



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria  
e Ciência de Redes

## ANÁLISE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA PLANTA HÍBRIDA EÓLICO/SOLAR/STORAGE/TRANSMISSÃO SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DE REDES COMPLEXAS

**Renato Barros Gibson Simões<sup>1</sup>**; Hernane Borges de Barros Pereira<sup>2</sup>; Carlos Alberto de Arruda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Industrial Elétrica, Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Centro Universitário SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes, 1845, Salvador BA 41650-010, Brasil - renato.simoes@aln.senaicimatec.edu.br;

<sup>2</sup> Doutorado em Engenharia Multimídia, Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Centro Universitário SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes, 1845, Salvador BA 41650-010, Brasil - hernane@fieb.org.br;

<sup>3</sup> Especialista em Gestão Empresarial e Logística. Centro Universitário SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes, 1845, Salvador BA 41650-010, Brasil – carlos.arruda@fieb.org.br.

### RESUMO

O crescimento da geração pelas fontes eólica e solar na composição da matriz energética brasileira tem originado vários desafios para mitigar limitações relativas à intermitência dessas fontes, permitindo maior disponibilidade e confiabilidade do sistema elétrico. Uma solução atualmente adotada é a utilização de sistemas de armazenamento (storage) por baterias em conjunto com plantas eólicas e/ou solares. Por isso, estudos que permitam analisar o comportamento e robustez da cadeia de suprimentos para uma planta híbrida eólica/solar/storage/transmissão são importantes subsídios usados para garantir os materiais e serviços necessários para manter e operar esta planta. O objetivo deste trabalho foi analisar as propriedades da cadeia de suprimentos de uma planta híbrida usando Redes de 2-modos, a partir de um banco de dados de fornecedores com atuação em território brasileiro. Foram obtidos os valores de grau médio, densidade e aglomeração das redes de fornecedores em relação às suas áreas de atuação e segmentos de produção. Estes valores encontram-se na ordem de grandeza de outras redes de cadeias de suprimento reais, com poucos fornecedores de grau elevado e a maioria com grau unitário, e permitem a obtenção de classificações de fornecedores relativas às suas importâncias na cadeia.

**PALAVRAS-CHAVE:** cadeia de suprimentos; redes complexas; ciência de redes; planta híbrida.

<http://doi.org/10.55664/simbraredes2024.005>

### 1 INTRODUÇÃO

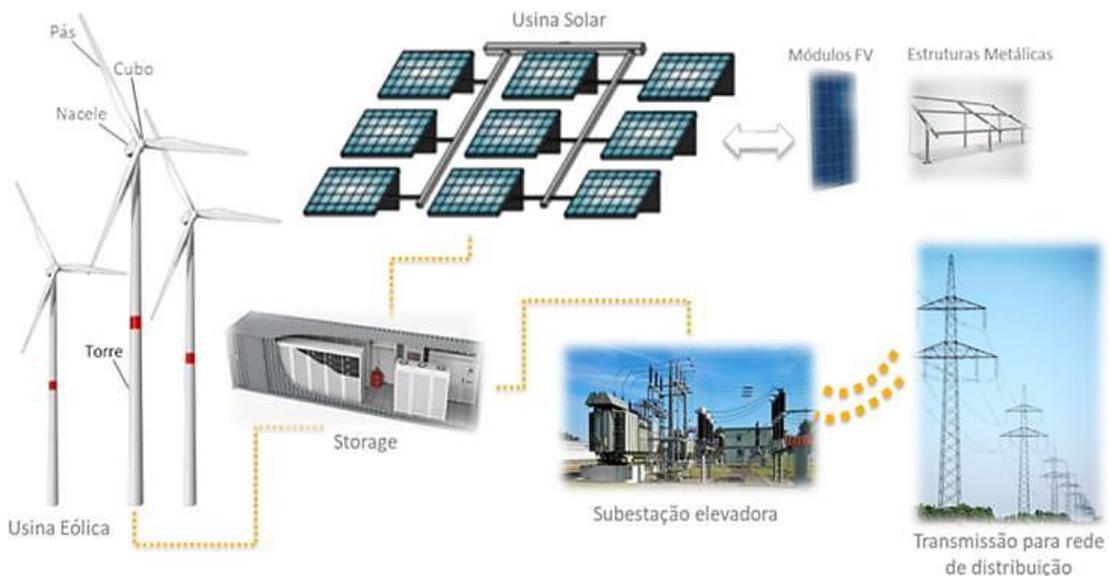
A utilização das fontes eólica e solar para a geração de energia elétrica apresentou significativo crescimento nas matrizes energéticas do Brasil e do mundo nos últimos anos.<sup>1</sup> Apesar disso, fontes energéticas não renováveis como petróleo e carvão ainda são predominantes na matriz energética e continuam a contribuir de forma decisiva na emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases responsáveis pelo agravamento do efeito estufa e o aquecimento global.<sup>1</sup> Há diversos compromissos firmados pelos países da Organização das Nações Unidas visando mudar a composição da matriz energética, visando a transição energética das fontes não renováveis para as renováveis.<sup>2</sup>

