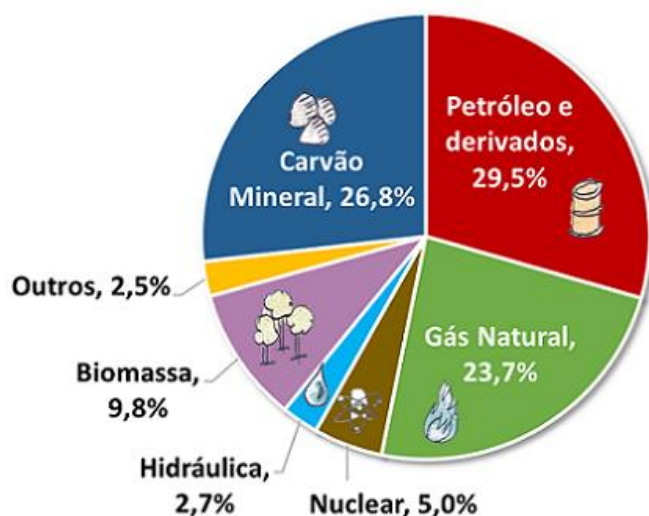


## 2. O SISTEMA ENERGÉTICO E O CENÁRIO BRASILEIRO

### 2.1. A Matriz Energética

O mundo possui uma matriz energética composta, principalmente, por fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural: (EPE, 2023).

Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2020.

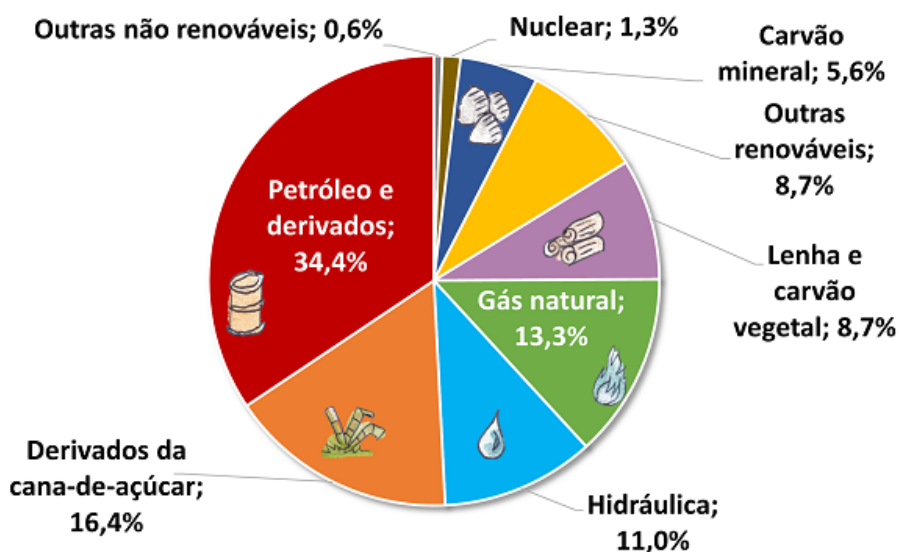


Fonte: EPE, 2023. International Energy Agency – IEA, 2022.

Fontes renováveis como solar, eólica e geotérmica, por exemplo, juntas correspondem a apenas 2,5% da matriz energética mundial, assinaladas como “Outros” na figura 1. Somando à participação da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizaram aproximadamente 15% no ano de 2020. (EPE, 2023).

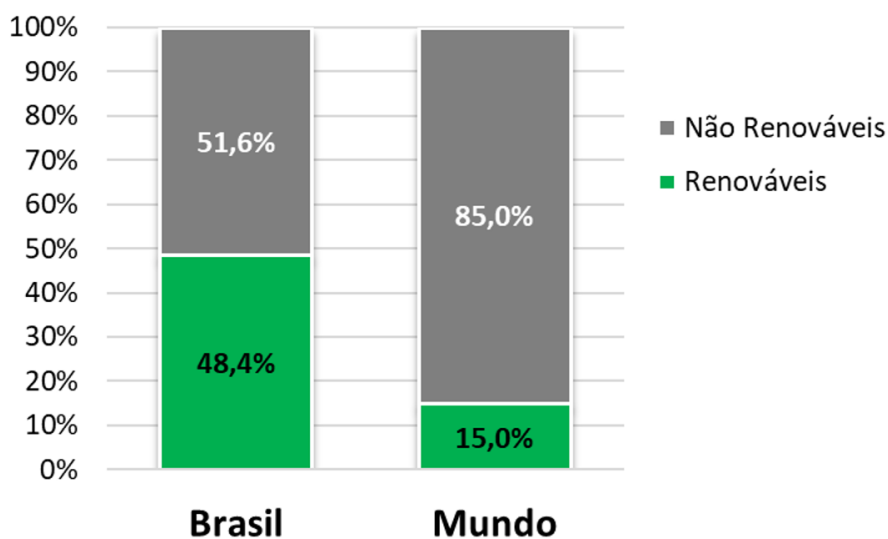
A matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial. Por aqui, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, nossas renováveis totalizaram 44,8% no ano de 2020, como mostra a figura 2, quase metade da nossa matriz energética. (EPE, 2023).

Figura 2 - Matriz Energética Brasileira 2021.



Fonte: EPE, 2023.

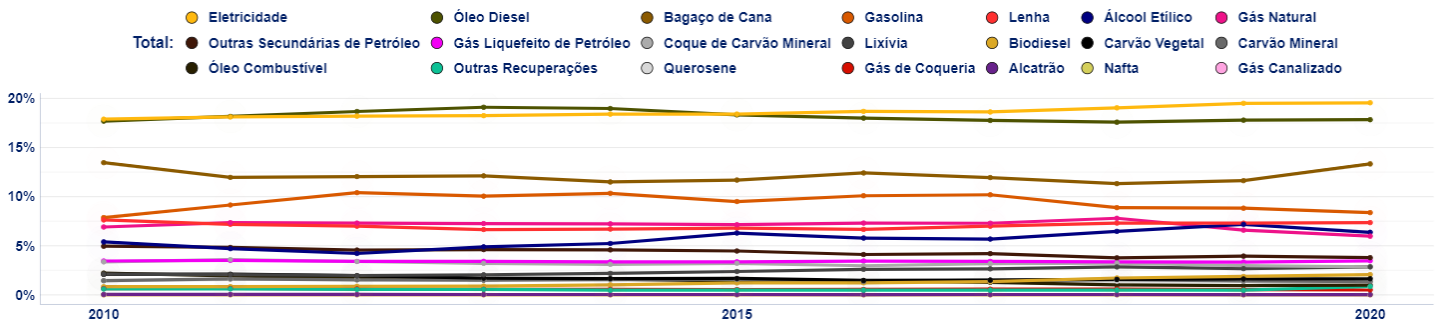
Figura 3 - Fontes renováveis e não renováveis na geração de energia no Brasil e no mundo, 2020.



Fonte: EPE, 2023.

