

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA**

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

LUCÉLIA MARIA CASA GRANDE

**PROSPECÇÃO E MODELAGEM DOS INDICADORES DE PRODUÇÃO DE
ENERGIA PRIMÁRIA NO BRASIL SUPOSTADA PELA TEORIA DOS GRAFOS**

**TUPÃ-SP
2020**

LUCÉLIA MARIA CASA GRANDE

**PROSPECÇÃO E MODELAGEM DOS INDICADORES DE PRODUÇÃO DE
ENERGIA NO BRASIL SUPOSTADA PELA TEORIA DOS GRAFOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Tupã, como requisito para a qualificação para a obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho

Coorientador: Prof. Dr. Mario Mollo Neto

Coorientador: Profa. Dra. Camila Pires Cremasco Gabriel

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

C26p Casa Grande, Lucélia Maria .
 Prospecção e modelagem dos indicadores de produção de energia primária no Brasil suportada pela Teoria dos Grafos / Lucélia Maria Casa Grande. – Tupã: [s.n.], 2020.
 106 f. : il.

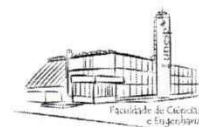
 Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências e Engenharia, 2020.

 Orientador: Luís Roberto Almeida Gabriel Filho
 Coorientador: Mario Mollo Neto
 Coorientadora: Camila Pires Cremasco Gabriel

 1. Energia Primária. 2. Teoria dos Grafos. 3. Software

UCINET. I. Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Prospecção e modelagem dos indicadores de produção de energia primária no Brasil suportada pela teoria dos grafos

AUTORA: LUCÉLIA MARIA CASA GRANDE

ORIENTADOR: LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

COORIENTADORA: CAMILA PIRES CREMASCO GABRIEL

COORIENTADOR: MARIO MOLLO NETO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. EDUARDO GUILHERME SATOLO

Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. LUÍS HILARIO TOBLER GARCIA

Curso de Big Data no Agronegócio / Faculdade de Tecnologia - FATEC - Pompeia/SP

Tupã, 18 de fevereiro de 2020

Dedico,

Ao meu pai, Albino Casagrande, (in memoriam) que foi embora cedo demais e deixou tantas saudades...

A minha mãe Sildes Menis que é minha companheira em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho por ter me recebido e sempre me mostrado o caminho correto a ser seguido de forma única, admirável e exemplar. Desejo contribuir com a ciência com a mesma ética e entusiasmo que me transmitiu.

Registro meu agradecimento ao meu querido coorientador Prof. Dr. Mário Mollo, pelos importantes direcionamentos passados em todos os momentos desde o início da minha pesquisa, pela amizade e pela compreensão.

Da mesma forma, agradeço ao Prof. Dr. Eduardo Guilherme Satolo e Prof. Dr. Timóteo Ramos Queiroz por aceitarem participar da minha banca de qualificação e assim, juntamente com o Prof. Dr. Luís Hilário Tobler Garcia se disponibilizarem a contribuir a esta pesquisa e aos quais, portanto manifesto meu agradecimento.

A Profa. Dra. Camila Pires Cremasco por todo apoio.

Aos funcionários e docentes da Faculdade de Ciências e Engenharia – UNESP Campus de Tupã, por toda presteza e solicitude no atendimento quando se fez necessário durante esses anos.

Agradeço ao Fábio Fontolan Sampaio por toda dedicação.

Não posso deixar de agradecer aos meus amigos e familiares, em especial a Lais Yuri Choyama por todo companheirismo mesmo de longe.

Agradeço os meus amigos do PGAD, por toda ajuda.

Por fim, agradeço aos meus pais, em especial meu pai que me ajudou durante quase todo o mestrado, sem o suporte dele, não seria possível a conclusão dessa pesquisa. Desejo poder ter sido merecedora do esforço dedicado por eles em todos os aspectos, especialmente quanto a minha formação.

Nada é o que parece ser.

*O mar de longe é azul, de perto é verde, por dentro, transparente.
Aparentemente, tudo é diferente do que realmente é. Eis então o segredo para não
julgar: em vez de olhar o mar de longe, mergulhe!*

(Autor desconhecido)

Casa Grande, Lucélia Maria. Prospecção e modelagem dos indicadores de produção de energia primária no Brasil suportada pela Teoria dos Grafos. 2020. 107 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) - Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2020.

RESUMO

Essa pesquisa apresenta um estudo sobre o cenário da produção de energia primária no Brasil ao longo do período de 1970 a 2018, bem como as principais fontes que colaboraram para a matriz energética nacional. Para mapear as tendências da produção de energia primária foi aplicada a Teoria dos Grafos e Análise de Redes Sociais por meio do *Software UCINET*, no qual foram produzidos grafos demonstrando as redes sociais de produção de energia que contribuíram para o Brasil. Também são apresentados nesse trabalho os modelos matemáticos que representam a variação da centralidade e densidade da produção de energia primária brasileira. Os resultados da pesquisa demonstram a evolução da produção de energia primária e a forte base de energia fóssil (petróleo) e mais recentemente o aumento significativo, da contribuição de energia da fonte gás natural. Com base nos resultados obtidos e a prospecção da literatura sobre economia do Brasil no período compreendido entre os anos de 1970 a 2018 discutiu-se os movimentos realizados por formuladores de políticas públicas do cenário nacional que culminaram numa redução dos investimentos no setor, mesmo que a demanda sempre se encontrasse em crescimento, mas que seguiu atrelada aos resultados de pequenos incrementos no PIB e no IDH. Outro importante resultado foi observado com a evolução e do petróleo como oferta de fonte primária não renovável por todo o período da pesquisa (48 anos) e a alternância das ofertas das fontes não renováveis que, iniciando com a predominância da lenha, passando para a geração de energia hidráulica que foi a mais importante por duas décadas e a substituição pelos produtos derivados da cana, o que se estende até o ano de 2018. Observou-se também que no período de 2010 a 2018, a participação de oferta das fontes primárias renováveis, em termos percentuais, já não está tão distante das participações das ofertas das fontes primárias não renováveis, quase chegando a dividir igualmente disponibilidade para a composição da matriz brasileira.

Palavras-chave: Energia primária. Teoria dos grafos. *Software Ucinet*.

Casa Grande, Lucélia Maria. Prospecção e modelagem dos indicadores de produção de energia primária no Brasil suportada pela Teoria dos Grafos. 2020. 107 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) - Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Tupã, 2020.

ABSTRACT

This research presents a study on the scenario of primary energy production in Brazil over the period from 1970 to 2018, as well as the main sources that contributed to the national energy matrix. To map trends in primary energy production, Graph Theory and Social Network Analysis was applied using the UCINET Software, in which graphs were produced showing the social energy production networks that contributed to Brazil. Also presented in this work are mathematical models that represent the variation in the centrality and density of Brazilian primary energy production. The research results demonstrate the evolution of primary energy production, and the strong fossil energy base (oil) and more recently the significant increase in the contribution of energy from the natural gas source. Based on the results obtained and the prospecting of literature on the economy of Brazil in the period between the years 1970 to 2018, it became possible to discuss the movements carried out by public policy makers on the national scene that culminated in a reduction of investments in the sector, even that demand would always be growing, but that it would continue to be linked to the results of small increases in GDP and HDI. Another important result was observed with the evolution of oil as a non-renewable primary source offer for the entire period of the research (48 years) and the alternation of offers from non-renewable sources that, starting with the predominance of firewood, passing on to generation of hydraulic energy that was the most important for two decades and the substitution by products derived from sugarcane, which extends until the year 2018. It was also observed that in the period from 2010 to 2018, the share of supply from renewable primary sources, in percentage terms, it is no longer so distant from the share of offers from non-renewable primary sources, almost even dividing availability for the composition of the Brazilian matrix.

Keywords: Primary energy. Graph theory. Ucinet software.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtores, exportações líquidas e importadores líquidos de carvão.	32
Tabela 2 - <i>Produção de energia primária no Brasil 1970-1979</i> 10³ tep (toe)	44
Tabela 3 - Produção de energia primária no Brasil 1980-1989 10³ tep (toe)	46
Tabela 4 - Produção de energia primária no Brasil 1990-1999 10³ tep (toe)	48
Tabela 5 - Produção de energia primária no Brasil 2000-2009 10³ tep (toe)	50
Tabela 6 - Produção de energia primária no Brasil 2010-2018 10³ tep (toe)	52
Tabela 7 – 4.4 Tabela das centralidades obtidas dos processamentos de 1970 a 2018.....	56
Tabela 8 - Tabela das densidades obtidas dos processamentos de 1970 a 2018....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oferta Interna de Energia.....	24
Figura 2 - Representação esquemática dos fluxos de energia primária, secundária e final.	25
Figura 3 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte	26
Figura 4 - Consumo de eletricidade per capita mundial 2016	27
Figura 5 - Evolução dos indicadores: energia	28
Figura 6 - Estimativa per capita de Energia (Brasil).	28
Figura 7 - Evolução da elasticidade-renda do consumo de eletricidade.....	30
Figura 8 – Participação da energia eólica nos estados.....	34
Figura 9 - Matriz de Produção de Energia Elétrica Brasil– Janeiro/2019.....	35
Figura 10 – Construção do arquivo VNA para o ano de 1970 para análise de redes.	53
Figura 11 - Imagem do arquivo de resposta obtido para o processamento dos VNA para centralidade do ano 1970.	54
Figura 12 - Imagem do arquivo de resposta obtido para o processamento dos VNA para densidade do ano 1970	55
Figura 13 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1970.	58
Figura 14 - Imagem do grafo obtido com a compilação de todos os dados de centralidades para os anos de 1970 a 2018.....	60
Figura 15 - Linha do tempo com destaque aos períodos temporais identificados no gráfico das centralidades.	61
Figura 16 - Imagem do grafo obtido com a compilação de todos os dados de densidades para os anos de 1970 a 2018.....	65
Figura 17 – Crescimento do PIB Brasileiro para os anos de 1960 a 2018.	66
Figura 18 – Crescimento do IDH Brasileiro para os anos de 1980a 2014.....	67
Figura 19 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1971.	80
Figura 20 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1972.	80
Figura 21 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1973	81

Figura 22 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1974.	82
Figura 23 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1975.	82
Figura 24 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1976.	82
Figura 25 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1977.	83
Figura 26 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1978.	83
Figura 27 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1979.	84
Figura 28 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1980.	84
Figura 29 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1981.	85
Figura 30 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1982.	86
Figura 31 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1983.	86
Figura 32 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1984.	87
Figura 33 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1985.	87
Figura 34 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1986.	87
Figura 35 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1987.	88
Figura 36 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1988.	88
Figura 37 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1989.	89
Figura 38 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1990.	89

Figura 39 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1991.	90
Figura 40 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1992.	91
Figura 41 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1993.	91
Figura 42 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1994.	92
Figura 43 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1995.	92
Figura 44 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1996.	93
Figura 45 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1997.	93
Figura 46 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1998.	94
Figura 47 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1999.	94
Figura 48 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2000.	95
Figura 49 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2001.	95
Figura 50 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2002.	96
Figura 51 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2003.	96
Figura 52 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2004.	97
Figura 53 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2005.	97
Figura 54 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2006.	98
Figura 55 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2007.	98

Figura 56 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2008.	99
Figura 57 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2009.	99
Figura 58 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2010.	100
Figura 59 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2011.	100
Figura 60 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2012.	101
Figura 61 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2013.	101
Figura 62 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2014.	102
Figura 63 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2015.	102
Figura 64 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2016.	103
Figura 65 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2017.	103
Figura 66 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2018.	104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 TEMA DE PESQUISA	20
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	21
1.3 OBJETIVOS PROPOSTOS	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 <i>Energia.....</i>	23
2.2 <i>Tipos de energia.....</i>	23
2.3 <i>Relação entre a produção e consumo de energia e o índice de desenvolvimento humano (IDH)</i>	26
2.4 <i>Relação entre produção e consumo de energia e produto interno bruto (PIB)</i>	29
2.5 <i>Produção de energia no cenário mundial</i>	30
2.6 <i>Produção de energia no Brasil</i>	33
2.7 <i>Teoria dos grafos.....</i>	36
2.7.1 <i>Teoria dos grafos quantitativa</i>	36
2.8 <i>Análise de redes sociais</i>	37
2.8.1 <i>Indicador estrutural quantitativo de centralidade.....</i>	38
2.8.2 <i>Indicador estrutural quantitativo de densidade.....</i>	39
2.9 <i>Construção dos grafos com ferramentas de software</i>	40
2.9.1 <i>Software Ucinet 6 for Windows</i>	40
2.10 <i>Modelagem matemática por meio de funções polinomiais.....</i>	41
2.11 <i>Coeficiente de determinação (R^2)</i>	41
3 Metodologia.....	43
3.1 <i>Classificação da pesquisa</i>	43
3.2 <i>Tratamento dos dados</i>	43
4 Resultados e discussões	45

<i>4.1 Construção dos arquivos.vna para análise das redes no software Ucinet.....</i>	<i>53</i>
<i>4.2 Imagens dos arquivos de reposta obtidos para o processamento dos “.vnas” para centralidades e para densidades.....</i>	<i>54</i>
<i>4.3 Grafos obtidos para cada um dos anos de 1970 a 2018 do estudo obtidos com a ferramenta de visualização NETDRAW do UCINET.....</i>	<i>58</i>
<i>4.4 Apresentação do gráfico das Centralidades.....</i>	<i>58</i>
<i>4.5 Apresentação do gráfico das Densidades.....</i>	<i>64</i>
<i>4.6 Retrospectiva da produção de energia primária no Brasil.....</i>	<i>67</i>
5 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE.....	80

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas é crescente o interesse por pesquisas relacionadas a geração de energia, em especial as renováveis, com o objetivo de aprimorar o uso de recursos disponíveis, levando em consideração fatores como segurança energética, poluição ambiental e desenvolvimento econômico. Nesse sentido, o aperfeiçoamento tecnológico possibilitou diversos progressos sobre o setor elétrico, contudo, segundo o Banco Mundial (BM), cerca de 840 milhões de pessoas ainda vivem sem acesso a eletricidade (BANCO MUNDIAL, 2018).

A definição da matriz energética de uma região é fortemente influenciada por questões econômicas, no entanto, em virtude de uma nova abordagem ao lidar com recursos energéticos, a sociedade começou a preocupar-se com fatores como sustentabilidade, assim, o relatório *renewables 2019 global status report*, afirmou que em 2017, sem melhorias de eficiência do uso de energia nas diversas estruturas econômicas, a demanda global final de energia teria sido 12% superior comparado ao ano 2000 (REN 21, 2019).

Entretanto, com relação ao cenário mundial, a demanda por energia primária aumentou 2,2% em 2018, crescimento mais acelerado desde 2013. No mesmo ano, a geração de energia elétrica cresceu 2,8%, sendo 94% desse crescimento vindo das economias emergentes. Além disso, a demanda global por energia está acima da média de 10 anos, conforme análise estatística da *British Petroleum* (BP), sobre a energia mundial 2018 (BP, 2018).

Nesse contexto, os indicadores mostram que a demanda por energia e o avanço econômico estão crescendo de maneira dissociada, visto que, o PIB mundial teve um aumento superior ao suprimento de energia primária em todos continentes, com exceção da Ásia Ocidental (BANCO MUNDIAL, 2018).

Com relação ao âmbito nacional, atualmente o Brasil está em um momento de retração econômica, desacelerando a demanda por energia primária, que cresceu 1,3% menos que a média de 2,5% dos últimos dez anos (SILVEIRA, 2019).

Contudo, é necessário que o país invista adequadamente em energias renováveis, considerando a previsão de expansão da demanda energética quando a economia retomar o crescimento. Assim, a FIRJAN - Federação das Indústrias do

Estado do Rio de Janeiro estima que a demanda por energia crescerá 2,2% por ano além da média mundial, e corresponderá a 3% da energia primária global em 2040 (FIRJAN, 2019).

Embora considerado um país privilegiado por sua variedade em fontes renováveis de energia, a eficiência energética e tecnologias essenciais, precisam de um impulso no Brasil para responder aos diferentes tipos de demanda (EPE, 2018). Além disso, formuladores de políticas públicas podem ter dificuldade em direcionar os investimentos de maneira eficaz para atender a demanda energética crescente, em um contexto que se busca produzir mais com menos energia (REN 21, 2019).

Portanto, considerando o contexto das projeções de crescimento da demanda de energia primária, a necessidade de investimento em energias renováveis para diversificar a matriz energética e motivados pela experiência nacional de investimentos no setor energético, justifica – se o interesse pelo estudo do histórico nacional da produção de energia primária, sendo esse o tema central da dissertação.

No contexto dos movimentos no setor energético, as decisões dos formuladores de políticas públicas são de importante influência na evolução da matriz energética, assim, a despeito das experiências históricas brasileiras, aplicou – se a teoria dos grafos para facilitar a compreensão, por meio de modelagem matemática, das relações entre Brasil e as diversas fontes de energia.

A teoria dos grafos é aplicada computacionalmente para facilitar a compreensão de uma rede social, que de maneira simples, é definida como um conjunto de indivíduos com conexões de dependência entre si (NASCIMENTO, 2013).

Assim, os próximos capítulos desse trabalho descrevem o tema da pesquisa, problema de pesquisa e os objetivos propostos, nos itens 2, 3 e 4 respectivamente. Em seguida o capítulo 5.1 e 5.2 descrevem uma breve introdução aos diferentes tipos de energia, enquanto os capítulos 5.3 e 5.4 descrevem a relação entre consumo de energia com desenvolvimento humano e PIB.

Nos capítulos 5.5 e 5.6 foram discutidos o panorama do cenário internacional e nacional da produção energética, já os capítulos 5.7, 5.8 e 5.9 tratam da teoria dos grafos e análise de redes sociais, bem como a construção dos grafos com o *Software Ucinet*, utilizado nesta pesquisa, os capítulos 5.10 e 5.11 tratam da modelagem matemática por meio de funções polinomiais e do coeficiente de

determinação R^2 . Por fim a metodologia utilizada nesta pesquisa é descrita no item 6, em seguida o tópico 7 apresenta os resultados e discussões e o tópico 8 conclui a pesquisa.