O Brasil possui grande potencial de geração pelas fontes eólica e solar, em especial na região Nordeste.<sup>3</sup> No entanto, estas fontes possuem limitações em relação ao seu aproveitamento. Na fonte eólica, a geração depende essencialmente da existência de vento em determinadas condições de velocidade, situação esta de difícil previsibilidade.<sup>4</sup> Em relação a fonte solar, a geração já é naturalmente limitada pela duração do dia e, além disso, depende da nebulosidade e outros fatores climáticos. Por isso, as fontes de energia eólica e solar são consideradas intermitentes, cuja disponibilidade e confiabilidade são relativamente baixas em relação a outras fontes, tais como a hídrica e térmica.<sup>5</sup> Visando mitigar esta intermitência, estão sendo desenvolvidas plantas híbridas que contém, na mesma instalação, as fontes eólica e solar com armazenamento (storage) de energia pela utilização acumuladores (baterias). As baterias acumulam energia quando as plantas solar e/ou eólica estão em operação e assume total ou parcialmente a demanda energia por ocasião de intermitência de uma destas fontes ou por necessidade de manutenção.<sup>6</sup>



A cadeia produtiva da indústria de geração de energia elétrica é subdividida nas suas cadeias de bens e de serviços. Na figura 1, apresentamos os principais bens utilizados na geração de energia elétrica através das fontes eólica, solar e com armazenamento de energia em baterias: os aerogeradores; os sistemas solares fotovoltaicos; os BESS - Battery Energy Store System; e os itens de infraestrutura, tais como as fundações e os equipamentos necessários para conexão ao sistema elétrico de potência (transformadores, subestação, cabos, inversores e redes de transmissão).<sup>7</sup>

**Figura 1.** Principais bens que integram um parque híbrido de geração elétrica das fontes eólica, solar e armazenamento. Adaptado de Arruda e Donato (2022).<sup>7</sup>



Neste contexto, a análise da cadeia de suprimentos para uma planta híbrida eólica/solar/storage/transmissão é importante para verificarmos se a mesma é eficiente para o atendimento das suas demandas operacionais e de manutenção durante sua vida útil. A cadeia produtiva das energias eólica e solar e dos sistemas de armazenamento de energia está atualmente na fase de desenvolvimento, com alguns dos principais fabricantes de classe mundial se instalando no Brasil. Isso se dá, especialmente, pelo grande potencial de geração em energia elétrica, devido à disponibilidade e características dos recursos naturais, bem como posição geográfica de destaque. No entanto, há alguns desafios a serem superados, cuja abordagem ainda carece de desenvolvimento. Entre os desafios nacionais estão o câmbio desfavorável, que afeta diretamente na entrada de novos investimentos, e a falta de infraestrutura.<sup>8</sup>

Segundo Hernshaw, as cadeias de suprimentos representam sistemas complexos e adaptativos cuja eficiência e robustez pode ser mensurada através das propriedades das redes complexas.<sup>9</sup>

Para Choi e Hong, se quisermos realmente praticar o gerenciamento de redes de suprimentos, precisamos entender a estrutura das redes de suprimentos e ser capazes de construir teorias de redes de suprimentos.<sup>10</sup>

Este trabalho tem por objetivo analisar a cadeia de suprimentos de uma planta híbrida eólica/solar/storage sob a perspectiva da Teoria de Redes Complexas. Foram estabelecidas redes de 2-modos a partir do banco de dados disponibilizado. Com isso, determinamos suas principais características e propriedades e analisamos comparativamente estas redes com as de outras cadeias produtivas.