O setor energético brasileiro utiliza essas fontes primárias de energia para gerar diversos tipos de energia, como mostra a figura 4. É possível notar que as fontes primárias tem como destino, em maior percentual, a geração de eletricidade e óleo diesel.

Figura 4 - Consumo Final Energético por Fonte.

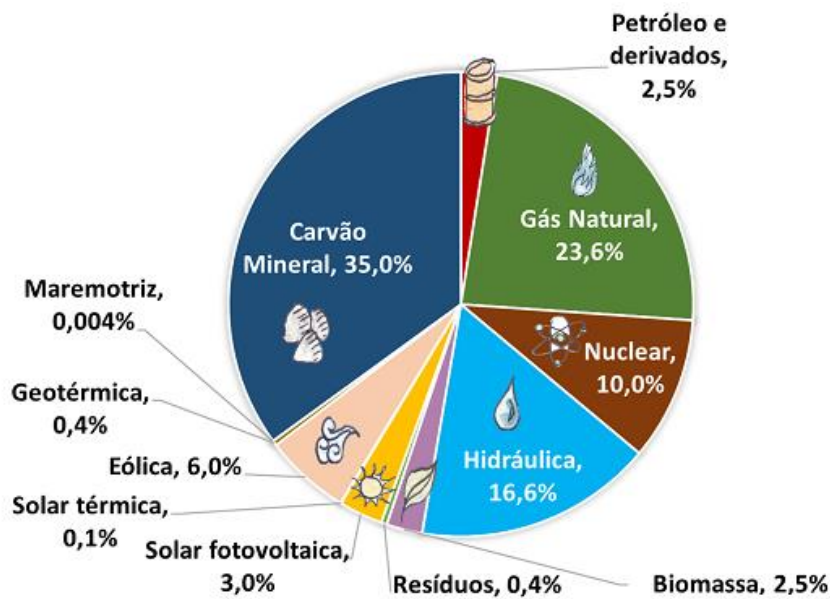


Fonte: BEN Interativo, 2023.

## 2.2. A Matriz Elétrica

A geração de energia elétrica no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas. (EPE, 2023).

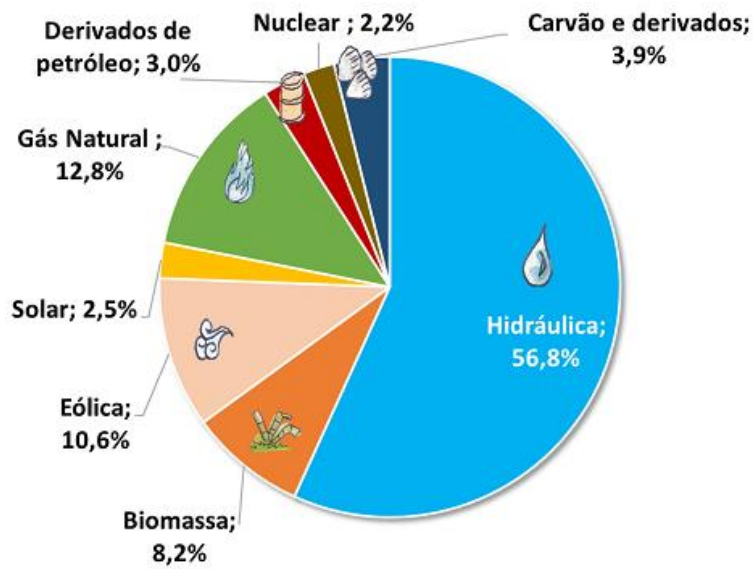
Figura 5 - Matriz Elétrica Mundial 2020.



Fonte: EPE, 2023. International Energy Agency – IEA, 2022.

A matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável do que a energética, isso porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. A energia eólica também vem crescendo bastante, contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável. (EPE, 2023).

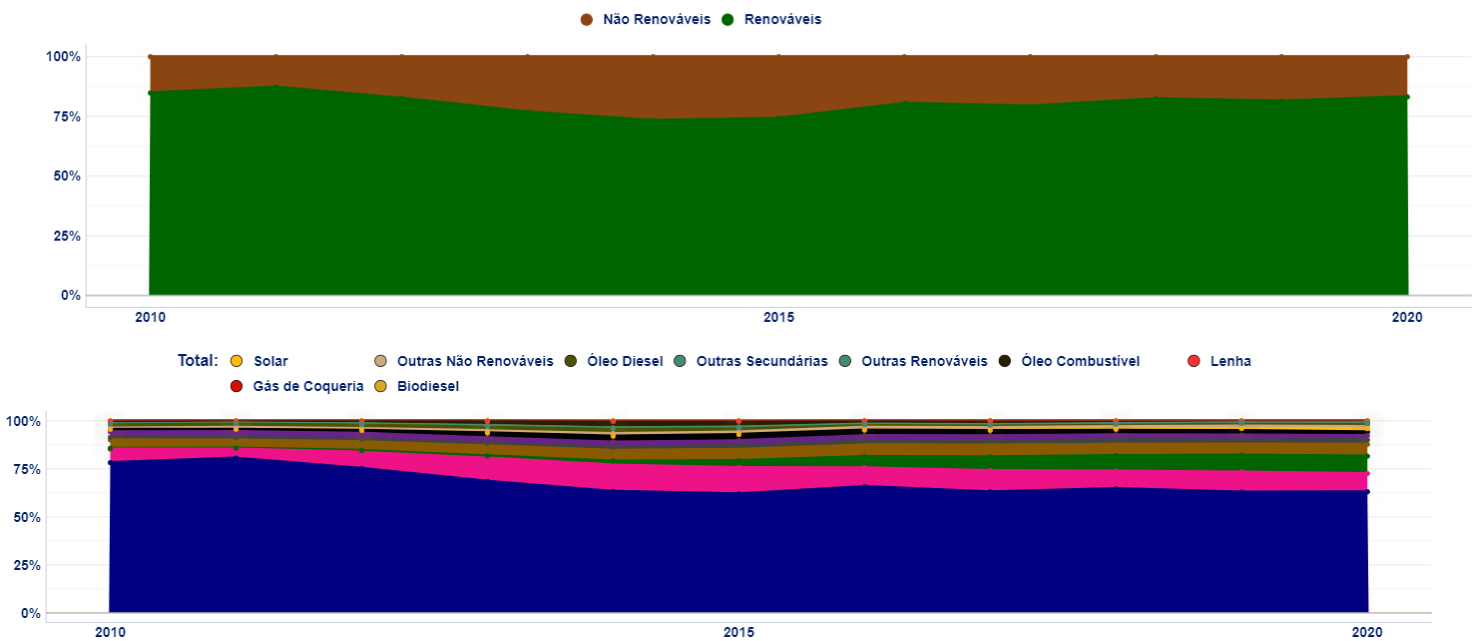
Figura 6 - Matriz Elétrica Brasileira 2021.



Fonte: EPE, 2023.