1.1 TEMA DE PESQUISA

Esta pesquisa tem como tema principal elaborar um estudo sobre o cenário do comportamento da produção de energia primária no Brasil ao longo do período de 1970 a 2018, bem como as trocas ocorridas entre as principais fontes que colaboraram para a matriz energética nacional ao longo dos anos, por meio de uma linha temporal que identifique os momentos de destaque destas mudanças.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Observa-se em todo o mundo uma relação direta entre o desenvolvimento econômico e o desenvolvimento humano com as quantidades de energia primária geradas. No Brasil, houve, no período abordado nesta pesquisa, uma alternância de fontes primárias que levaram a uma evolução da matriz, tornando-a mais limpa.

Apesar da evolução em termos de geração de energia mais limpa, houve uma sequência de eventos gerados pelos gestores públicos e crises internacionais que levaram a uma desaceleração dos investimentos neste setor.

Buscou-se, portanto, nesta pesquisa, responder quais os modelos matemáticos que representam o comportamento relativo às mudanças ocorridas nos tipos de fontes principais de produção de energia primária ao longo do período de 1970 a 2018, assim como a busca da relação destas mudanças frente a movimentos socioeconômicos realizados pelos gestores públicos.

1.3 OBJETIVOS PROPOSTOS

A pesquisa tem como objetivo geral consolidar dados sobre o cenário do comportamento da produção de energia primária no Brasil por meio dos modelos matemáticos que representam a variação dos indicadores estruturais da rede constituída no período de 1970 a 2018.

Integram como objetivos específicos desta pesquisa:

- I) levantamento dos totais de energia primária gerados no país dentro do período de 1970 a 2018;
- II) construir as matrizes relacionais correspondentes e os indicadores estruturais de centralidade e densidade da oferta de energia primária no Brasil de 1970 a 2018;
- III) construir os grafos para cada um dos anos de 1970 a 2018 do estudo obtidos com a ferramenta de visualização Netdraw do Ucinet;
- IV) determinar os modelos matemáticos da variação das centralidades e das densidades obtidas para o período de 1970 a 2018;
- V) discutir os movimentos realizados por formuladores de políticas públicas ao longo das décadas de 1970 a 2018 com base em dados e experiência do cenário nacional.

RESSALVA:

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 18 de fevereiro de 2022.

5 CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento da presente pesquisa foi possível por meio de levantamentos de dados obter os totais de energia primária gerados no país dentro do período de 1970 a 2018 para as diversas fontes que contribuem para a matriz brasileira;

Foi possível, com a aplicação da ferramenta computacional UCINET e seu módulo de visualização Netdraw, determinar as matrizes relacionais correspondentes e os indicadores estruturais de centralidade e densidade da oferta de energia primária no Brasil de 1970 a 2018, assim como construir os grafos para cada um dos anos de 1970 a 2018 do estudo obtidos com a ferramenta de visualização;

Com base nos resultados obtidos e a nova prospecção da literatura sobre economia do Brasil no período compreendido entre os anos de 1970 a 2018 tornou-se possível discutir os movimentos realizados por formuladores de políticas públicas com base em dados e experiência do cenário nacional que culminaram numa redução dos investimentos no setor, mesmo que a demanda sempre se encontre em crescimento, mas segue atrelada aos resultados de pequenos incrementos no PIB e no IDH no período pesquisado.

A pesquisa teve como objetivo geral documentar o cenário do comportamento da produção de energia primária no Brasil a elaborar os modelos matemáticos que representam a variação dos indicadores estruturais da rede constituída no período de 1970 a 2018, fato que foi confirmado com a geração dos modelos matemáticos extraídos dos gráficos de centralidade e densidade gerados com o suporte das ferramentas Ucinet e Netdraw.

Como recomendações para a continuidade dos trabalhos, pode-se considerar a avaliação da evolução das centralidades e densidades para as mesmas fontes de energia primária do Brasil, de forma a averiguar se com a troca do governo ocorrida em 2019, mediante as novas políticas públicas adotadas, haverá um ponto de inflexão para que a tendência de queda abrupta vista no período de 2002 a 2018 seja interrompida e nosso país volte a encontrar-se em um novo período de crescimento, o que resultaria em novos investimentos em infraestruturas, levando a

ampliar ainda mais as densidades, colaborando de forma a melhorar os resultados do PIB e do IDH.

REFERÊNCIAS

- ALVIM, C. F. et al. Energia Final e Equivalente - Procedimento Simplificado de Conversão, **Economia & Energia**, v. 18, 2000. Disponível em: <<https://ecen.com/eee18/enerequi.htm>>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- ANDRADA, A. **Uma breve história da economia brasileira (1948-2018)**. Disponível em: <https://www.huffpostbrasil.com/alexandre-andrada/uma-breve-historia-da-economia-brasileira-1948-2018_b_8720394.html>. Acesso em: 29 jan. 2020.
- ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap5.pdf>. Acesso em: 22 set. 2019.
- ANEEL. **BIG - Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 4 abr. 2019.
- BANCO MUNDIAL. **Acesso universal a energia: muito mais que eletricidade**. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/pt/news/feature/2018/05/18/sustainable-development-goal-7-energy-access-all>>. Acesso em: 26 out. 2019.
- BASQUIROTO DE SOUZA, F. B. de. **Engenheiros: Como obter a equação de regressão de um conjunto de dados no Excel?** Disponível em: <<https://2engenheiros.com/2018/12/18/equacao-regressao-excel/>>. Acesso em: 11 jul. 2019.
- BASSANEZI, R. **Ensino - aprendizagem com Modelagem matemática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2002.
- BELKE, A.; DOBNIK, F.; DREGER, C. Energy Consumption and Economic Growth: New Insights into the Cointegration Relationship. **Energy Economics**, v. 33, n. 5, p. 782–789, set. 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988311000417>>. Acesso em: 9 jul. 2019.
- BELLINGIERI, J. C. Revista Online Fabibe. **A economia no período militar (1964-1984): crescimento com endividamento**, v. 1, p. 13, 2005. Disponível em: <<http://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/hispecielemaonline/sumario/9/16042010171928.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2020.
- BEN. **Balanço Energético Nacional: Relatório Síntese BEN 2019 Ano Base 2018**. Rio de Janeiro: EPE, maio 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2019.
- BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem Matemática no ensino**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

- BLOOMBERG NEF. **Clean Energy Investment Exceeded \$300 Billion Once Again in 2018**. Disponível em: <<https://about.bnef.com/blog/clean-energy-investment-exceeded-300-billion-2018/>>. Acesso em: 7 abr. 2019.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M.,G.; FREEMAN, L., C. **Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis**Harvard, 2002. . Disponível em: <https://pages.uoregon.edu/vburriss/hc431/Ucinet_Guide.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2019.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M.; FREEMAN L. **Ucinet for windows: software for social network analysis**. Harvard: Analytic Technologies, 2002. Se é um livro eletrônico, precisa colocar o link Disponível em: Acesso em: 7 jul. 2019.
- BP, B. P. **BP Statistical Review of World Energy**, jun. 2018. . Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2019.
- BROWN, J. H. et al. Energetic Limits to Economic Growth. **BioScience**, v. 61, n. 1, p. 19–26, jan. 2011. Disponível em: <<https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2011.61.1.7>>. Acesso em: 13 abr. 2019.
- CAMIOTO, F. de C.; REBELATTO, D. A. do N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados. **Gestão & Produção**, v. 23, n. 1, p. 192–203, 29 set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2016000100192&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 9 jul. 2019.
- CARLEY, K. M. et al. Toward an Interoperable Dynamic Network Analysis Toolkit. **Decision Support Systems**, v. 43, n. 4, p. 1324–1347, ago. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167923606000601>>. Acesso em: 7 jul. 2019.
- CASTRO, N. J.; ROSENAL, R. **Nova tendência para a Elasticidade-Renda da Demanda de Energia Elétrica no Brasil**. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/biblioteca/0803_CastroRosental_ElasticidadeRendaDemanda.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.
- CME. **Resumo do Relatório World Energy Concil**. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/LAC-Scenarios_summary-report_Portuguese.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- CONAB, C. N. de A. **Conab - (atualizado) - Produção de etanol no Brasil mantém recorde com 33,14 bilhões de litros**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2859-producao-de-etanol-no-brasil-mantem-recorde-e-alcanca-33-58-bilhoes-de-litros>>. Acesso em: 30 nov. 2019.
- CONWAY, F. A First Course in Mathematical Statistics. By C. E. Weatherburn. Pp. Xii + 277. 1961. 18s. 6d. (Cambridge University Press). **The Mathematical Gazette**, v. 46, n. 356, p. 158–158, maio 1962. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/mathematical-gazette/article/a-first-course>>

in-mathematical-statistics-by-c-e-weatherburn-pp-xii-277-1961-18s-6d-cambridge-university-press/6163AFC061F90864A3D4D28A18D9A147>. Acesso em: 29 jan. 2020.

COSTA, F. de A. Ensino da Matemática em Debate (ISSN 2358-4122). **ENSINO MATEMÁTICA POR MEIO DA MODELAGEM MATEMÁTICA**, v. 3, n. 1, p. 12, ago. 2016. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/emd/article/view/29005>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DANIEL, D. **Modelagem por Polinômios no Ensino Médio**. 2016. Unicamp, 127 f. Dissertação (mestrado) Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2016. Acesso em: 6 jul. 2019.

DEHMER, M.; EMMERT-STREIB, F.; SHI, Y. Quantitative Graph Theory: A New Branch of Graph Theory and Network Science. **Information Sciences**, v. 418–419, p. 575–580, dez. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0020025517308666>>. Acesso em: 2 abr. 2019.

DEMIREL, Y. Energy and Energy Types. In: DEMIREL, Y. (Ed.). **Energy**. London: Springer London, 2012. p. 27–70.

EIA. **EIA's latest International Energy Outlook highlights analysis of China, India, and Africa - Today in Energy - U.S. Energy Information Administration (EIA)**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36732>>. Acesso em: 7 abr. 2019.

EMIRBAYER, M.; GOODWIN, J. American Journal of Sociology. **Network Analysis, Culture, and the Problem of Agency**, v. 99, n. 6, p. 1411–1454, maio 1994.

EPE. **Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2017-2026**. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF[1].pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2019a.

EPE. **Plano decenal de expansão de energia 2026**, 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-66/Cap2_Texto.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.

EPE. **World Energy Outlook 2018**, 2018. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/12%20Abril%20_%20EPE%20WEO%20launch_Clean%20\(002\).pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/12%20Abril%20_%20EPE%20WEO%20launch_Clean%20(002).pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2019.

EPE. **Balço Energético Nacional 2018 ano base 2017**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2019b.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**, 2018. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

EPE. **Resenha Mensal: em janeiro de 2019 o consumo nacional de eletricidade cresceu 3,8% ao mesmo mês em 2018.**, 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-em-janeiro-de-2019-o-consumo-nacional-de-eletricidade-cresceu-3-8-ao-mesmo-mes-em-2018->>. Acesso em: 3 abr. 2019.

EPE; MME. **Cenários de Demanda para o PNE 2050**, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/Cen%C3%A1rios%20de%20Demanda.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2019.

FIRJAN. **Anuário da Indústria de Petróleo no Rio de Janeiro Panorama 2019**. Rio de Janeiro: Firjan – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/anuario-petroleo-e-gas.htm>>. Acesso em: 29 out. 2019.

HANNEMAN, R. Social Network Data. In: HANNEMAN, R.; RIDDLE, M. (Ed.). **Introduction to Social Network Methods**. University of California, Riverside (published in digital form): Department of Sociology, 2005.

IEA. **World Energy Outlook**, 2017. Disponível em: <<https://www.iea.org/weo2017/>>. Acesso em: 3 abr. 2019.

IEA. **Scenarios**. Disponível em: <<https://www.iea.org/weo2018/scenarios/>>. Acesso em: 30 mar. 2019a.

IEA. **World Energy Investment**, França 2018. Disponível em: <<https://www.iea.org/wei2018/>>. Acesso em: 2 abr. 2019.

IEA. **Key World Energy Statistics 2018**. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/key-world-energy-statistics-2018>>. Acesso em: 6 abr. 2019c.

INPE; CCST; LABREN. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. [s.l.] São José dos Campos INPE, 2017.

IZQUIERDO, L. R.; HANNEMAN, R. A. **Introduction to the Formal Analysis of Social Networks Using Mathematica. Published in digital form**. In: DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING. Burgos, Spain, 2006. . Disponível em: <http://luis.izqui.org/papers/Izquierdo_Hanneman_2006-version2.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2019.

LEVINE, S. S.; KURZBAN, R. Explaining Clustering in Social Networks: Towards an Evolutionary Theory of Cascading Benefits. **Managerial and Decision Economics**, v. 27, n. 2–3, p. 173–187, mar. 2006. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/mde.1291>>. Acesso em: 6 jul. 2019.

LIAO, C.-H.; CHEN, M.-Y. Building Social Computing System in Big Data: From the Perspective of Social Network Analysis. **Computers in Human Behavior**, out. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563218304813>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

LIU, X. et al. Factors Driving Energy Consumption in China: A Joint Decomposition Approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 724–734, jan. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617325428>>. Acesso em: 7 abr. 2019.

MACARINI, J. P. A política econômica do governo Médici: 1970-1973. **Nova Economia**, v. 15, n. 3, p. 53–92, dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-63512005000300003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 29 jan. 2020.

MAHALINGAM, B.; ORMAN, W. H. GDP and Energy Consumption: A Panel Analysis of the US. **Applied Energy**, v. 213, p. 208–218, mar. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261918300370>>. Acesso em: 9 jul. 2019.

MAKAGON, M. M.; MCCOWAN, B.; MENCH, J. A. How Can Social Network Analysis Contribute to Social Behavior Research in Applied Ethology? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 138, n. 3–4, p. 152–161, maio 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159112000354>>. Acesso em: 7 jul. 2019.

MARANGONI, G. . Anos 1980, década perdida ou ganha? **Revista de informações e debates** n. 72, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2759:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 29 jan. 2020.

MASQUIETTO, C. D.; SACOMANO NETO, M.; GIULIANI, A. C. Centrality and Density in Interfirm Networks: A Study of an Ethanol Local Productive Arrangement. **Review of Administration and Innovation - RAI**, v. 8, n. 1, 19 maio 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79205>>. Acesso em: 6 jul. 2019.

MILOVANOVIĆ, S. et al. An approach to identify user preferences based on social network analysis. **Future Generation Computer Systems**, v. 93, p. 121–129, abr. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167739X18311208>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

MME. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**, 2019. . Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138781/1435504/Boletim+de+Monitoramento+>

do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Fevereiro+-+2019.pdf/e7e55cd2-2a56-41db-8054-9620095728e4>. Acesso em: 7 abr. 2019.

MOLLO NETO, M. et al. Quantitative analysis supported in SNA of the production milk chain in Brazil. In: XVIII World Congress Of The International Commission Of Agricultural And Biosystems Engineering (Cigr). Canadian Society For Bioengineering (CSBE/SCGAB). Québec City, Canada, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/301543910_Quantitative_analysis_supported_in_sna_of_the_production_milk_chain_in_Brazil>. Acesso em: 8 abr. 2019.

MOLLO NETO, M. et al. ANÁLISE DE REDES PARA PROSPECÇÃO DE INDICADORES DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL. **Energia na agricultura**, v. 29, n. 4, p. 306–316, 19 dez. 2014. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1553>>. Acesso em: 7 jul. 2019.

MOLLO NETO, M. M. Análise de Redes. In: REIS, J. G. M. (Ed.). **Qualidade em Redes de Suprimentos: a qualidade aplicada ao supply chain management**. São Paulo: Atlas, 2015. p. 62–92.

NASCIMENTO, C. S. D. **PANDORA - Uma Ferramenta para Visualização Incremental e Análise de Redes Sociais Acadêmicas**. 2013. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação (mestrado) Programa de Pós Graduação em Computação - Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/67851/000874023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 7 jul. 2019.

NOGUEIRA, L. P. P. et al. Will Thermal Power Plants with CCS Play a Role in Brazil's Future Electric Power Generation? **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 24, p. 115–123, maio 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1750583614000607>>. Acesso em: 14 abr. 2019.

ONU. **Agenda 2030**, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 3 abr. 2019.

OUEDRAOGO, N. S. Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from the Economic Community of West African States (ECOWAS). **Energy Economics**, v. 36, p. 637–647, mar. 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988312003003>>. Acesso em: 9 jul. 2019.

PAIM, M.-A. Evaluating Regulatory Strategies for Mitigating Hydrological Risk in Brazil through Diversification of Its Electricity Mix. **Energy Policy**, p. 9, 2019.

PENA, R. F. A. **IDH do Brasil. Evolução do IDH do Brasil**. Disponível em: <<https://alunosonline.uol.com.br/geografia/idh-brasil.html>>. Acesso em: 1 fev. 2020.

PENG, H. et al. Incremental Term Representation Learning for Social Network Analysis. **Future Generation Computer Systems**, v. 86, p. 1503–1512, set. 2018.

Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167739X17310117>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

REN 21. **Renewables 2019 Global Status Report**. France: Frankfurt School UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, BloombergNEF and UN Environment., 2019. Disponível em: <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019.

ROSSONI, L.; SILVA, A. J. H.; FERREIRA JÚNIOR, I. Aspectos estruturais da cooperação entre pesquisadores no campo de administração pública e gestão social: análise das redes entre instituições no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 42, n. 6, p. 1041–1067, dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122008000600002&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 5 jul. 2019.

SADAVARE, A. B.; KULKARNI, D. R. V. A Review of Application of Graph Theory for Network. **International Journal of Computer Science and Information Technologies**, v. 3, p. 5296–5300, 2012. Acesso em: 2 abr. 2019.

SCOTT, J. Software Review: A Toolkit for Social Network Analysis. **Acta Sociologica**, v. 39, n. 2, p. 211–216, abr. 1996. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000169939603900205>>. Acesso em: 7 jul. 2019.

SHARVINI, S. R. et al. Energy Consumption Trends and Their Linkages with Renewable Energy Policies in East and Southeast Asian Countries: Challenges and Opportunities. **Sustainable Environment Research**, v. 28, n. 6, p. 257–266, nov. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468203918300347>>. Acesso em: 7 abr. 2019.

SILVEIRA, D. **Crise econômica freia consumo de energia primária no Brasil, aponta Firjan**, 7 ago. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/08/07/crise-economica-freia-consumo-de-energia-primaria-no-brasil-aponta-firjan.ghtml>>. Acesso em: 29 out. 2019.

SORRELL, S. Reducing Energy Demand: A Review of Issues, Challenges and Approaches. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, p. 74–82, jul. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032115001471>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

STEKETEE, M.; MIYAOKA, A.; SPIEGELMAN, M. Social Network Analysis. In: **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**. Orlando - FL: Elsevier, 2015. p. 461–467.

STOKMAN, F. N. Networks: Social. In: SEMELSER N.J., B. P. B. (Ed.). **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**. New York: Elsevier, 2001. p. 10.509-10.514.

TAINTER, J. A. Energy, Complexity, and Sustainability: A Historical Perspective. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 89–95, jun. 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221042241000002X>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos - CEBRAP**, n. 79, p. 47–69, nov. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000300003&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 28 abr. 2019.

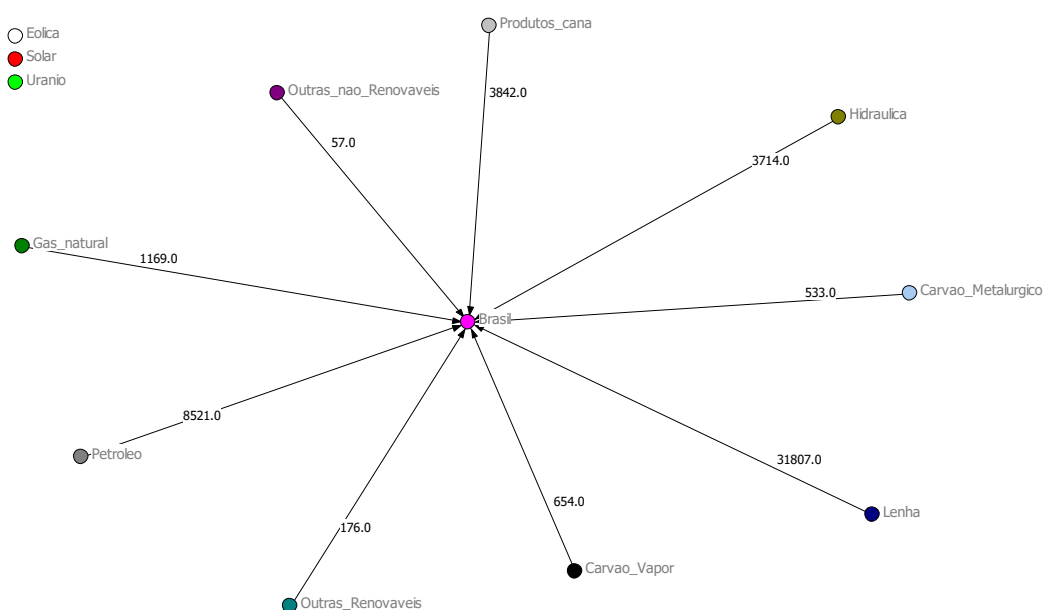
TOMAÉL, M. I.; MARTELETO, R. M. Redes sociais: posições dos atores no fluxo da informação. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 11, p. 75–91, jul. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/342>>. Acesso em: 6 jul. 2019.

WORLD BANK. **WORLD BANK. GDP (current US\$). World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files**. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BR>>. Acesso em: 1 fev. 2020.

APÊNDICE

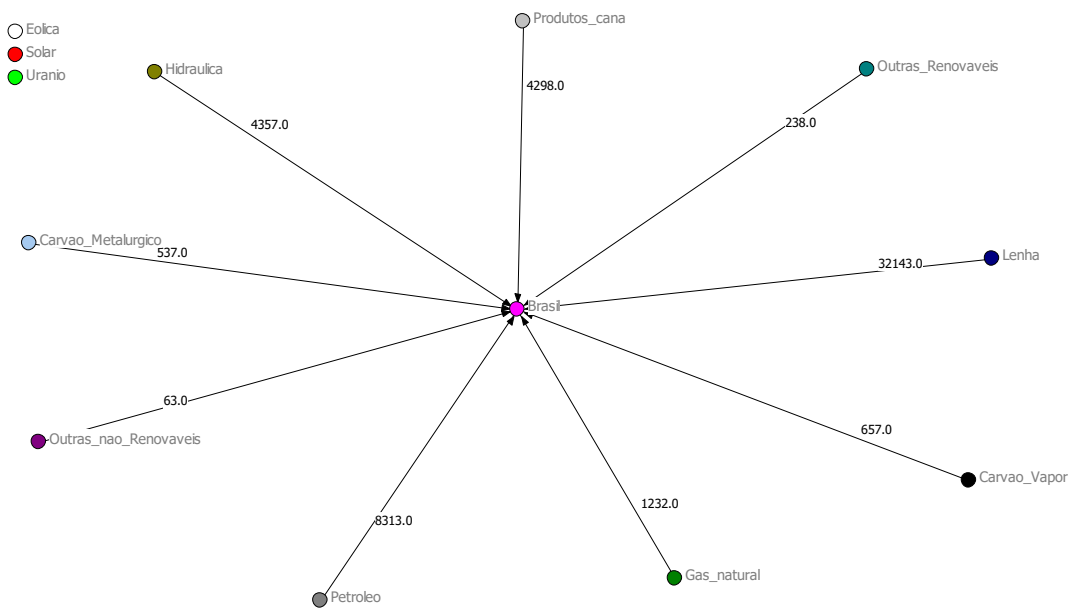
A seguir, as figuras 19 a 66, representam o cenário do comportamento da produção de energia primária no Brasil ao longo do período de 1970 a 2018, bem como as trocas ocorridas entre as principais fontes que colaboraram para a matriz energética nacional ao longo dos anos.

Figura 19 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1971.



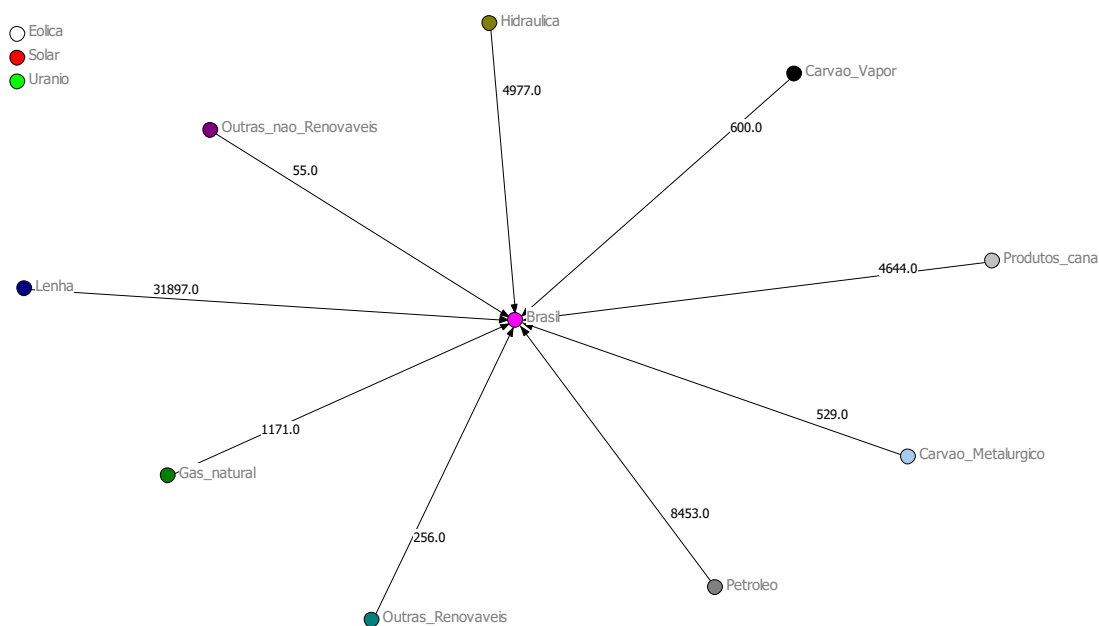
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 20 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1972.



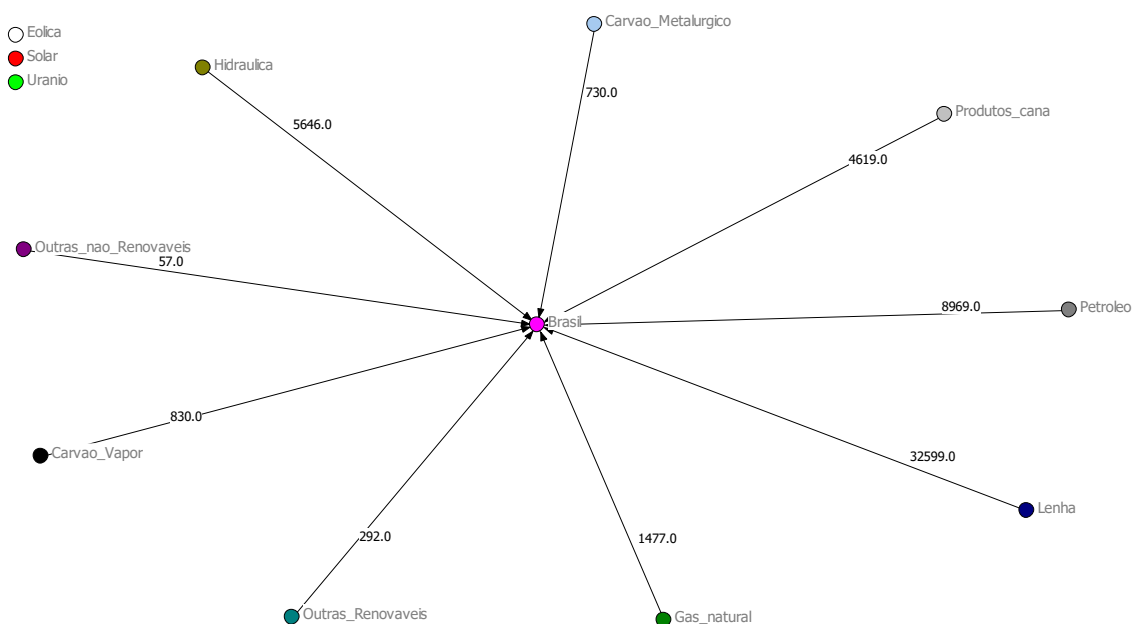
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 21 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1973



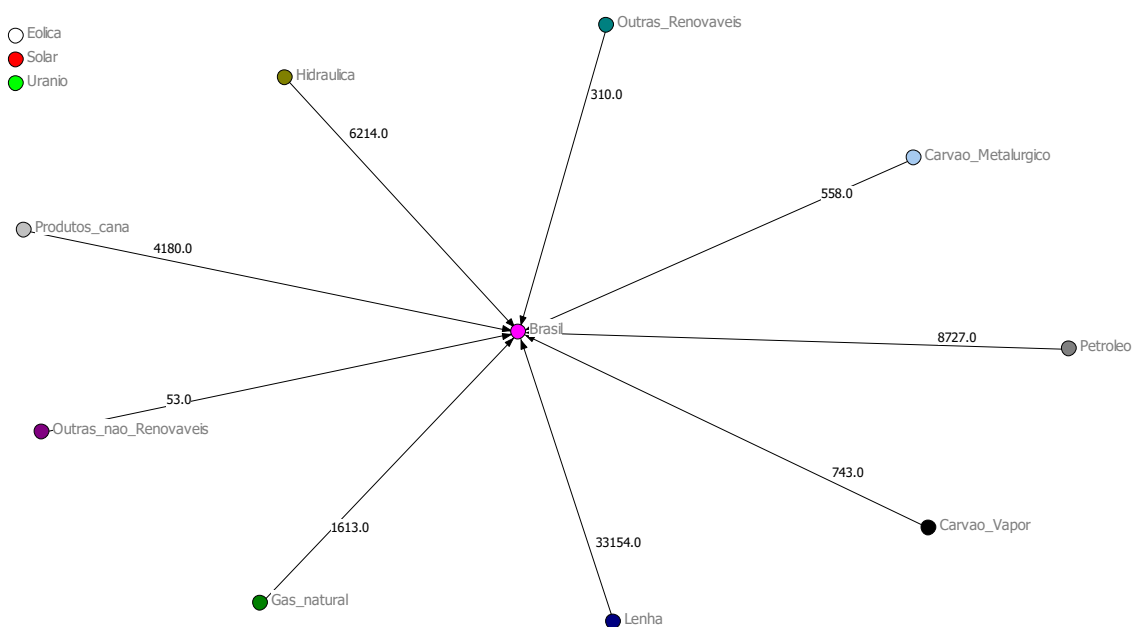
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 22 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1974.



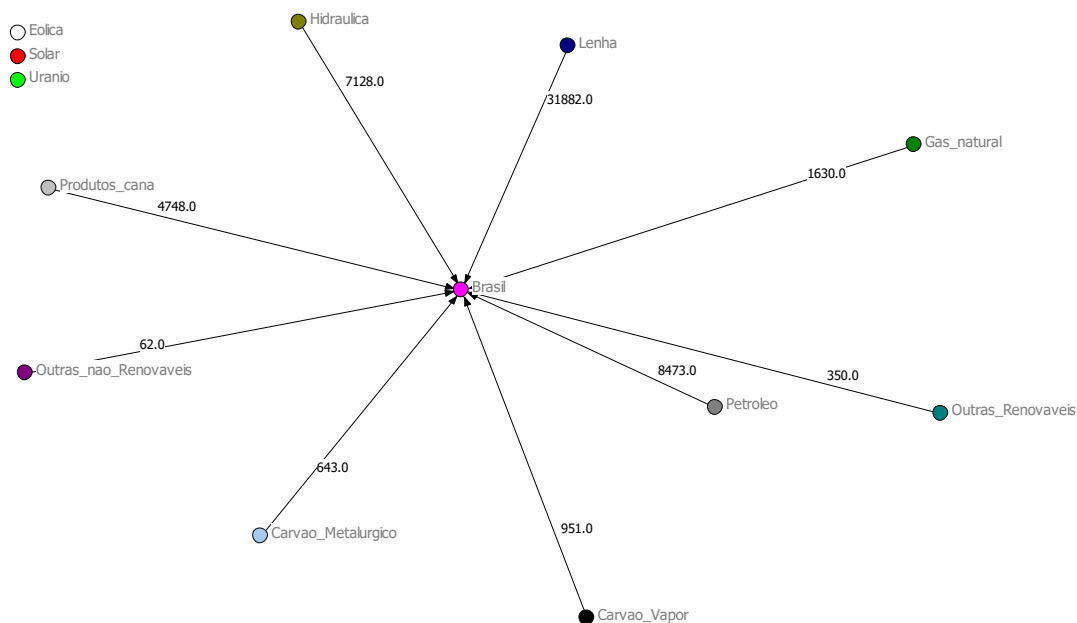
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 23 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1975.



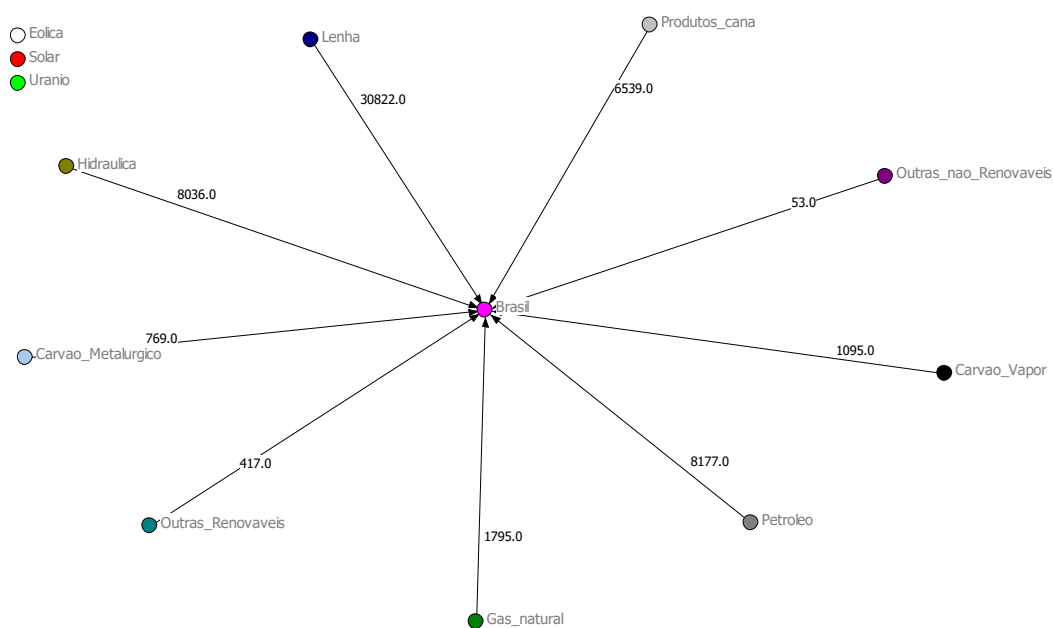
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 24 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1976.