No cenário nacional, outras formas de geração de energia elétrica ganharam força no período de 2010 a 2020, contudo, bons níveis de renováveis foram mantidos.

Figura 7 – Matriz Elétrica de 2010 a 2020

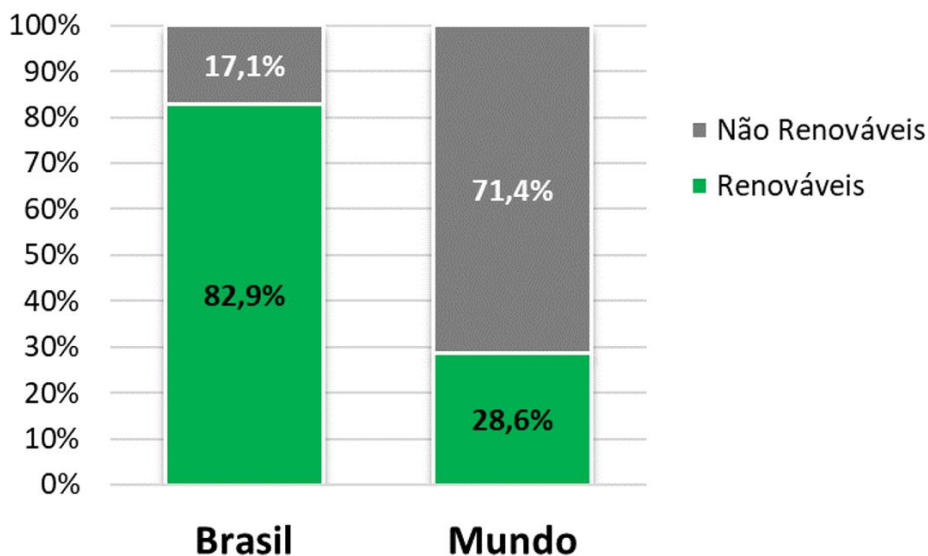


Fonte: BEN Interativo, 2023.

Em comparação mundial, a utilização de fontes renováveis para a geração de energia elétrica é ainda mais distinta que no sistema energético generalizado. A matriz

elétrica brasileira é baseada em fontes renováveis de energia, ao contrário da matriz elétrica mundial.

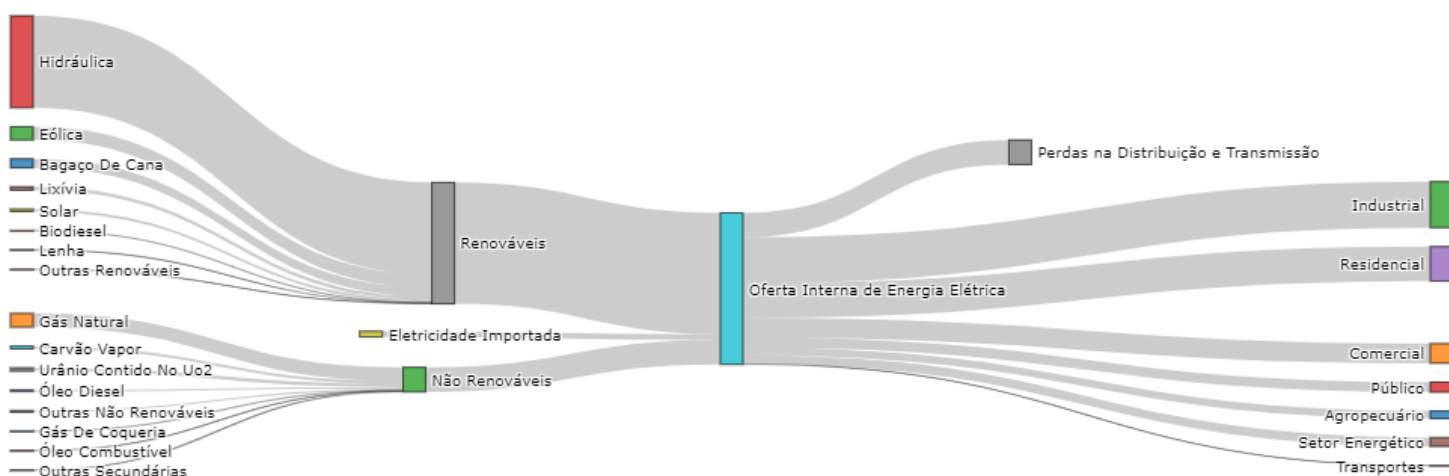
Figura 8 - Fontes renováveis e não renováveis na geração de eletricidade no Brasil e no mundo, 2020.



Fonte: EPE, 2023.

A figura 9 sintetiza o fluxo elétrico explicitando as fontes, a produção, a importação, as perdas e o destino por setor da economia para o ano de 2020 – os valores em GWh estão disponíveis nas tabelas associadas ao gráfico no BEN Interativo.

Figura 9 - Fluxo Elétrico, 2020.



Fonte: BEN Interativo, 2023.

O fluxo do sistema elétrico (objeto geral desse trabalho) será analisado mais profundamente via indicadores derivados dos dados obtidos com a metodologia apresentada no capítulo 3.

### **3. METODOLOGIA**

Análise insumo-produto é o nome dado a uma estrutura analítica desenvolvida pelo professor Wassily Leontief no final dos anos 1930, em reconhecimento ao qual ele recebeu o Prêmio Nobel de Ciências Econômicas em 1973 (Leontief, 1936, 1941). Muitas vezes fala-se de um modelo Leontief quando se refere a insumo-produto. O termo análise intersetorial também é usado, uma vez que o propósito fundamental da estrutura insumo-produto é analisar a interdependência dos setores em uma economia. (Adaptado de Miller; Blair, 2009).

Em sua forma mais básica, um modelo de insumo-produto consiste em um sistema de equações lineares, cada uma das quais descreve a distribuição do produto de uma indústria em toda a economia. (Adaptado de Miller; Blair, 2009).

O ferramental insumo-produto também foi estendido para fazer parte de uma estrutura integrada de emprego e métricas de contabilidade social associadas à produção industrial e outras atividades econômicas, bem como para acomodar mais explicitamente tópicos como fluxos internacionais e inter-regionais de produtos e serviços ou contabilidade para consumo de energia e poluição ambiental associados à atividade intersetorial. (Adaptado de Miller; Blair, 2009).

#### **3.1. O Modelo Insumo-Produto**

Através dos dados das Tabelas de Recursos e Usos disponibilizadas pelo Sistema de Contas Nacionais, pode-se obter a Tabela de Transações.

Tabela 1: Tabela de Transações.

	setor j	FBKF	X	cf	cg	VE	f	g
setor i	$g_{ij}$	$DF_{ij}$						
$m'$								
$isp'$								
$y'$								
rem								
EOB+RM								
$ispç$								
g								

Fonte: Elaboração própria.