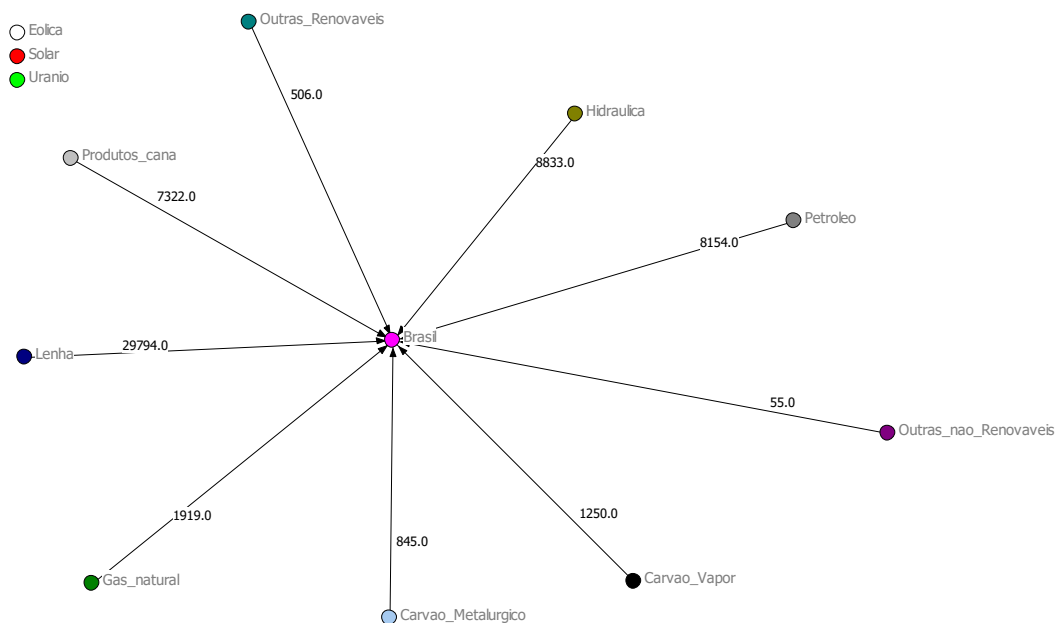
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 25 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1977.



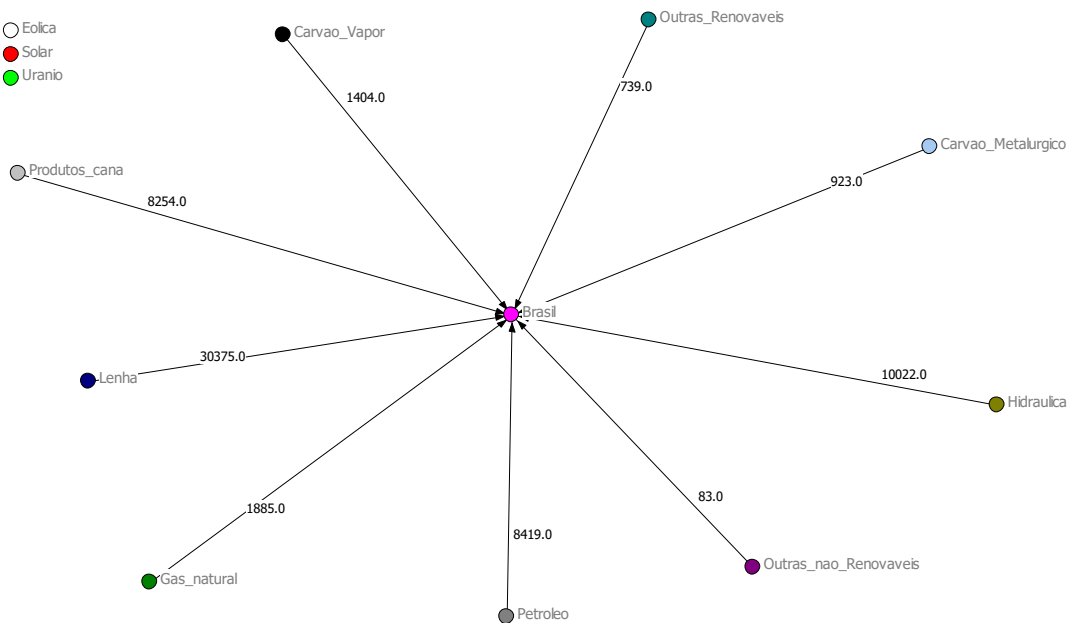
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 26 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1978.



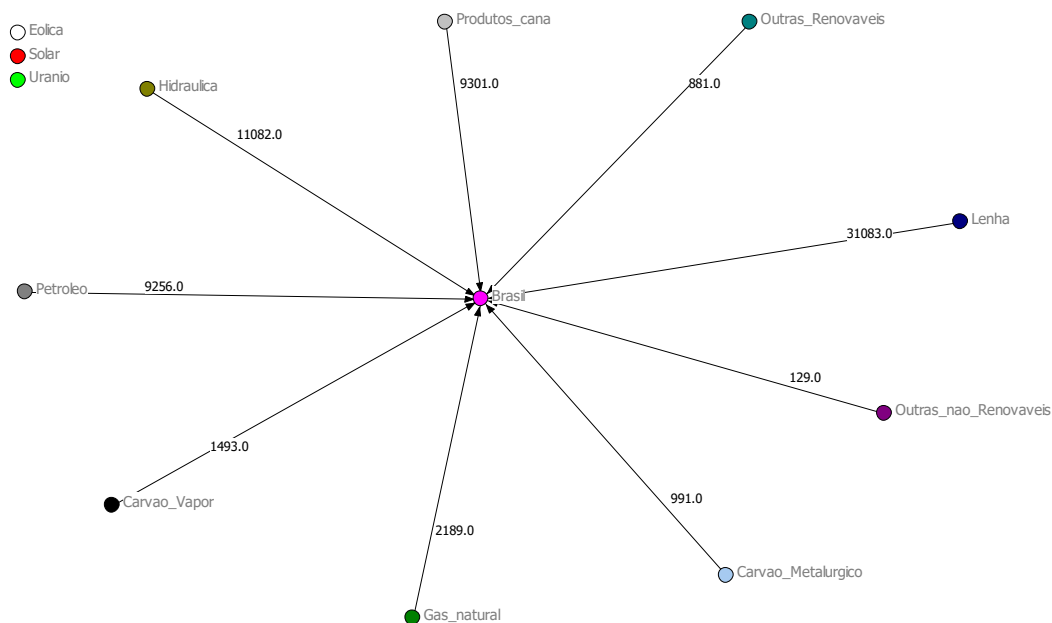
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 27 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1979.



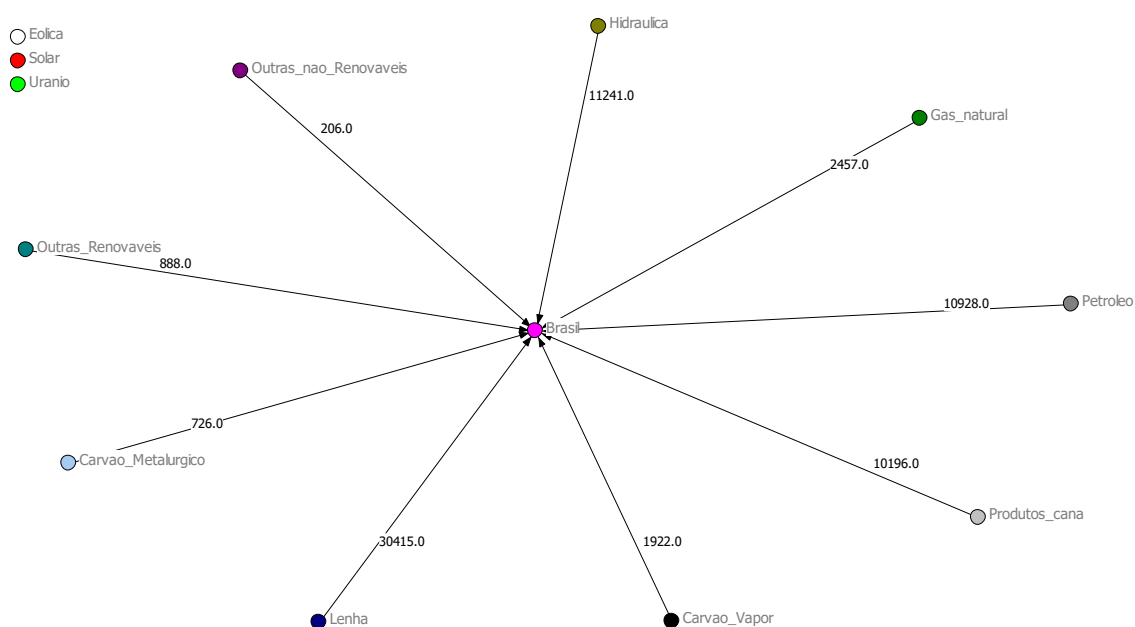
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 28 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1980.



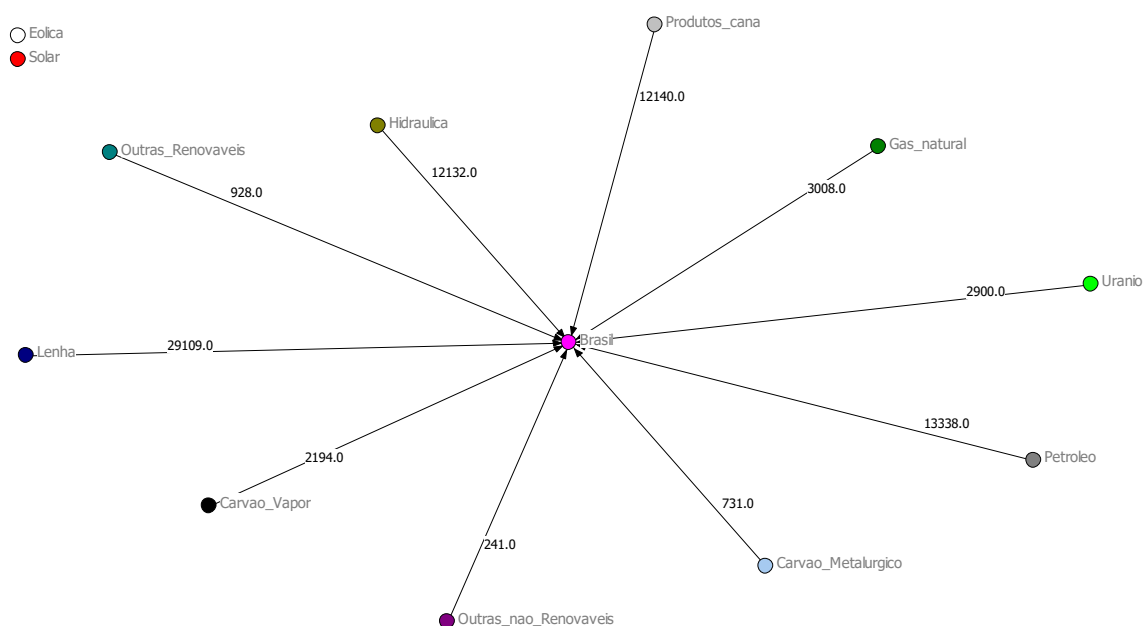
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 29 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1981.



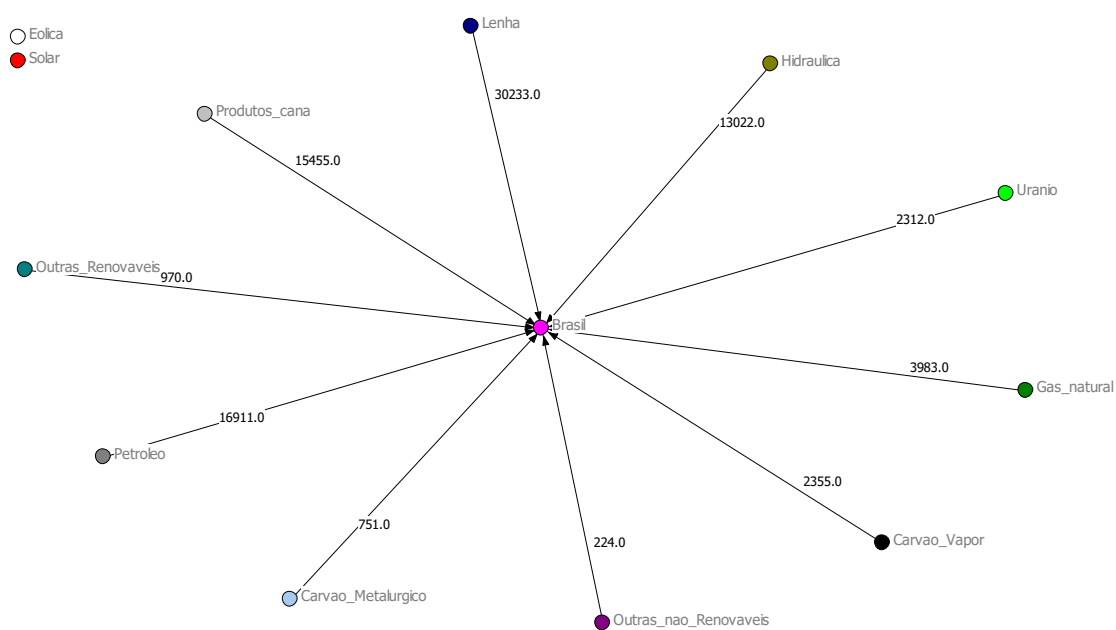
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 30 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1982.



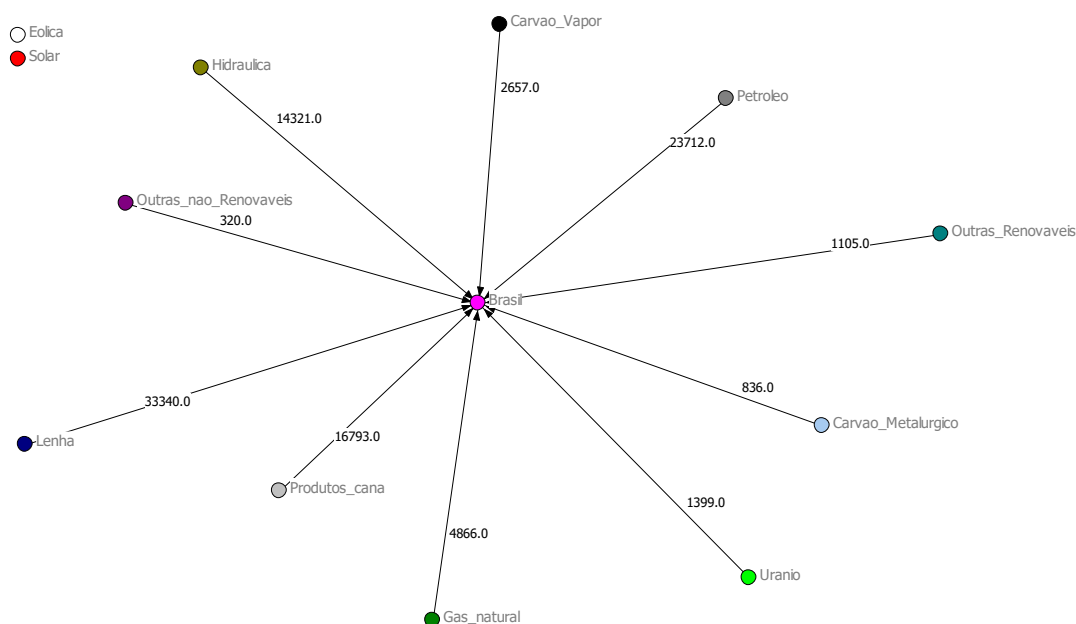
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 31 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1983.



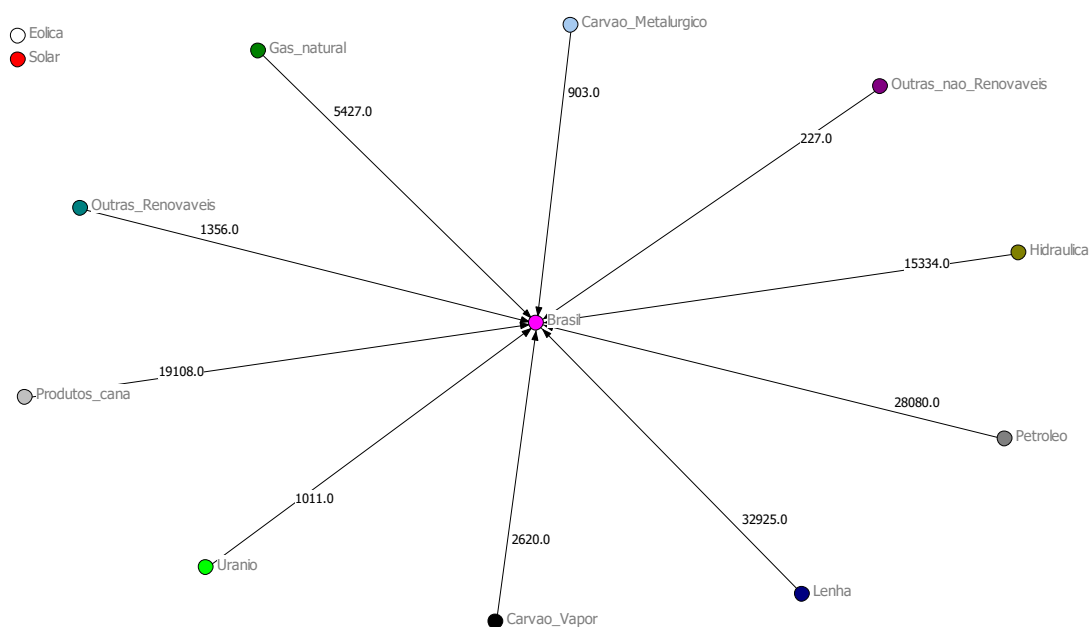
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 32 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1984.



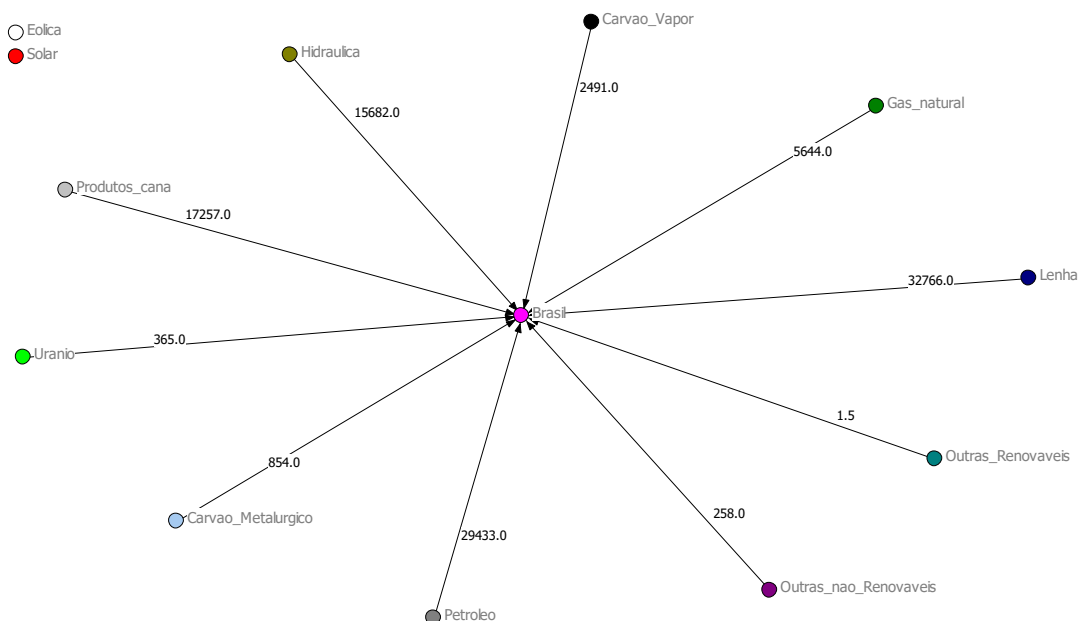
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 33 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1985.



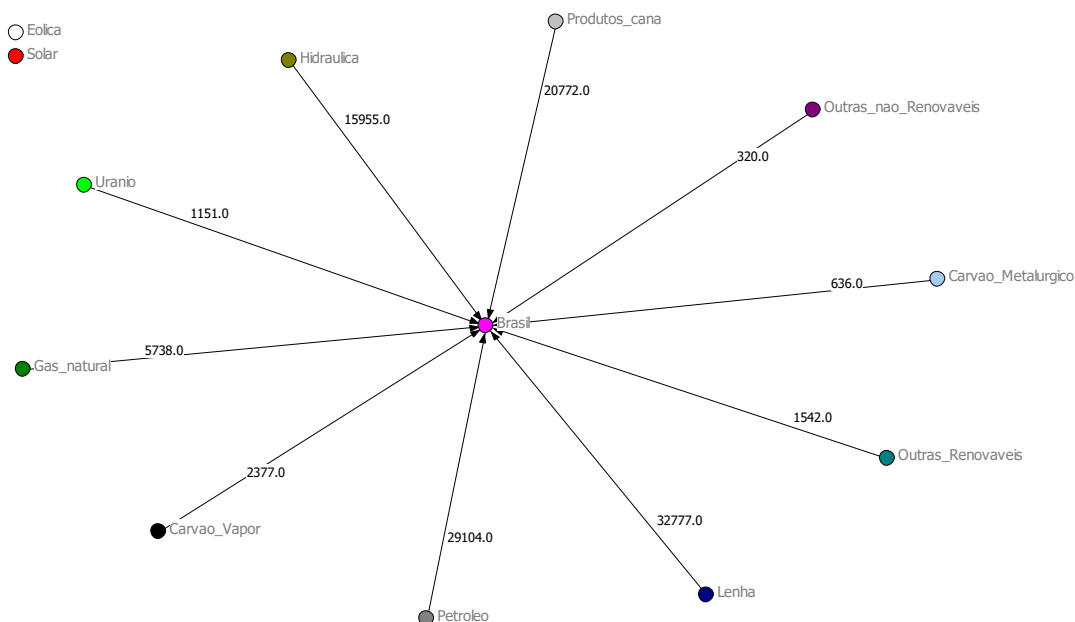
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 34 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1986.



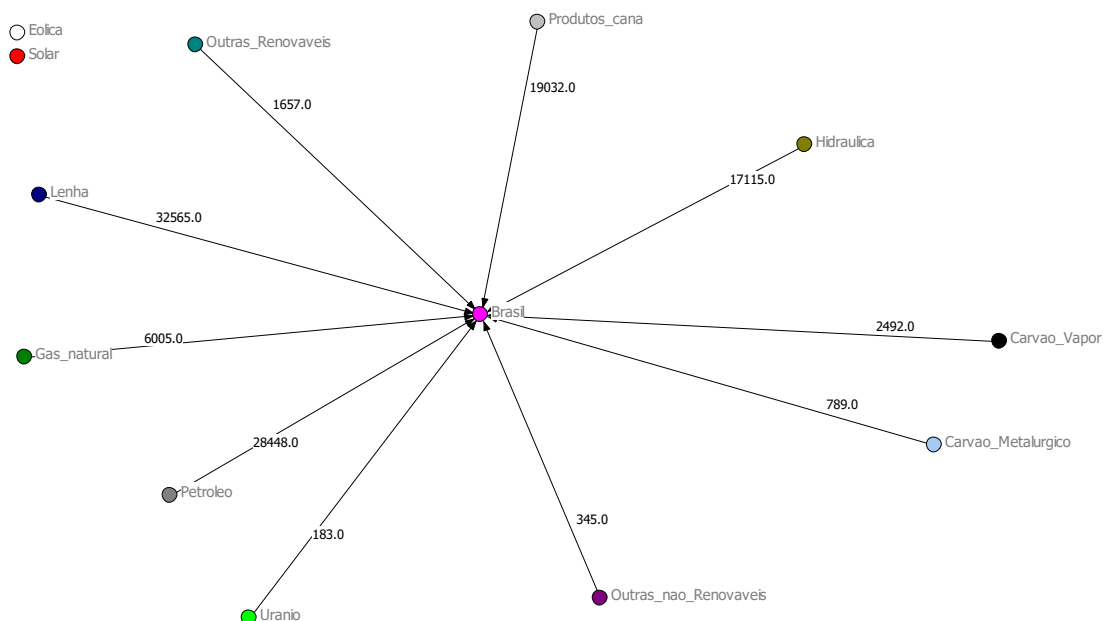
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 35 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1987.



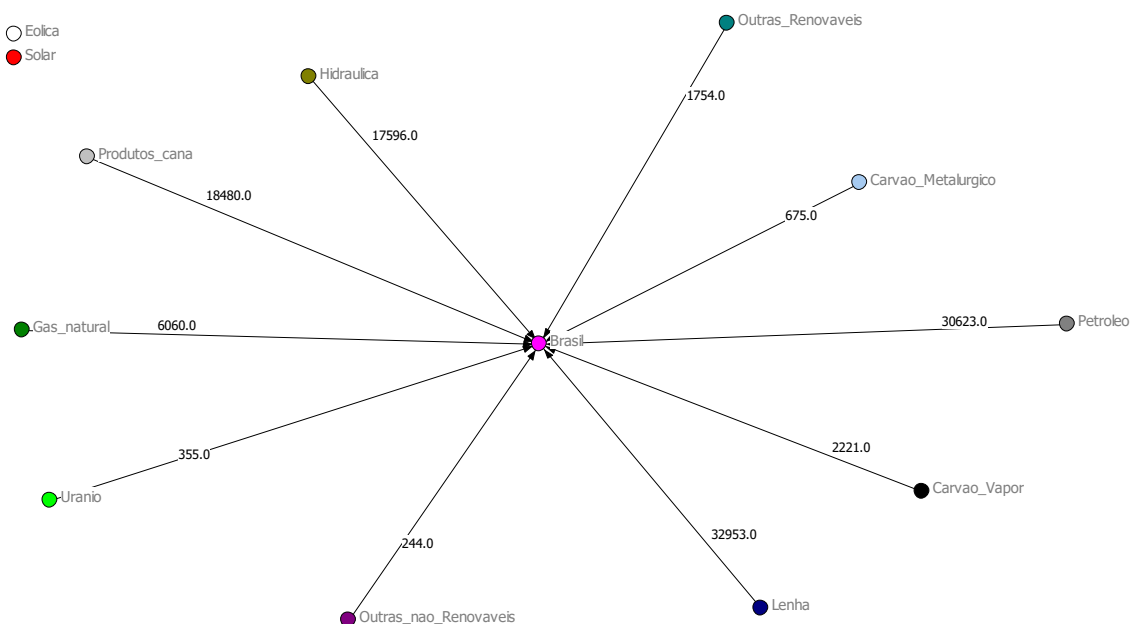
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 36 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1988.



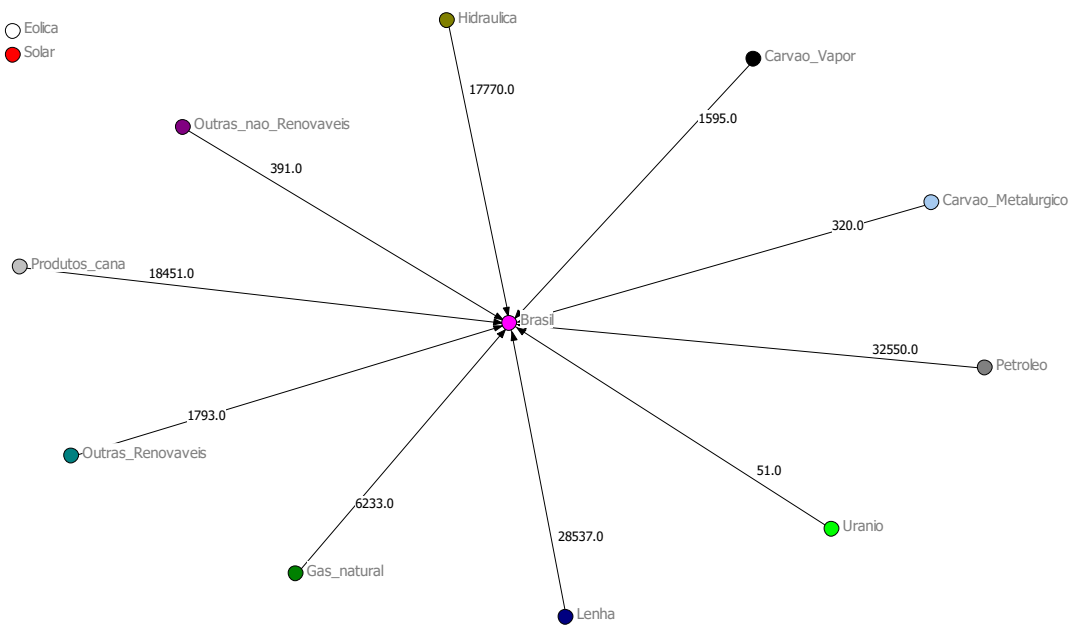
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 37 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1989.



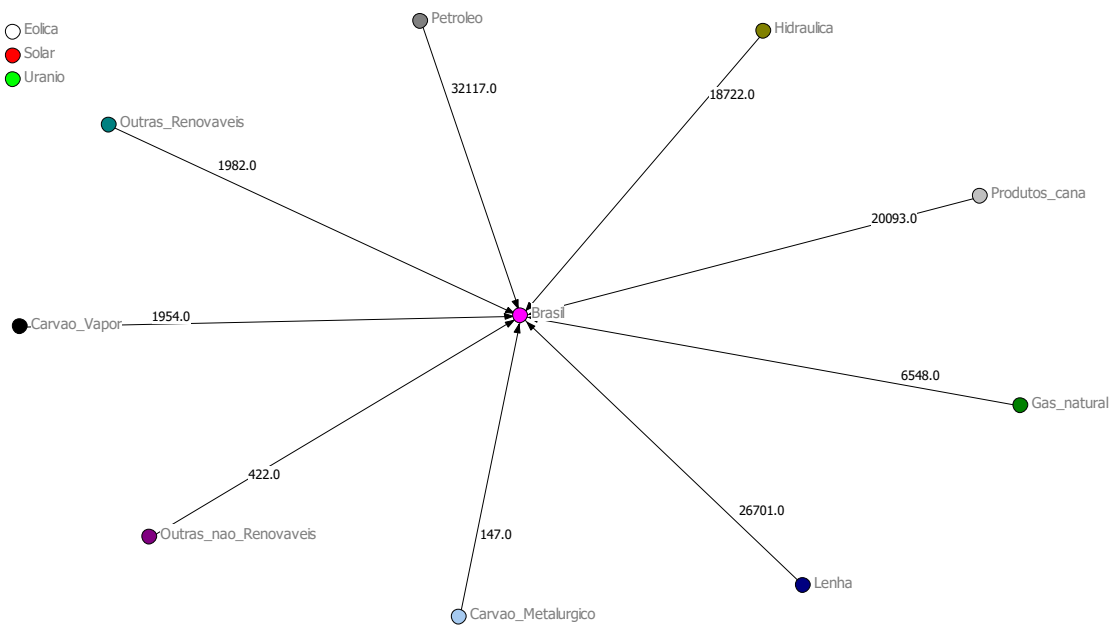
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 38 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1990.



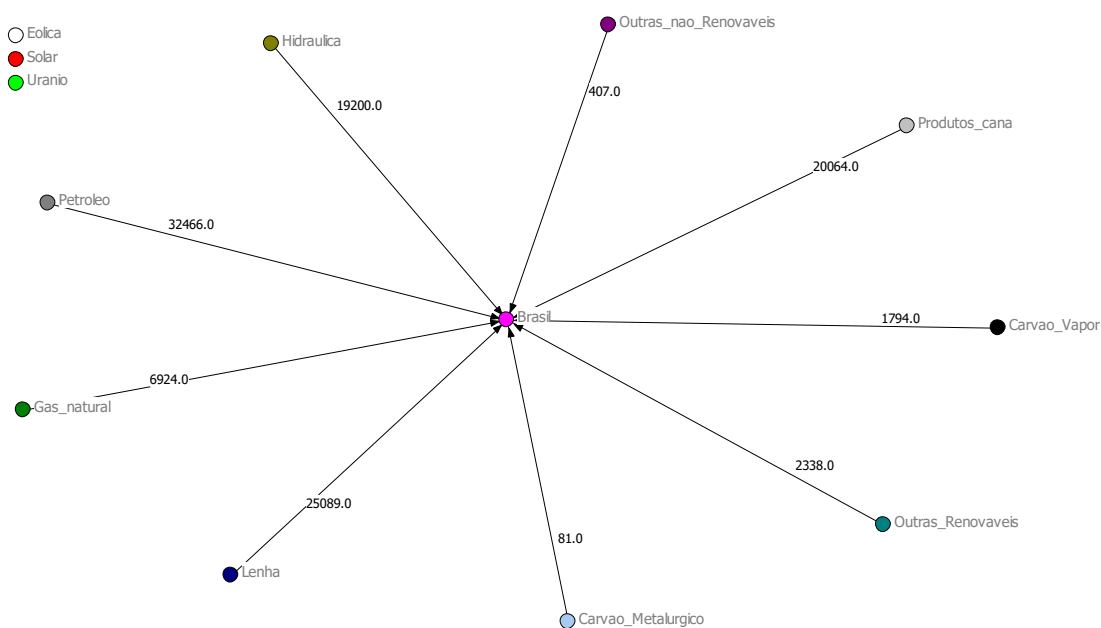
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 39 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1991.



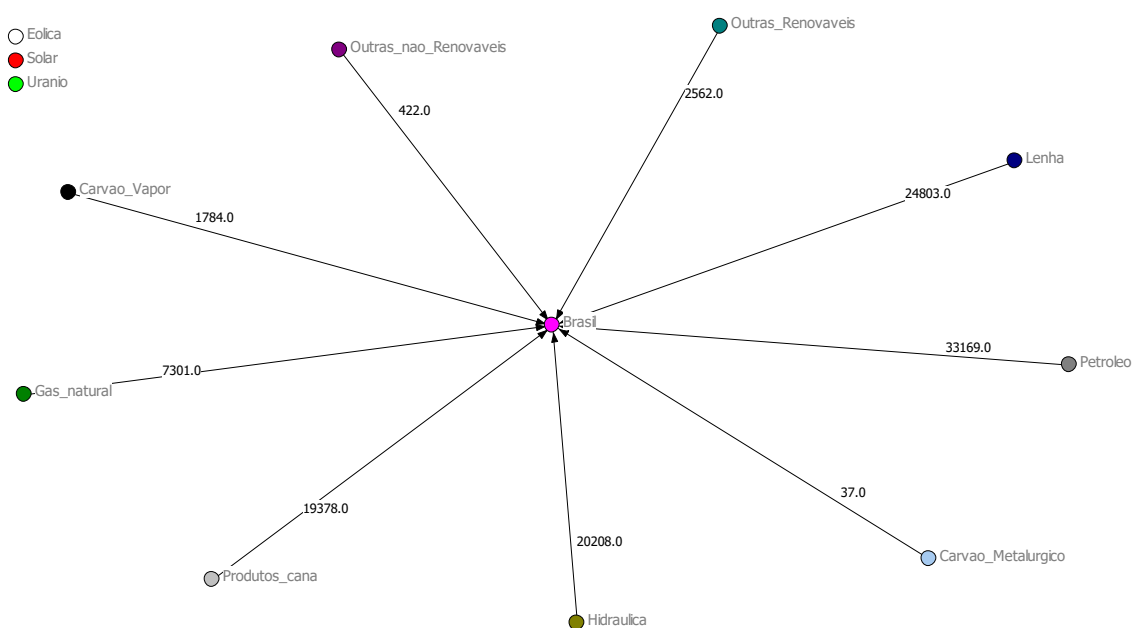
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 40 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1992.