A matriz  $G$  indica o fluxo monetário entre as atividades, as  $i$  atividades compondo as linhas e as  $j$  atividades compondo as colunas, assim,  $g_{ij}$  representa o valor da produção da atividade  $i$  consumido na atividade  $j$  e  $g_j$  o valor total da produção da atividade  $j$ .

O vetor  $f$  indica o valor da produção da atividade  $i$  destinado à demanda final, vetor este que é o somatório dos valores das colunas, fixado as linhas, da matriz de Demanda Final ( $\sum_j DF_{ij}$ ).

Na tabela também consta o Valor Adicionado por cada atividade ( $y'$ ), as importações ( $m'$ ) e Impostos s/ Produto ( $isp'$ ) por atividade e por cada elemento da demanda final.

Isto posto, pelo método das partidas dobradas, o vetor  $g$  apresenta o Valor Bruto da Produção.

Para derivar o modelo de insumo-produto, precisamos primeiramente supor as seguintes hipóteses:

- I. Há  $n$  setores produzindo  $n$  bens;
- II. Cada setor produz um único bem;
- III. Cada setor produz o bem  $j$  através do consumo dos bens  $i = 1, 2, \dots, n$  em proporções fixas.



A primeira hipótese apenas significa que o modelo pode ser aplicado para economias de diferentes tamanhos, inclusive temos diversos estudos com aplicação do modelo para regiões ou estados brasileiros. A segunda hipótese pode ser expressa de forma contrária: cada setor produz bens diferentes, o que significa que existe uma relação 1 para 1 entre setores e bens. A terceira hipótese diz respeito à forma da função de produção do tipo Leontief, que tem como consequência gerar retornos constantes de escala.

Admitindo-se que a relação insumo-produto é constante, Leontief definiu o *coeficiente técnico de produção*:

$$a_{ij} = \frac{g_{ij}}{g_j}$$

Em que,  $a_{ij}$  é o valor produzido na atividade  $i$  e consumido pela atividade  $j$  para produzir uma unidade monetária.

Da tabela de transações,

$$\sum_j g_{ij} + f_i = g_i,$$

isto é, valor da produção de cada atividade, logo:

$$\sum_j a_{ij} \times g_j + f_i = g_i,$$

de modo geral:

$$A \times g + f = g \quad \Rightarrow \quad g = (I - A)^{-1} \times f,$$

chamando, a Matriz de Leontief,

$$Z = (I - A)^{-1}$$

$$\therefore g = Z \times f,$$

ou seja, o Modelo de insumo-produto (ou Modelo de Leontief), permite obter a produção necessária a fim de atender a demanda final.

Nota-se que a Matriz A (matriz dos coeficientes técnicos diretos) evidencia apenas o efeito direto da produção de uma unidade monetária da atividade j sobre a produção da atividade i. Enquanto a matriz Z (matriz dos coeficientes técnicos diretos mais indiretos) captura o efeito da soma dos impactos sobre a produção das n atividades, além do efeito direto da produção de uma unidade monetária da atividade j sobre a produção da atividade i.

### 3.2. Índices de Ligação (ILHR)

Para verificar o grau de encadeamento dos setores dentro de uma economia, podemos utilizar os chamados Índices de Ligação, propostos por Rasmussen (1956) e Hirschman (1958). Com eles, é possível observar as ligações para trás, ou seja, o quanto determinado setor demanda dos demais para sua produção, chamamos esse tipo de ligação de Backward Linkages (BL). Além disso, um setor também pode possuir alto grau de encadeamento para frente, isto é, apresentar um aumento em sua produção acima da média, em relação aos outros setores, dado um aumento na demanda final da economia, esse tipo de ligação é denominado de Forward Linkages (FL).

Matematicamente, temos que:

$$BL_j = [z_j / n] / Z^*$$

BL: poder de dispersão (índice trás),

$$FL_i = [z_i / n] / Z^*$$

FL: sensibilidade da dispersão (índice frente),

tal que  $z_{ij}$  é um elemento da matriz inversa de Leontief, Z;

$Z^*$  representa a média de todos os elementos de Z;

$z_j$  é definido como a soma (das linhas) dos elementos de Z nas colunas e;

$z_i$  é definido como a soma (das colunas) dos elementos de Z nas linhas.

$n$  é o número de setores.

Note, da forma descrita, BL e FL estão normalizados.

BL<sub>j</sub> (poder de dispersão) revela o impacto de uma variação na DF do setor j sobre todos os setores. Se BL<sub>j</sub> > 1, impactos acima da média.

FL<sub>i</sub> (sensibilidade da dispersão) revela o impacto da variação de todos os setores sobre o setor i. Se FL<sub>i</sub> > 1, impactos acima da média

Se para determinado setor, FL > 1 e BL > 1, então o setor será considerado um setor-chave, i.é um setor estratégico para o crescimento da economia

### 3.2.1. Coeficiente De Variação

Para avaliar se o impacto dos setores-chave apontados pelos índices de ligações se distribui de forma uniforme ou concentrada na economia, ou seja, se afeta muitos ou poucos setores, são calculados os Coeficientes de Variação (CV) associados aos BL e FL.

Sabemos que o coeficiente de variação é dado por: desvio-padrão / média. Logo, aplicando ao modelo, temos que:

$$VBL_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1}(\sum_{i=1}^n b_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{n})^2}}{(\frac{1}{n}) \sum_{i=1}^n b_{ij}}$$

VBL<sub>j</sub>: coeficiente de variação associado ao índice de poder de dispersão (BL<sub>i</sub>),

Quanto menor o resultado, maior será o número de setores atingidos pela variação da demanda final de 'j', i.é o setor j atinge um grande número de setores 'pra trás' no fluxo de bens e serviços.

Por outro lado,

$$VFL_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1}(\sum_{j=1}^n b_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n})^2}}{(\frac{1}{n}) \sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

VFL<sub>i</sub>: coeficiente de variação associado ao índice de sensibilidade de dispersão (FL<sub>i</sub>),

Quanto menor o resultado, maior será o número de setores atingidos pelas vendas do setor 'i', i.é o setor i atinge um grande número de setores 'pra frente' no fluxo de bens e serviços.

### 3.3. Índice Puro

Uma das principais críticas em relação aos índices de ligação é o fato de não ser considerado que os setores da economia possuem diferentes níveis de produção. Devido a isso, Guilhoto et al. (1994, 1996) propôs uma abordagem que soluciona essa questão. Com a construção do Índice Puro de Ligações, é possível observar os setores de acordo com o valor de sua produção, sem deixar de considerar as ligações intersetoriais.

Para isso, basicamente é feito o isolamento do setor em relação ao resto da economia para se evidenciar o "impacto puro", ou seja, o impacto que o setor gera sobre a economia, sem contabilizar a demanda de insumos próprios e dos retornos do restante da economia para o setor (índice puro para trás) ou ainda, o impacto causado pelo resto da economia sofrido pelo setor (índice puro para frente). Observe que assim como em BL e FL, aqui também temos duas perspectivas de análise.

Em termos algébricos, temos que:

$$A = \begin{bmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & A_{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_{rr} \end{bmatrix} = A_j + A_r$$

tal que:

A é a matriz de coeficientes técnicos decomposta em  $A_j + A_r$ ;

$A_j$  define o setor  $j$  isolado e  $A_r$  o restante da economia;

$A_{jj}$  e  $A_{rr}$  são matrizes que representam, respectivamente, os coeficientes de insumos do setor  $j$  e do restante da economia  $r$ ;

$A_{rj}$  representa os insumos diretos comprados pelo restante da economia  $r$  do setor  $j$  e, similarmemente,  $A_{jr}$  contém os insumos diretos comprados pelo setor  $j$  do restante da economia  $r$ .

A partir de A, é possível definir a matriz de Leontief como:

$$Z = (I-A)^{-1} = \begin{bmatrix} Z_{jj} & Z_{jr} \\ Z_{rj} & Z_{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta_{jj} & 0 \\ 0 & \Delta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_j & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I & \Delta_{jr}\Delta_r \\ \Delta_{rj}\Delta_j & I \end{bmatrix}$$

em que os elementos são dados por:

$$\begin{aligned} \Delta_j &= (I - A_{jj})^{-1} \\ \Delta_r &= (I - A_{rr})^{-1} \\ \Delta_{jj} &= (I - \Delta_j A_{jr} \Delta_r A_{rj})^{-1} \\ \Delta_{rr} &= (I - \Delta_r A_{rj} \Delta_j A_{jr})^{-1} \end{aligned}$$

Feito isso, o modelo de Insumo-Produto é dado por:

$$X = (I - A)^{-1} X Y$$

Ou seja,

$$\begin{bmatrix} x_j \\ \vdots \\ x_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta_{jj} & 0 \\ 0 & \Delta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_j & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I & \Delta_{jr}\Delta_r \\ \Delta_{rj}\Delta_j & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_j \\ \vdots \\ y_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta_{jj} & 0 \\ 0 & \Delta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_j Y_j + \Delta_j A_{jr} \Delta_r Y_r \\ \Delta_r A_{rj} \Delta_j Y_j + \Delta_r Y_r \end{bmatrix}$$

O Índice Puro de Ligação Trás (PBL) e o Índice Puro de Ligação Frente (PFL) são extraídos da equação acima, para evidenciá-los:

$PBL = \Delta_r A_{rj} \Delta_j Y_j$ : revela o impacto puro do valor da produção do setor  $j$  sobre o restante da economia  $r$  e,

$PFL = \Delta_j A_{jr} \Delta_r Y_r$ : revela o impacto puro da produção do resto da economia  $r$  sobre o valor da produção do setor  $j$ .

### 3.3.1. Índice Puro Normalizado

Para se calcular os Índices Puros Normalizados, basta dividir os índices puros PBL ou PFL pelo seu valor médio. Ou seja:

$$PBLN = PBL / \overline{PBL}$$

PBLN: índice puro de ligação para trás normalizado

$$PFLN = PFL / \overline{PFL}$$

PFLN: índice puro de ligação para frente normalizado

tal que  $\overline{PBL}$  representa a média dos índices puros de todos os setores e é definido por:

$$\overline{PBL} = \frac{\sum_{i=1}^n PBL_i}{n}$$

$\overline{PFL}$  é definido de forma análoga.

### 3.4. Campo de Influência

Para complementar a análise das relações entre os setores dentro da economia, temos o conceito de Campo de Influência, desenvolvido por Sonis e Hewings (1989, 1994). Com esta metodologia, temos a possibilidade de descobrir quais são os principais elos de ligação dentro da estrutura produtiva, "...pois mostra como se distribuem as mudanças dos coeficientes diretos no sistema econômico como um todo, permitindo a determinação de quais relações entre os setores seriam mais importantes dentro do processo produtivo. Ou seja, a determinação dos setores que apresentam um maior poder de influência sobre os demais, ou melhor, quais coeficientes que, alterados, teriam um maior impacto no sistema como um todo." (PEROBELL, 2020).

Felizmente, observa-se forte correspondência com os índices de ligação, tal que os principais elos de ligações estão associados com os maiores índices de ligações, o que comprova o caráter complementar e não excludente da metodologia para a análise de Insumo-Produto.

Para demonstrar o modelo, vamos assumir que:

$$E = [\varepsilon_{ij}]$$

é uma matriz (nxn) de variações incrementais nos coeficientes diretos de insumo.

Podemos expressar essa variação de E em A dentro do modelo de Leontief por:

$$Z(E) = (I - [A + E])^{-1} = \{z_{ij}(E)\}$$

Caso a variação seja pequena e ocorra em somente um único coeficiente técnico, temos:

$$\varepsilon_{ij} = \begin{cases} \varepsilon & \forall i = i_1, j = j_1 \\ 0 & \forall i \neq i_1, j \neq j_1 \end{cases}, \quad \varepsilon > 0$$

Podemos obter a matriz de campo de influência  $F(\varepsilon_{ij})$  do coeficiente  $a_{ij}$  aproximando a função acima, ou seja:

$$F(\varepsilon_{ij}) = \frac{[Z(\varepsilon_{ij}) - Z]}{\varepsilon_{ij}} = f_{kl}(\varepsilon_{ij})$$

Com a finalidade de determinar os coeficientes com os maiores campos de influência, deve-se associar a cada matriz  $F(\varepsilon_{ij})$ , um valor que seria dado por:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n [f_{kl}(\varepsilon_{ij})]^2$$

tal que que  $S_{ij}$  caracteriza o valor associado à matriz  $F(\varepsilon_{ij})$ . Portanto, os maiores campos de influência da economia serão aqueles cujos coeficientes diretos tenham os maiores valores de  $S_{ij}$ .

### 3.5. Geradores de impacto

Os geradores de impacto adicionam novas informações à análise de insumo-produto ao incorporar os componentes do valor adicionado à equação básica do modelo. Os geradores tipo I medem os impactos diretos e indiretos do aumento unitário da demanda final de determinada atividade sobre as variáveis de produção, emprego e renda.

Há um Efeito Induzido, captado por essas medidas, que corresponde à quantidade de empregos, ao nível de renda e à produção, gerados em decorrência do consumo das famílias endogeneizado no sistema. Em outras palavras, o aumento na demanda final leva ao crescimento da produção na mesma proporção, implicando aumentos de emprego e conseqüente expansão de renda, o que leva, por sua vez, ao aumento de demanda por bens de consumo por parte das famílias, implicando em aumento da produção desses bens, o que resulta também em aumento de empregos e salários nestes setores.

Assim, os geradores tipo II medem os impactos diretos indiretos e induzido do aumento unitário da demanda final de determinada atividade sobre as variáveis de produção, emprego e renda.