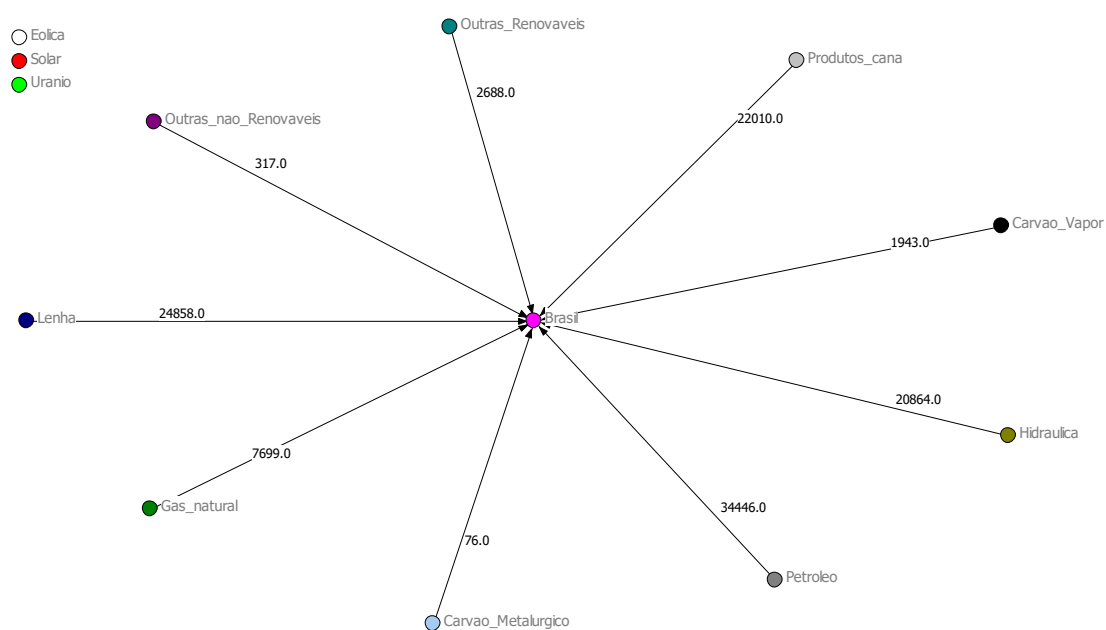
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 41 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1993.



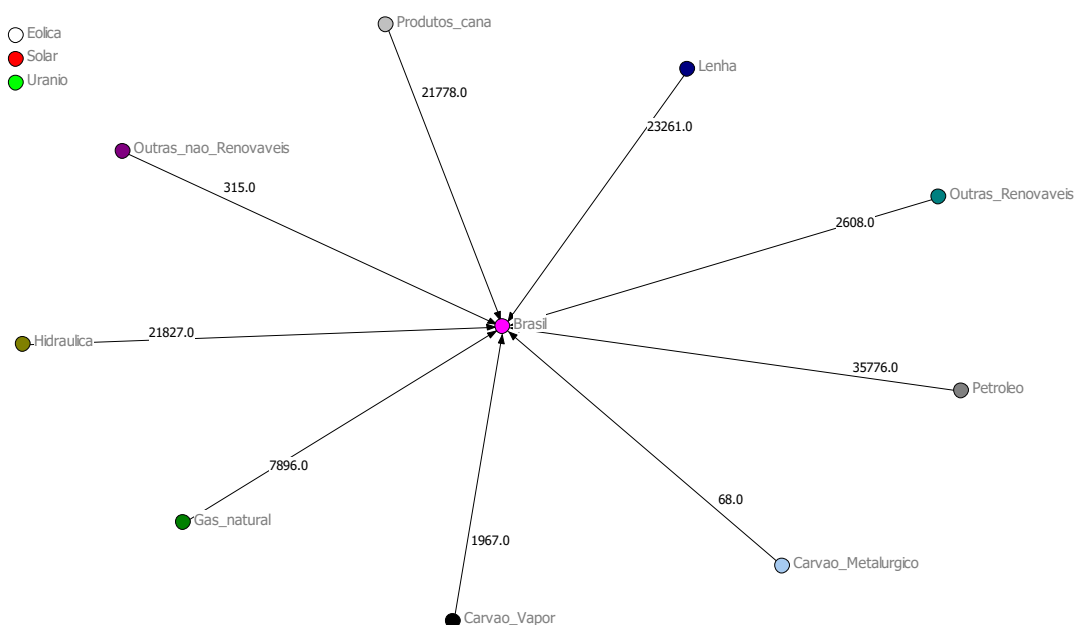
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 42 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1994.



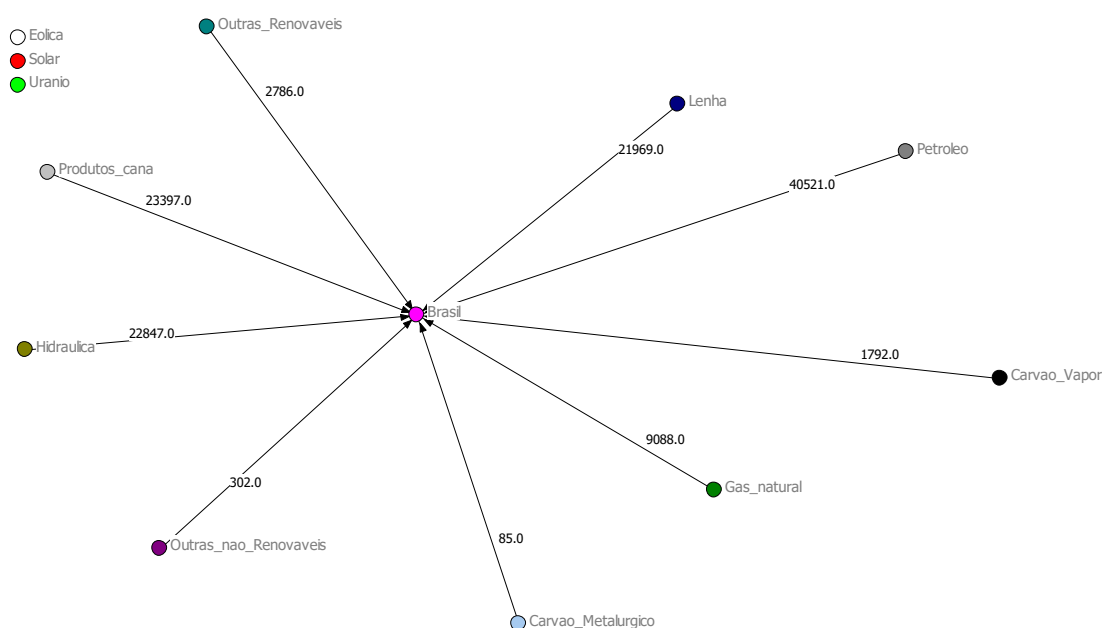
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 43 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1995.



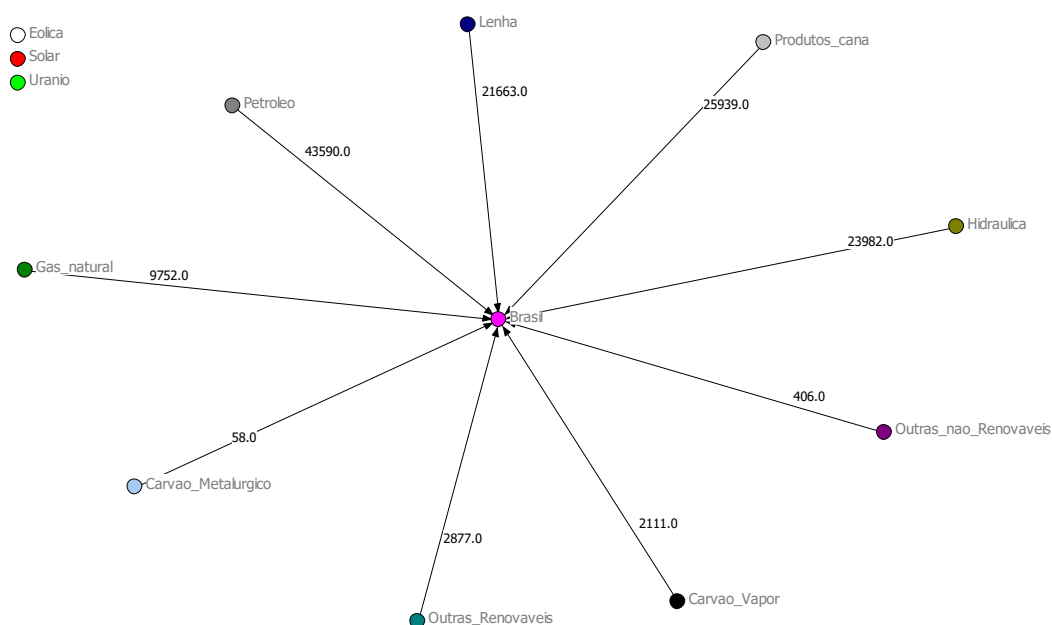
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 44 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1996.



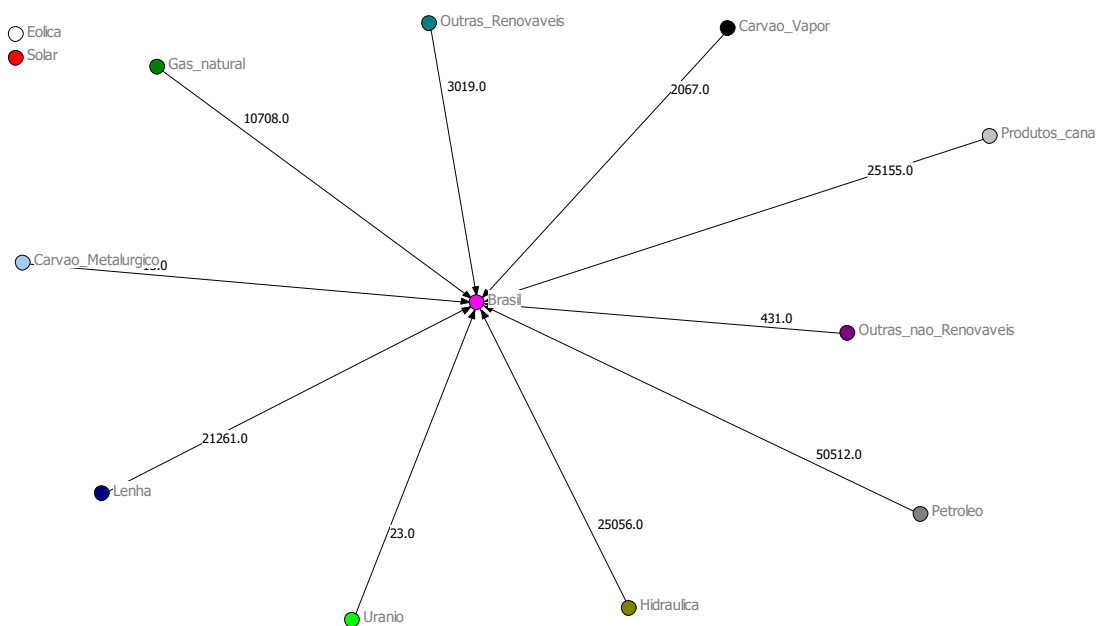
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 45 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1997.



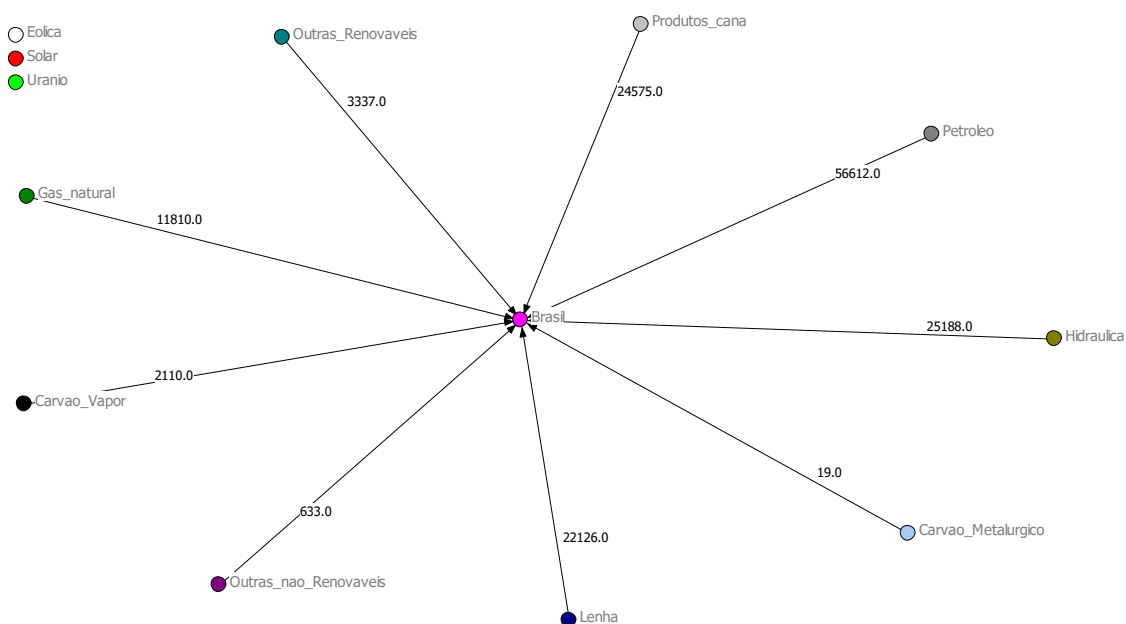
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 46 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1998.



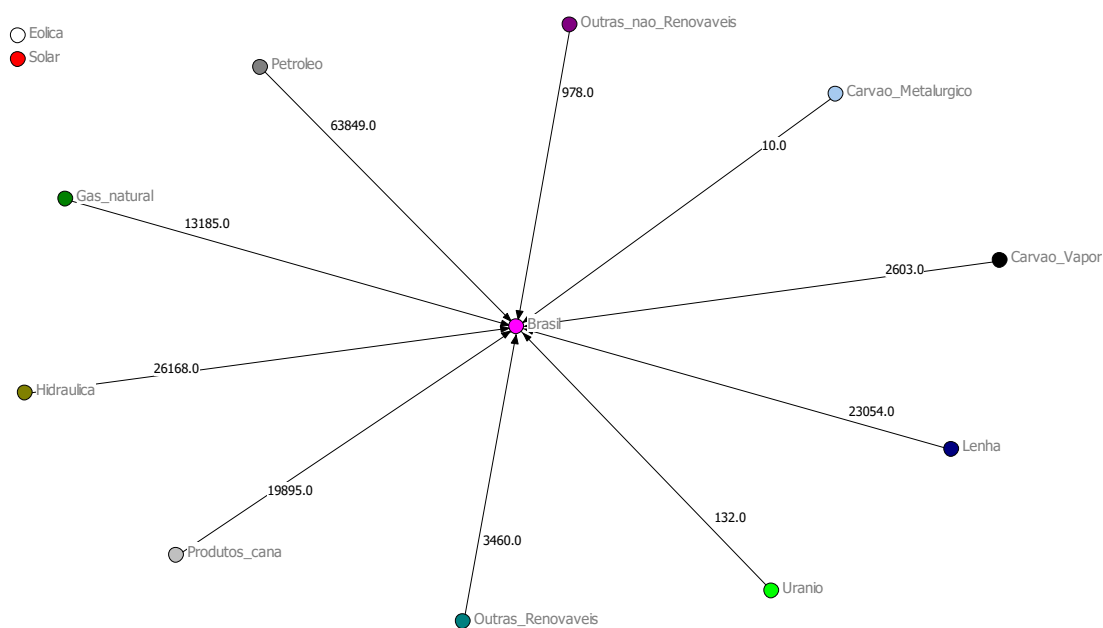
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 47 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 1999.



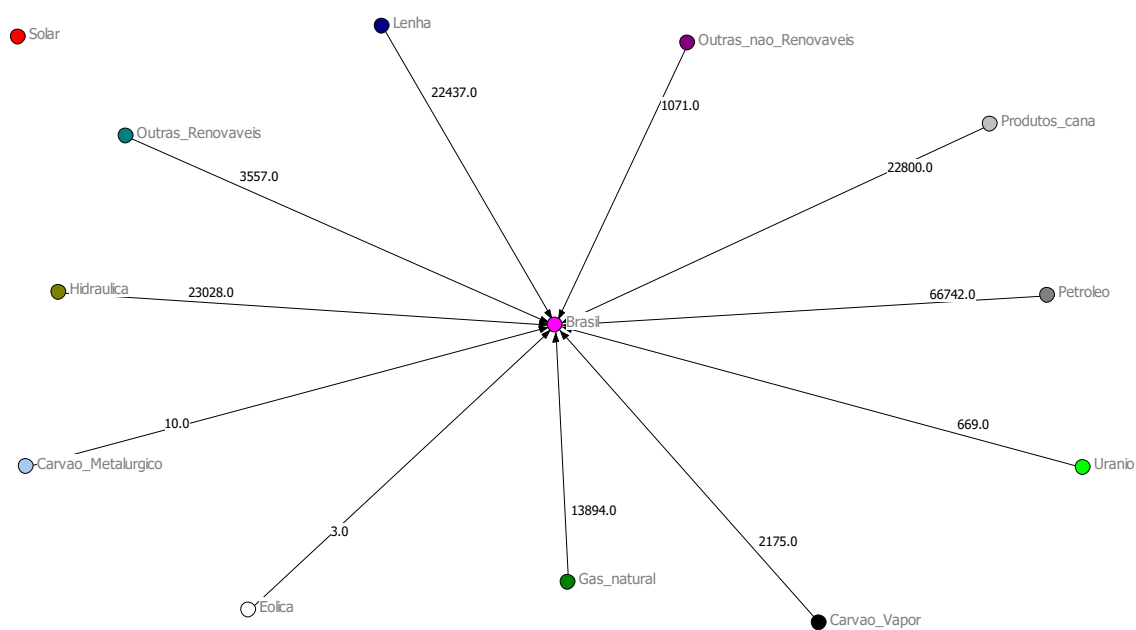
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 48 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2000.