### 3.5.1. Gerador de Produção

O gerador de produção tipo I, que capta os efeitos diretos e indiretos, é:

$$gP = \sum_{i=1}^n Z_{ij}$$

em que  $z_{ij}$  são os elementos da matriz inversa de Leontief;

O gerador de produção tipo II, que capta os efeitos diretos e indiretos + induzidos é:

$$gP' = \sum_{i=1}^{n+1} ZI_{ij}$$

em que  $ZI_{ij}$  são os elementos da matriz inversa de Leontief do modelo fechado da economia.

Portanto, o efeito induzido é:

$$gP' - gP = \sum_{i=1}^{n+1} ZI_{ij} - \sum_{i=1}^n Z_{ij}$$



### 3.5.2. Gerador de Emprego

Naturalmente, para que sejam calculados a medida de geração de emprego, faz-se necessário obter primeiro os coeficientes de emprego (também chamados de requisitos de emprego) para o setor de interesse. Em termos algébricos, isso significa:

$$c_j^e = \frac{v_j^e}{g_j}, j = 1, 2, \dots, n.$$

tal que  $v_j^e$  representa o número de trabalhadores ocupados no setor  $j$  e  $g_j$  está definido como o produto do setor  $j$ .

De acordo com os coeficientes de emprego para os  $n$  setores da economia, temos:

$$e' = \widehat{C}^e g$$

em que  $e'$  é um vetor com valores brutos de emprego e  $\widehat{C}^e$  é uma matriz com os coeficientes de emprego na diagonal e zeros no restante.

Como,

$$g = Z X f,$$

Então,

$$e' = \widehat{C}^e Z f$$

E assim,

$$E = \widehat{C}^e Z$$

Portanto, o gerador de emprego tipo I, que capta os efeitos diretos e indiretos, é:

$$gE = \sum_{i=1}^n e_{ij}$$

em que  $e_{ij}$  são os elementos da matriz referente à estrutura setorial de geração de emprego na economia por unidade adicional de demanda final;

O gerador de emprego tipo II que capta os efeitos diretos e indiretos + induzidos é:

$$gE' = \sum_{i=1}^{n+1} e_{lij}$$

Em que  $e_{lij}$  são os elementos da matriz referente à estrutura setorial de geração de emprego na economia por unidade adicional de demanda final considerando o modelo fechado.

Portanto, o efeito induzido é:

$$gE' - gE = \sum_{i=1}^{n+1} e_{lij} - \sum_{i=1}^n e_{ij}$$

### 3.5.3. Gerador de Renda

Analogamente à seção anterior, é extraída a matriz referente à estrutura setorial de geração de renda na economia por unidade adicional de demanda final.

$$R = \widehat{C}^r Z$$

O Multiplicador de Renda Total que capta os efeitos diretos e indiretos é:

$$gR = \sum_{i=1}^n r_{ij}$$

em que  $e_{ij}$  são os elementos da matriz referente à estrutura setorial de geração de renda na economia por unidade adicional de demanda final;

O Multiplicador de Renda Total I que capta os efeitos diretos e indiretos + induzidos é:

$$gR' = \sum_{i=1}^{n+1} rlij$$

Em que  $rlij$  são os elementos da matriz referente à estrutura setorial de geração de renda na economia por unidade adicional de demanda final considerando o modelo fechado.

Portanto, o efeito induzido é:

$$gr' - gr = \sum_{i=1}^{n+1} rlij - \sum_{i=1}^n rij$$

### 3.6. Fonte de dados

Tomados os dados das Tabelas de Recursos e Usos (TRUs) disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram calculadas, por meio do software R (RStudio) e de uma adaptação pelo autor do R Script desenvolvido por Vale e Perobelli (2020), as MIPs dos anos 2010 a 2020 para 67 atividades produtivas, que apresentam o maior nível de desagregação e que indicam de forma mais detalhada possível o setor de eletricidade compreendendo as atividades de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica; de fornecimento de gás e outras utilidades.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Derivados das MIPs calculadas para 67 atividades, os índices de ligação HR normalizados (BL e FL) do setor elétrico apresentaram os seguintes valores para os anos avaliados como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Índices de Ligação de Hirschman e Rasmussen.

Índices de Ligação HR

Ano	BL	FL	Setor-Chave
2010	1.014012	1.823037	Sim
2011	1.035138	1.750457	Sim
2012	1.109711	1.782302	Sim
2013	1.218906	1.654222	Sim
2014	1.318469	1.723677	Sim
2015	1.180842	1.892128	Sim
2016	1.091883	1.815524	Sim
2017	1.117932	2.023361	Sim
2018	1.113943	1.966602	Sim
2019	1.087657	1.928708	Sim
2020	1.054232	1.896559	Sim

Fonte: Cálculo próprio com dados das TRUs (2010 a 2020) do IBGE.

Em todos os anos,  $BL > 1$  (i.é tem grande poder de dispersão) e  $FL > 1$  (i.é apresenta grande sensibilidade à dispersão), o que indica que o setor de eletricidade é considerado um setor-chave, ou seja, possui fortes efeitos de encadeamento em termos do fluxo de bens e serviços e, assim, estratégico por contribuir acima da média para o crescimento da economia.

O fato de os índices de ligação serem acima da média não garante que o setor elétrico possui alto número de ligações. A fim de verificar essa relação, foram

calculados os coeficientes de variação abaixo para mostrar como as ligações se espalham pelos setores:

Tabela 3 – Coeficientes de Variação (VBL e VFL).

Coeficiente de variação

Ano	VBL do setor elétrico	VBL médio dos 67 setores	$\Delta$ da média (%/100)	VFL do setor elétrico	VFL médio dos 67 setores	$\Delta$ da média (%/100)
2010	5.971470	5.150412	0.1594159	3.260631	5.604203	-0.4181811
2011	5.914410	5.184136	0.1408671	3.443977	5.630154	-0.3882979
2012	5.782906	5.190047	0.1142300	3.550034	5.651288	-0.3718187
2013	5.436416	5.208647	0.0437290	3.973689	5.663710	-0.2983948
2014	5.276030	5.201007	0.0144248	4.004605	5.668469	-0.2935298
2015	5.574145	5.191119	0.0737848	3.420896	5.662518	-0.3958703
2016	5.788566	5.201459	0.1128735	3.422152	5.660354	-0.3954172
2017	6.021009	5.212907	0.1550193	3.252061	5.670824	-0.4265276
2018	5.982598	5.202395	0.1499700	3.315526	5.670962	-0.4153505
2019	6.015150	5.191469	0.1586606	3.321991	5.658630	-0.4129338
2020	6.300456	5.188287	0.2143615	3.433405	5.635945	-0.3908023

Fonte: Cálculo próprio com dados das TRUs (2010 a 2020) do IBGE.

Note que o valor dos coeficientes de variação (VBL e VFL) já se apresentam como uma medida sobre a média e por si só já têm interpretação intrínseca, sendo assim, o cálculo do VBL médio dos 67 setores foi um artifício usado apenas para transparecer, de forma sucinta, a magnitude da medida em relação aos outros setores visto que a apresentação das tabelas de 67 setores para cada ano analisado poderia ser exaustiva.

Assim, como o coeficiente VBL não apresentou um baixo valor, indica que o setor elétrico possui menos ligações ‘pra trás’ que a média, ou seja, apesar de ter grande poder de dispersão dado BL, ele não atinge um alto número de setores nesse sentido. Por outro lado, apresentou baixo coeficiente VFL, indica que o setor possui muitas ligações ‘pra frente’, portanto, além de apresentar grande sensibilidade à dispersão dado FL, atinge um grande número de setores. Infere-se que o setor de energia atinge um grande número de setores quanto ao fornecimento e, quanto a quantidade setores

atingidos pela variação de sua demanda final, não apresenta um alto número de ligações.

Com a finalidade de avaliar a importância do setor para o restante da economia em termos da produção de cada setor e da interação desse setor com os outros, foram calculados os Índices Puros De Ligação, ver tabela 4.

Tabela 4 - Índice Puro Normalizado (PBLN e PFLN).

Índice Puro Normalizado

Ano	PBLN	Δ da média (%/100)	PFLN	Δ da média (%/100)
2010	0.6803394	-0.3196606	2.371939	1.3719393
2011	0.6733605	-0.3266395	2.222840	1.2228400
2012	0.7303863	-0.2696137	2.237656	1.2376558
2013	0.7630340	-0.2369660	1.910610	0.9106101
2014	0.9163597	-0.0836403	1.982401	0.9824008
2015	1.0079348	0.0079348	2.467014	1.4670139
2016	0.8882109	-0.1117891	2.374352	1.3743522
2017	0.8072792	-0.1927208	2.751798	1.7517980
2018	0.8299530	-0.1700470	2.664917	1.6649172
2019	0.8384005	-0.1615995	2.606096	1.6060963
2020	0.7193947	-0.2806053	2.486919	1.4869188

**Fonte:** Cálculo próprio com dados das TRUs (2010 a 2020) do IBGE.

Observou-se que o impacto puro do valor da produção do setor de eletricidade sobre o resto da economia, PBLN, teve valor acima da média apenas para o ano de 2015 e com o percentual de apenas 0,7%. Em contrapartida, PFLN, o impacto puro da produção do resto da economia sobre o valor da produção do setor elétrico é fortemente acima da média, variando de 91% a 175,1% acima da média.

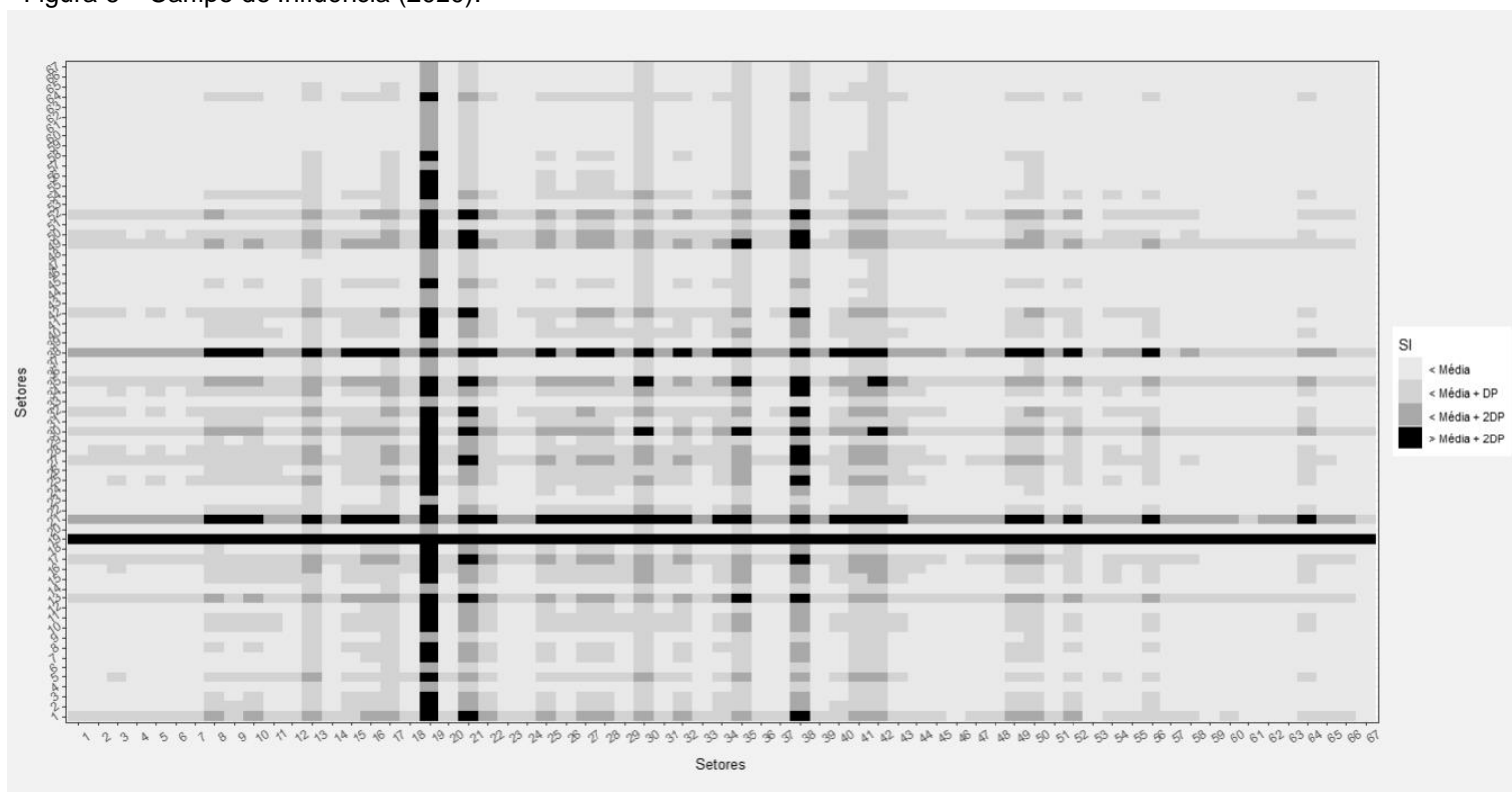
Conclui-se que, subtraídas as demandas de insumos que o setor faz de si e as demandas do resto da economia para o setor e vice-versa, o setor elétrico tem grande impacto (acima da média e em magnitude) frente à produção do resto da economia e

nem tanto (na maioria das vezes abaixo da média) do valor da própria produção sobre o resto da economia.

Nota-se que os índices comprovam a intuição econômica de que o setor elétrico serve de base para o resto economia.

Para complementar a análise, foram calculados, para o ano de 2020, os coeficientes do campo de influência, gerando uma matriz SI que nos revela quais os principais elos de ligações na economia. Com o intuito de melhorar a visualização e interpretação, gerou-se o gráfico mostrado na figura 6, que relaciona pela média as cores mais escuras com as principais ligações entre os setores.