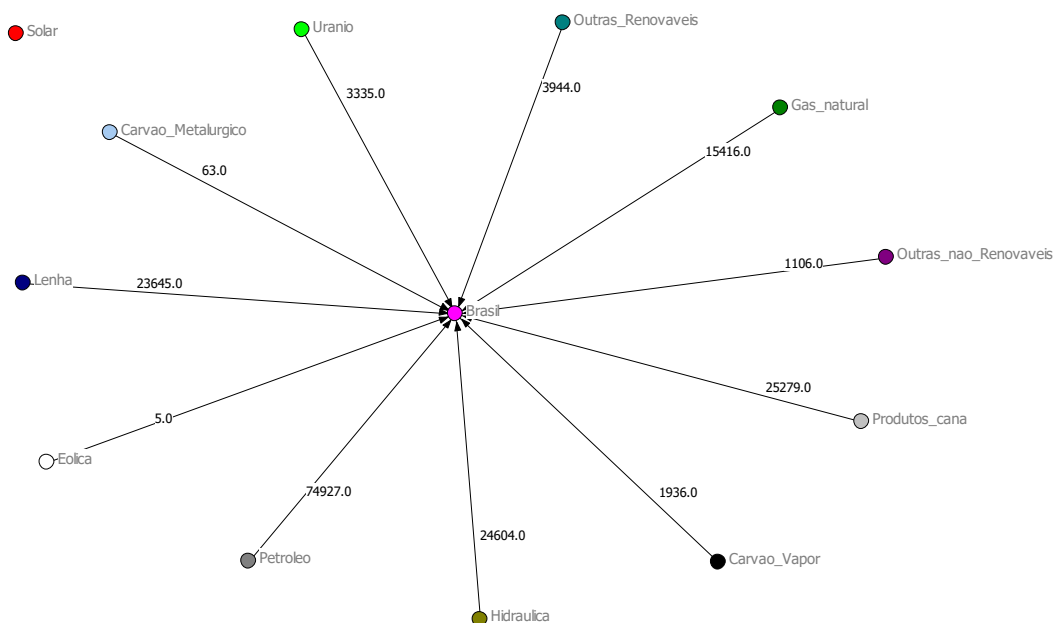
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 49 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2001.



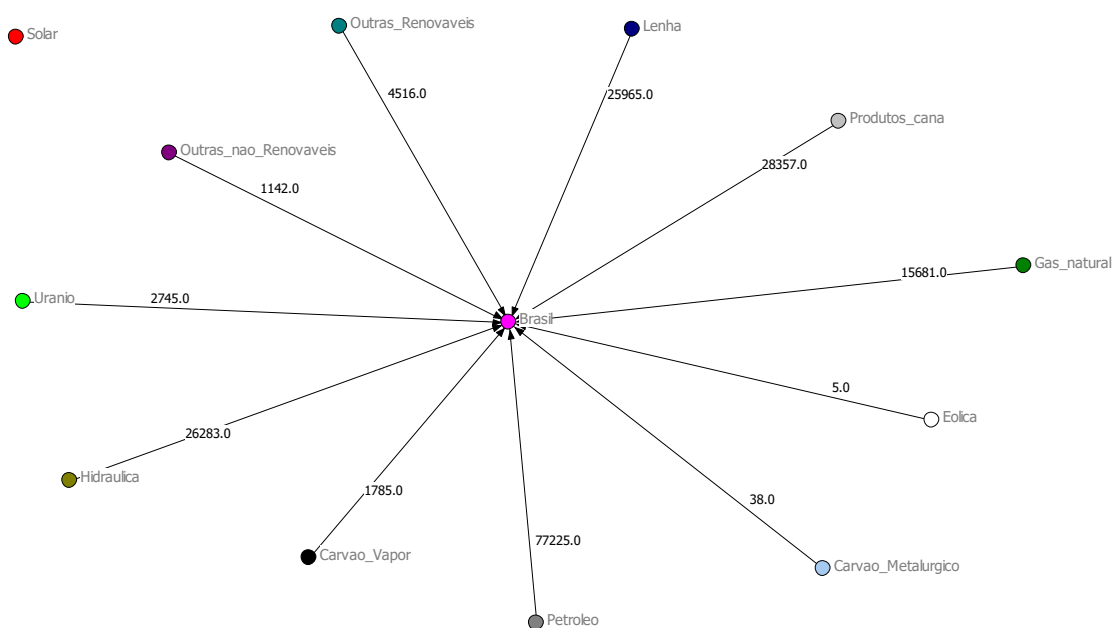
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 50 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2002.



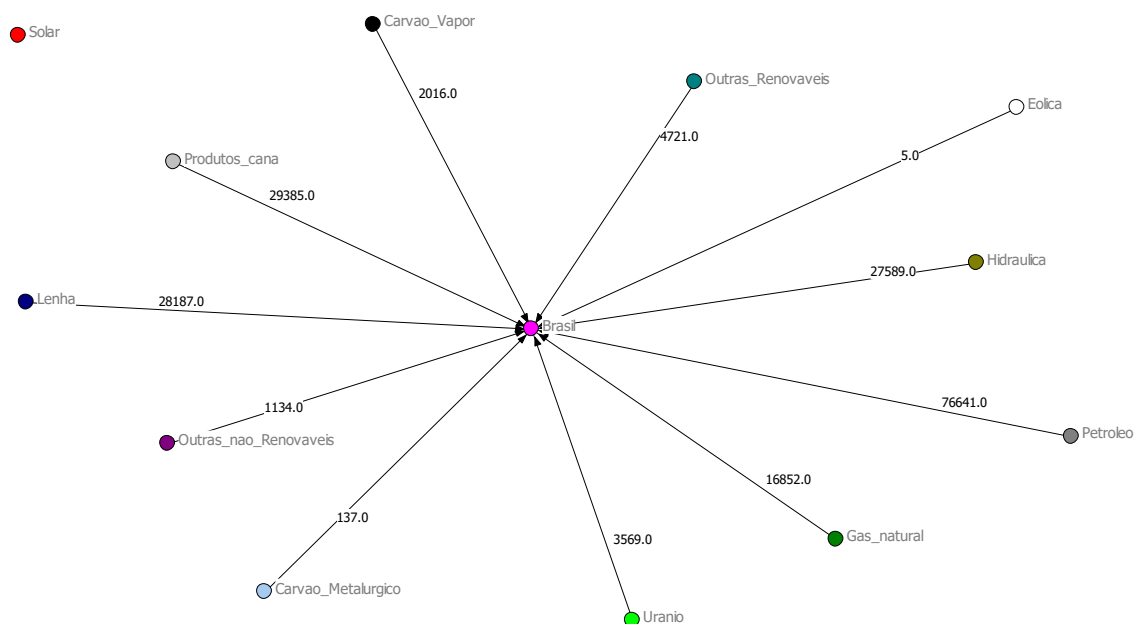
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019)

Figura 51 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2003.



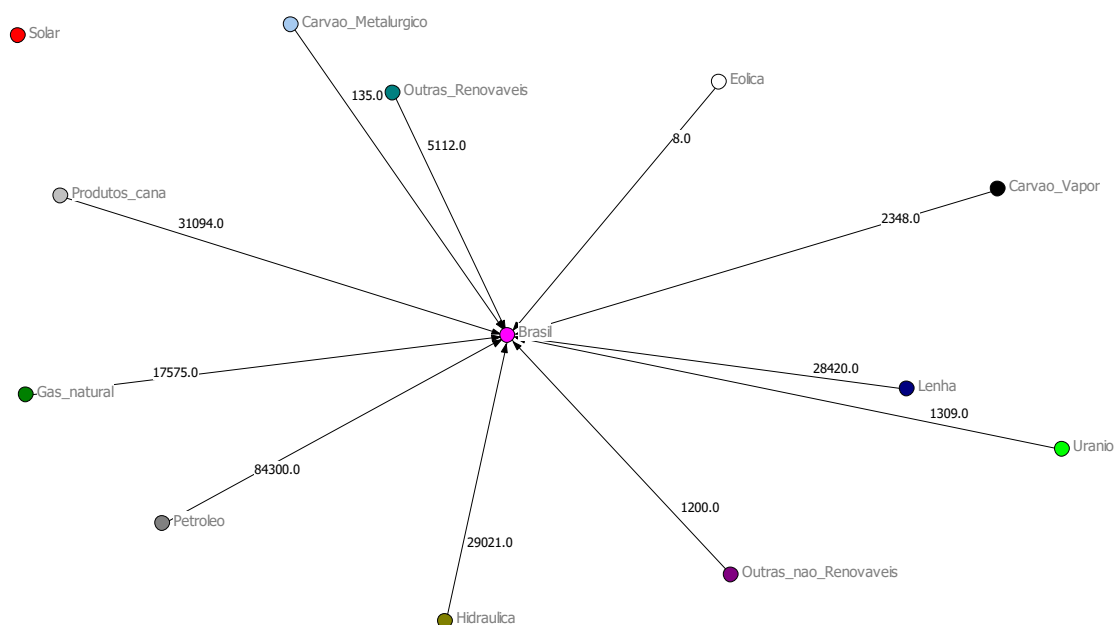
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 52 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2004.



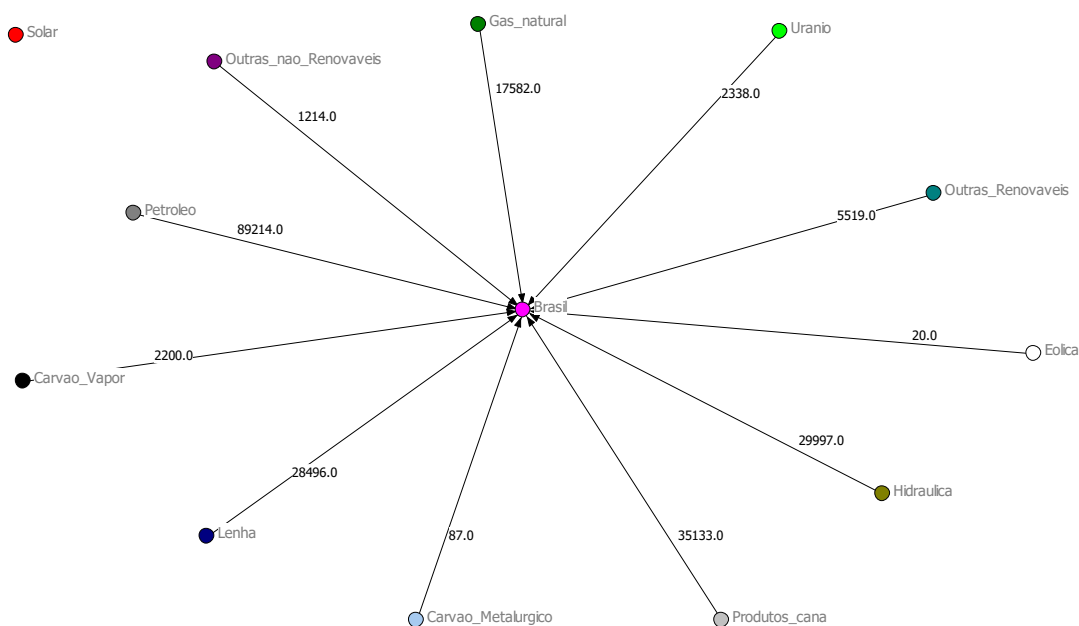
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 53 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2005.



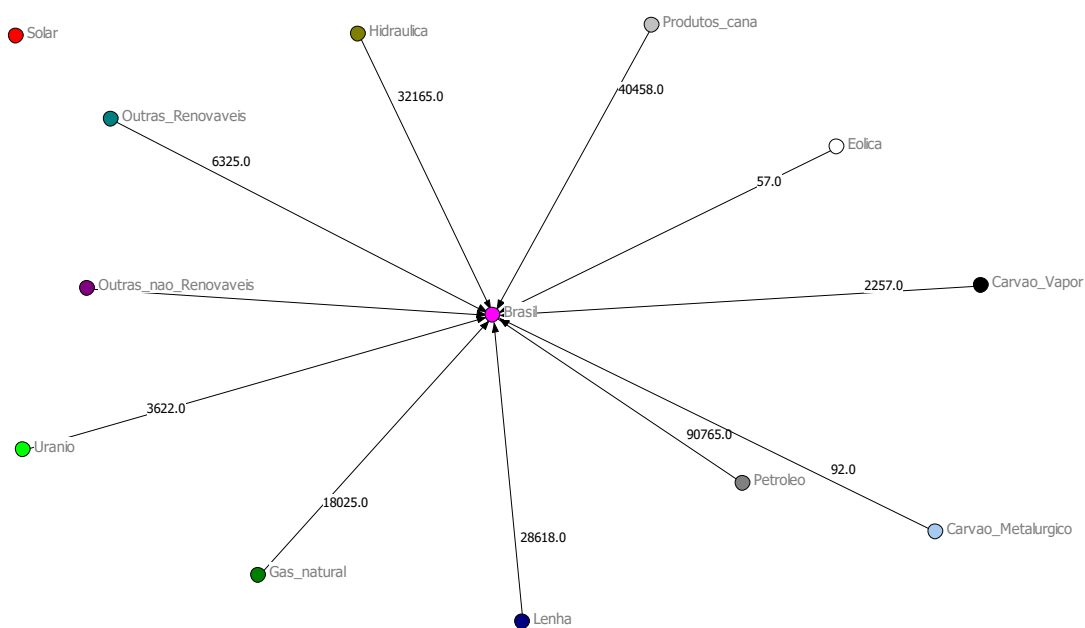
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 54 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2006.



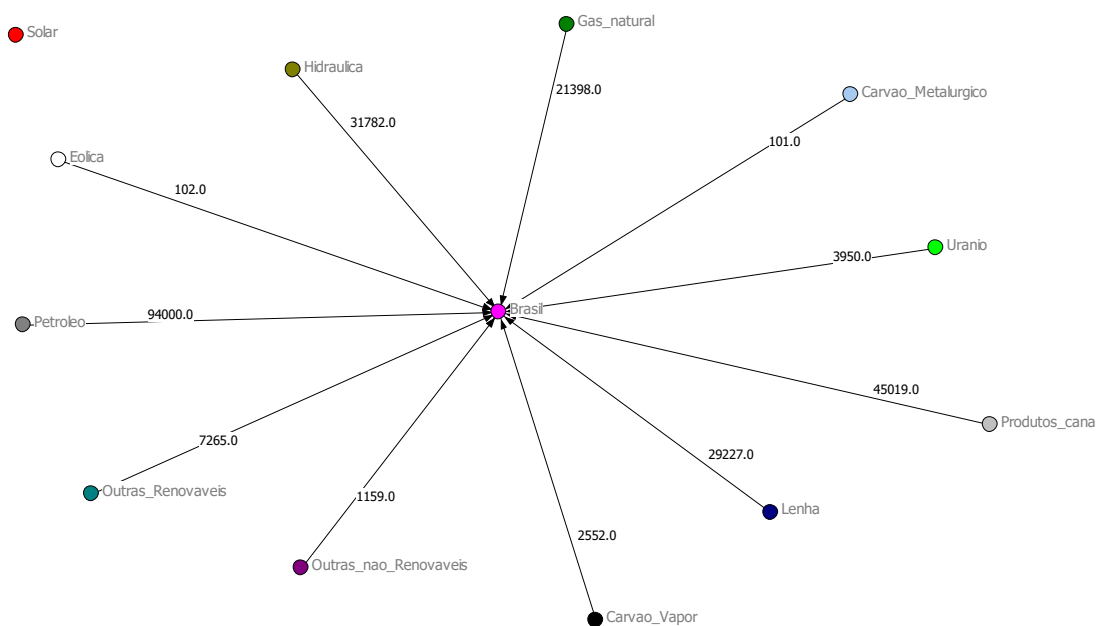
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 55 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2007.



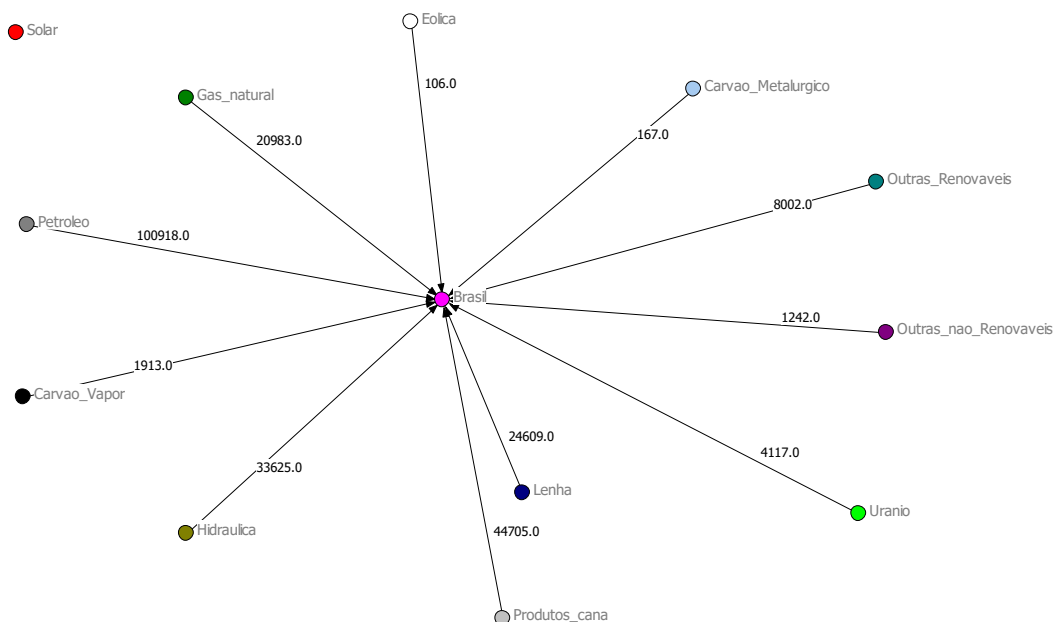
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 56 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2008.



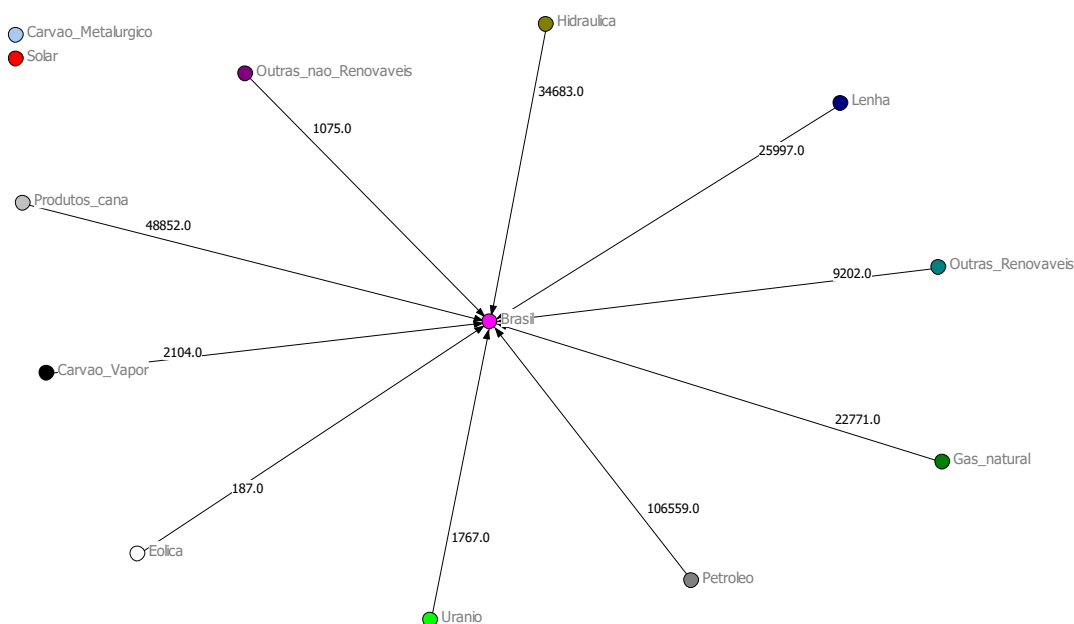
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 57 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2009.



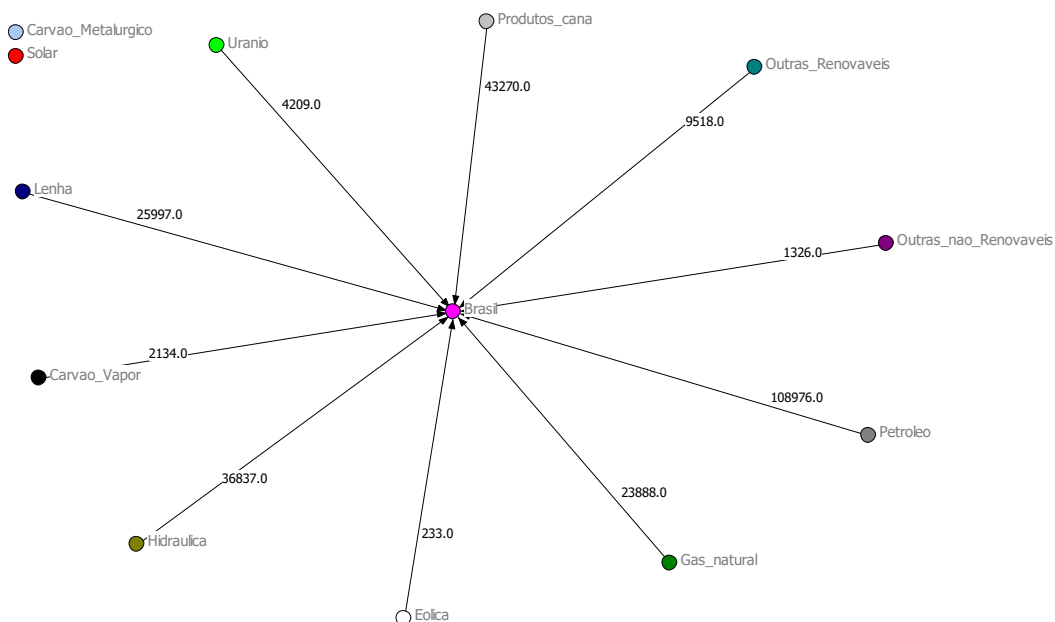
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 58 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2010.



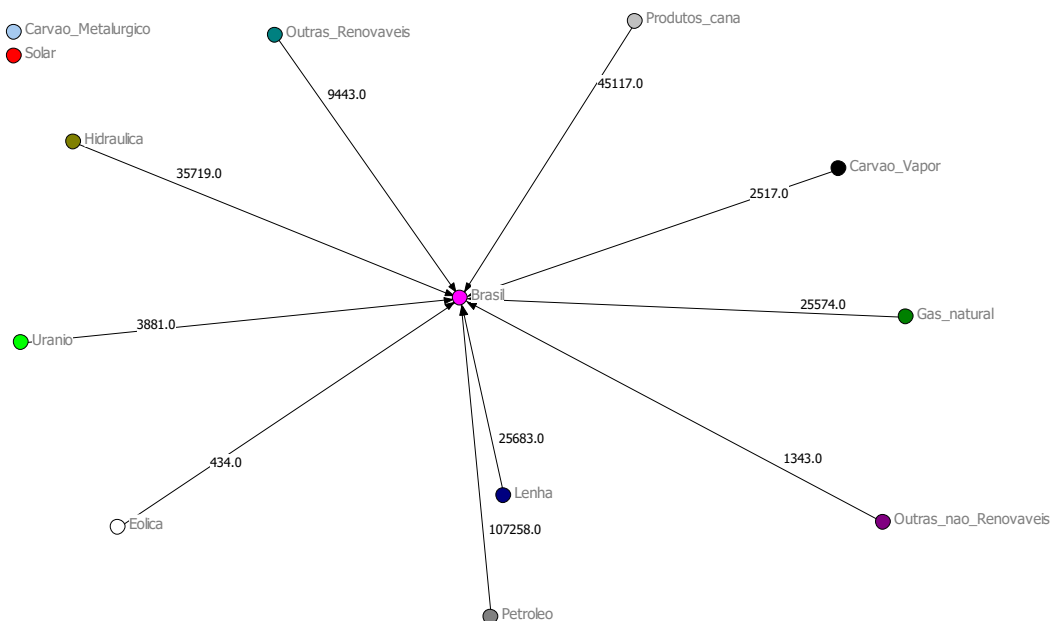
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 59 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2011.



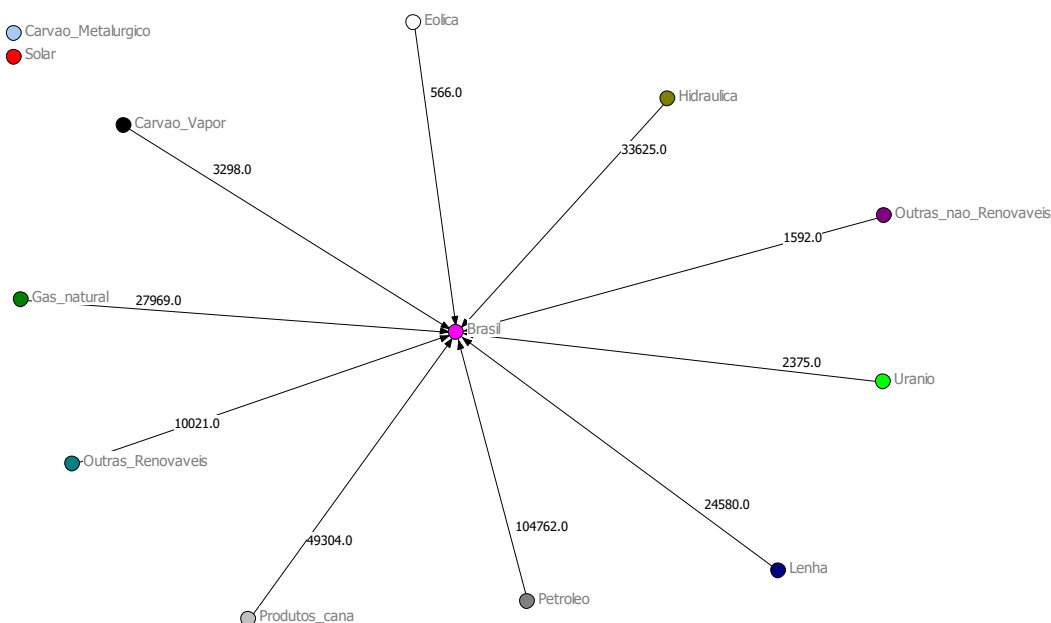
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 60 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2012.



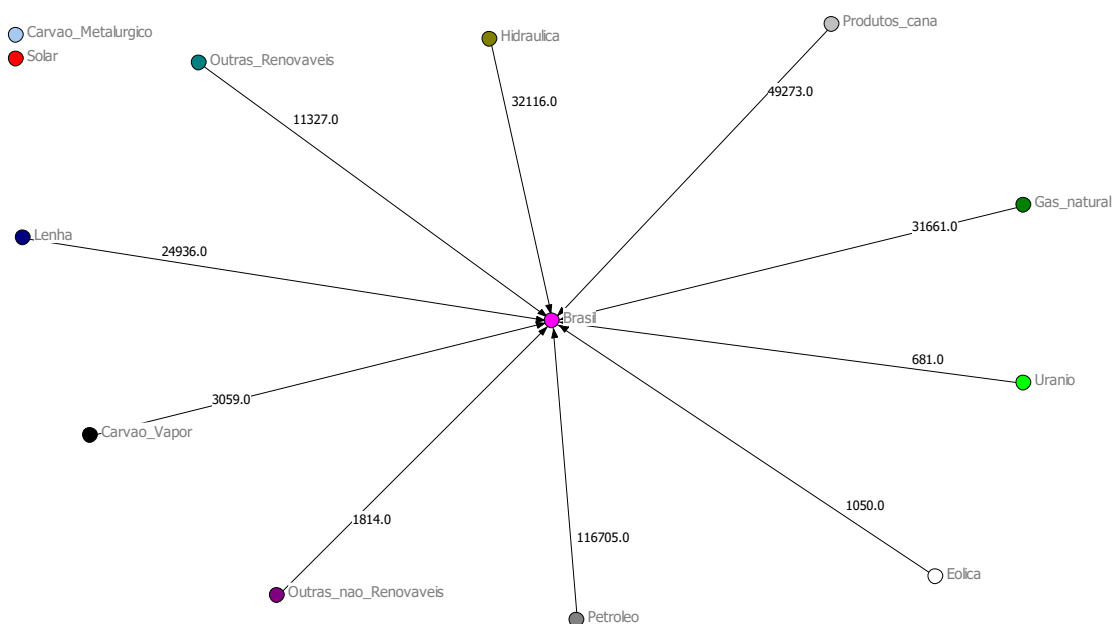
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 61 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2013.



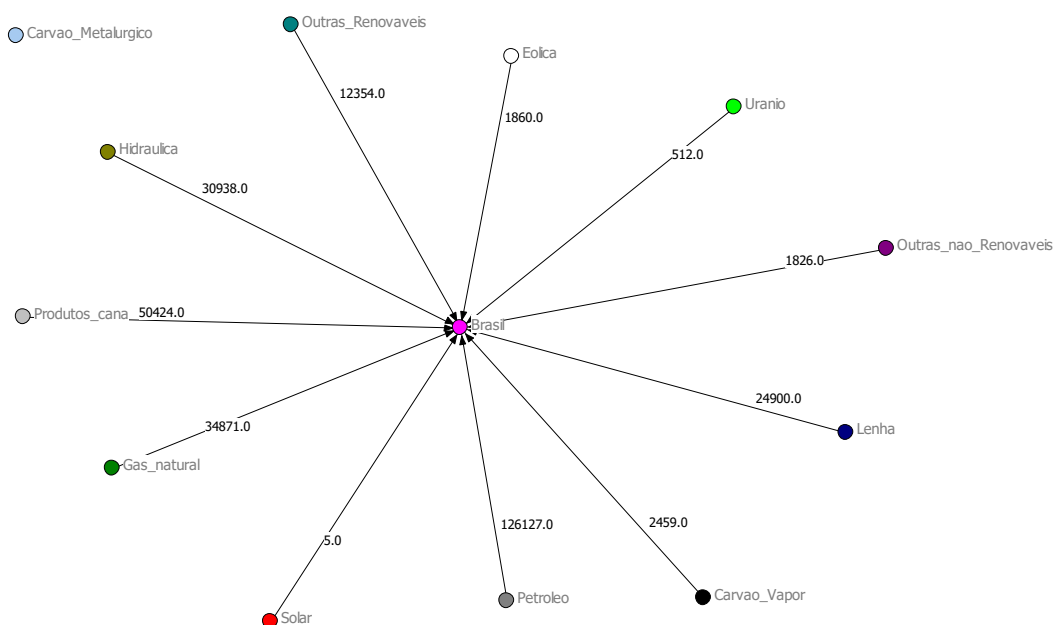
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 62 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2014.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 63 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2015.



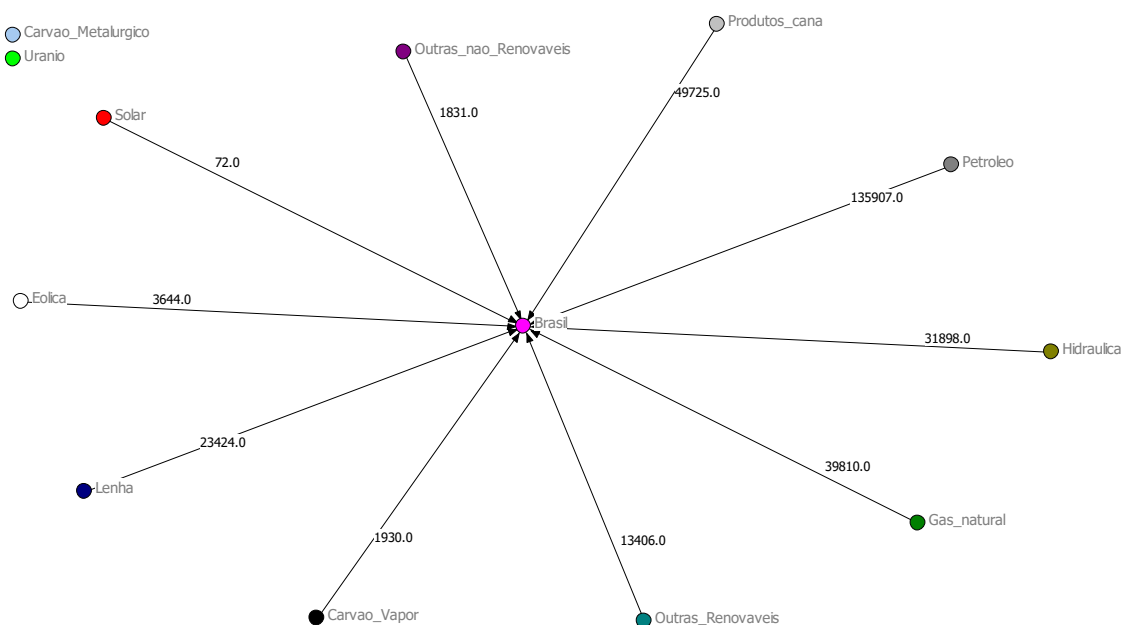
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 64 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2016.



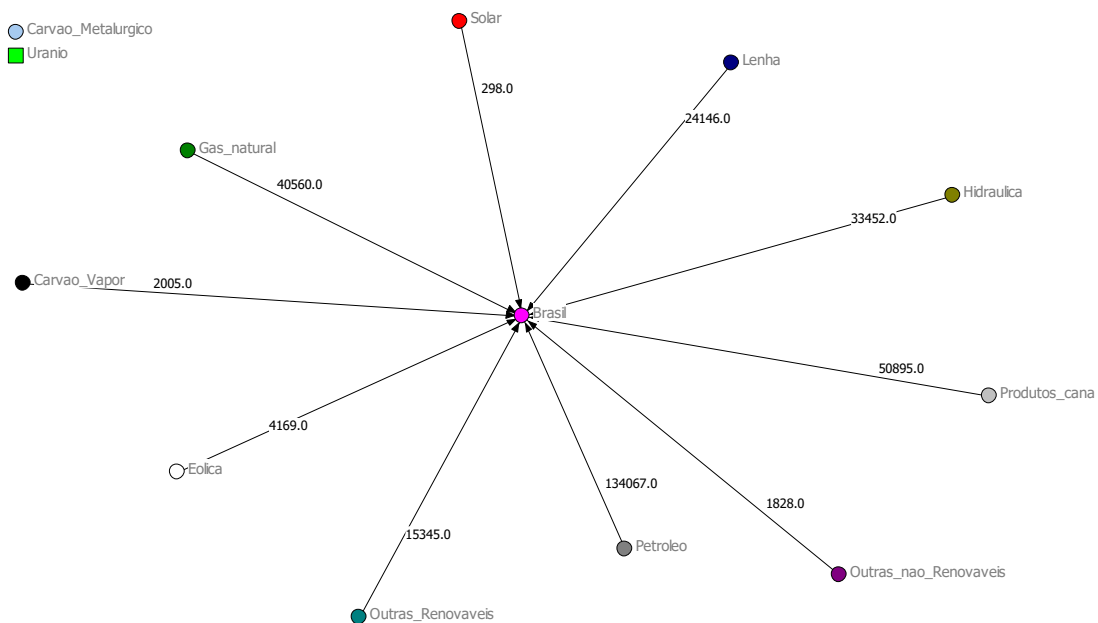
Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 65 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2017.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).

Figura 66 - Imagem do grafo obtido do arquivo de resposta obtido do processamento para o VNA para o ano de 2018.



Fonte: Elaborado pela autora por meio do *Software Ucinet* (2019).