Figura 6 – Campo de Influência (2020).



Fonte: elaboração própria com dados das TRUs de IBGE (2020).

Nosso setor de interesse está definido como 38. Temos que seus principais elos de ligações para o ano analisado estiveram relacionados aos setores 1 (Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita), 13 (Fabricação de produtos têxteis), 17 (Fabricação de celulose, papel e produtos de papel), 19 (Refino de petróleo e coquerias), 21 (Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros), 25 (Fabricação de produtos de borracha e de material plástico), 27 (Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura), 28

(Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais), 30 (Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos), 32 (Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos), 34 (Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores), 35 (Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores), 38 (Energia elétrica, gás natural e outras utilidades), 40 (Construção), 41 (Comércio por atacado e varejo), 42 (Comércio por atacado e varejo). 49 (Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem), 50 (Telecomunicações), 52 (Intermediação financeira, seguros e previdência complementar) e 56 (Outras atividades profissionais, científicas e técnicas). Ou seja, a maior parte das suas ligações mais relevantes estão concentradas no setor industrial, como era de se esperar. Além de confirmar forte ligação com ele próprio, apresentando alto coeficiente na matriz SI quando  $i=j$ .

O próximo passo, portanto, será avaliar o impacto do sistema elétrico na geração de produção, emprego e renda e comparar com o restante da economia para o ano mais recente desse estudo. Assim, foram calculados os Multiplicadores de Produção, Renda e Emprego conforme tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 – Gerador de Produção.

Setores	gP	gP'	Efeito Induzido
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1.894153	2.762808	0.8686552
Média dos 67 setores	1.796714	3.876842	2.0801284

Fonte: Cálculo próprio com dados das TRUs do IBGE (2020).

Para atender uma alteração de R\$ 1 na demanda final do setor de eletricidade, o multiplicador de produção mostra que, via efeitos diretos e indiretos, R\$ 1,89 em produção são gerados na economia como um todo; analogamente, R\$ 2,76 são gerados via efeitos diretos, indiretos e induzidos (pelo consumo das famílias endogeneizado ao sistema). O valor gP se encontra acima da média da economia, porém tem um efeito induzido menor que a média.



Tabela 6 – Gerador de Emprego.

Setores	gE	gE'	Efeito Induzido
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	2.475186	6.70268	4.227494
Média dos 67 setores	11.482583	21.60597	10.123384

Fonte: Cálculo próprio com dados das TRUs do IBGE (2020).

Para atender uma alteração de R\$ 1,0 (em milhões) na demanda final do setor de eletricidade, o gE mostra que, via efeitos diretos e indiretos, 2,48 empregos são gerados na economia como um todo; analogamente, 6,70 são gerados via efeitos diretos, indiretos e induzidos (pelo consumo das famílias endogeneizado ao sistema). O valor gE se mostra bem abaixo da média da economia, pois o setor elétrico é intensivo em capital.

Tabela 7 – Gerador de Renda.

Setores	gR	gR'	Efeito Induzido
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0.1352333	0.2382061	0.1029727
Média dos 67 setores	0.3238370	0.5704211	0.2465841

Fonte: Cálculo próprio com dados das TRUs do IBGE (2020).

Para atender uma alteração de R\$ 1 na demanda final do setor de eletricidade, o gR mostra que, via efeitos diretos e indiretos, R\$ 0,14 em produção são gerados na economia como um todo; analogamente, R\$ 0,24 são gerados via efeitos diretos, indiretos e induzidos (pelo consumo das famílias endogeneizado ao sistema). O valor gR se encontra abaixo da média da economia.

## 5. CONCLUSÃO

Vários setores da economia se relacionam e ditam a produção do país, dentre esses setores existem os chamados setores-chave, que são os que mantêm uma grande interdependência entre todos os outros setores. O setor de energia é um deles, fornece itens essenciais e de forma generalizada na economia, logo, é de grande importância o seu entendimento para qualquer sistema econômico que deseje ter um crescimento sustentável, visto que a escassez desse fator pode gerar efeitos econômicos adversos. Nota-se que a análise da dinâmica do setor energético se mostra bastante relevante para tomadas de decisões de políticas públicas, como, a definição das metas de investimento para a produção de energia e do papel estratégico no crescimento econômico.

Deste modo, este trabalho analisou o sistema energético brasileiro e investigou o setor elétrico dos anos 2010 a 2020 no âmbito da metodologia de insumo-produto.

Através dos indicadores obtidos das matrizes de insumo-produto foram avaliadas as ligações dos outros setores com o setor elétrico e o requerimento de eletricidade pelos demais setores destacando os principais demandantes e ocorreu o exame desses indicadores nos anos avaliados. Além disso, foram calculados os efeitos geradores de produção, emprego e renda exercidos pelo setor de energia e seu campo de influência para o ano mais recente desse estudo.

Com isso foi possível obter esclarecimentos sobre o quadro energético brasileiro, sobretudo, o elétrico nos últimos anos. Portanto, foi corroborada a intuição econômica de que o setor elétrico serve de base para o resto economia, o setor tem alta sensibilidade de dispersão às variações nas demandas dos outros setores, mostra-se parcialmente estratégico para o restante da economia em termos da produção de cada setor e da interação desse setor com os outros, é um dos setores com maior campo de influência da economia, tem efeito na geração de produção próximo ao valor médio dos setores, não se destaca na geração de renda em relação à média e não tem impacto forte na geração de empregos, por ser um setor intenso em capital.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MILLER, R.E., e P.D. BLAIR (2009). Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. 2. Edição, Cambridge University Press.

FEIJÓ, C. A. et al. Contabilidade Social: Referência atualizada das Contas Nacionais do Brasil. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2017.

GUILHOTO, J.J.M. Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos. Universidade de São Paulo – USP. 2009.

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

VALE, V. A.; PEROBELLI, F. S. Análise de Insumo-Produto: teoria e aplicações no R. NEDUR/LATES. Curitiba, PR: Edição Independente, 2020.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. As relações intersetoriais do setor energético na economia brasileira: uma abordagem insumo-produto. NEREUS, São Paulo: TD Nereus, 2013.

GUILHOTO, J.J.M; SONIS, M. ; HEWINGS, G. J. D. ; MARTINS, E.B. . Índices de Ligações e Setores Chave Na Economia Brasileira: 1959-1980. Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro, RJ, v. 24, n.2, p. 287-314, 1994.

FIRME, C. V. A.; PEROBELLI, F. S. 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, Rio de Janeiro, n. 39, jul./dez. 2012.

MONTOYA, M. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. Desagregação setorial do balanço energético nacional a partir dos dados da matriz insumo-produto: uma avaliação metodológica. NEREUS, São Paulo: TD Nereus, maio 2013.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. As relações intersetoriais do setor energético na economia brasileira: uma abordagem insumo-produto. NEREUS, São Paulo: TD Nereus, 2013.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2023). Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 02/2023

Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2023). BEN Interativo. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/ben/> Acesso em: 02/2023