## 2 METODOLOGIA

A base de dados utilizada neste trabalho compreende a lista de fornecedores entrevistados qualitativamente e obtidos através de pesquisas de levantamento exploratório das cadeias de suprimentos de energia eólica, solar, storage e transmissão de energia elétrica constantes no relatório do projeto PD-0048-0217/2020 (subprojeto P8), pertencentes às seguintes instituições: Associação Brasileira de Energia Solar



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria  
e Ciência de Redes

Fotovoltaica (ABSOLAR); Associação Brasileira de Energia Solar (ABENS); Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI); Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA); Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE); Associação Brasileira de geração distribuída (ABGD); Associação Brasileira de Cogeração de Energia; Associação Brasileira de Energias Alternativas e Meio Ambiente (Abeam); Clean Energy Latin America (CELA).<sup>7</sup>

Este trabalho contemplou apenas os fornecedores de 1º e 2º níveis da cadeia da geração de energia de fonte eólica, fotovoltaica e armazenagem de energia:<sup>11</sup>

- Geração eólica: 1º nível da cadeia: parque eólico; 2º nível da cadeia: pás, cubos, nacelles, torres e fundações;

- Geração fotovoltaica: 1º nível da cadeia: parque fotovoltaico; 2º nível da cadeia: módulos fotovoltaicos; estruturas metálicas; inversores;

- Armazenagem de energia: 1º nível da cadeia: sistema de armazenagem; 2º nível da cadeia: containers; baterias; cabeamentos e conetores; inversores; controladores de carga e descarga;

- Transmissão de energia elétrica: 1º nível da cadeia: subestação elevadora; 2º nível da cadeia: transformadores; torres de transmissão; painéis e cubículos; cabos para transmissão e distribuição; chaves seccionadoras; postes;

- Serviços associados: 1º nível da cadeia: construção e montagem; 2º nível da cadeia: içamento de cargas; transporte.

Foi criado um arquivo tipo CSV (comma-separated values), com a seguinte composição de colunas:

- Nome (Id) do fornecedor;
- Atuação em 1º nível da cadeia (eólica, solar, storage e transmissão);
- Segmento de 2º nível da cadeia.

A geração das redes complexas a partir destes dados ocorreu no *software* criar.NET<sup>12</sup>, que cria redes no formato Pajek.<sup>13</sup>

Para o nosso objeto de estudo, análise de redes complexas de 2-modos, os fornecedores foram considerados os atores e assim foi definida a primeira coluna da aba de saída do criar.NET. Na segunda coluna, os ramos de atuação de 1º nível e os segmentos de 2º nível da cadeia foram definidos como eventos da rede de 2-modos. Foram criados dois arquivos:

- 1 – Fornecedores - Atuação de 1º nível;
- 2 – Fornecedores - Segmentos de 2º nível.

Os arquivos criados foram processados no *software* Gephi<sup>14</sup>, para estruturação e visualização das redes complexas, através de várias ferramentas gráficas e estatísticas para a análise das mesmas.<sup>15</sup>

As redes complexas de 2-modos também são denominadas redes de afiliação, de sócios ou hiper-redes.<sup>16</sup> Possuem a peculiaridade de seus vértices possuírem 2 modos:

- Conjunto de Atores (modo 1):  $N = \{n_1, n_2, \dots, n_g\}$
- Conjunto de Eventos (modo 2):  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_h\}$
- $G = \{V, E\}$
- $V = \{N, M\}$
- $G = \{\{N, M\}, E\}$

onde N é o conjunto de vértices do modo 1, M é o conjunto de vértices do modo 2, G é o grafo da rede complexa composto por V vértices e E arestas. Na rede de 2 modos o conjunto V é composto pelos conjuntos N e M. Um ator  $n$  ( $n \in N$ ) é afiliado a  $m$  ( $m \in M$ ), se  $n$  é membro de  $m$ .

Aplicações das redes de 2-modos em pesquisa: clubes sociais em uma comunidade, câmaras de diretores de grandes corporações, negócios e tratados internacionais, políticos e seus doadores/financiadores, etc.

São propriedades das redes de 2-modos<sup>16,17</sup>:

- Grau médio:
  - Modo 1:  $\langle k_n \rangle = \frac{m}{nN}$
  - Modo 2:  $\langle k_m \rangle = \frac{m}{mM}$
- Densidade de uma rede bipartida:
$$\Delta(G_{2m}) = \frac{m}{nN \cdot nM}$$
- Aglomeração em redes bipartidas (não existem triângulos):
$$cc \cdot (i, j) = \frac{|\Gamma(i) \cap \Gamma(j)|}{|\Gamma(i) \cup \Gamma(j)|}$$

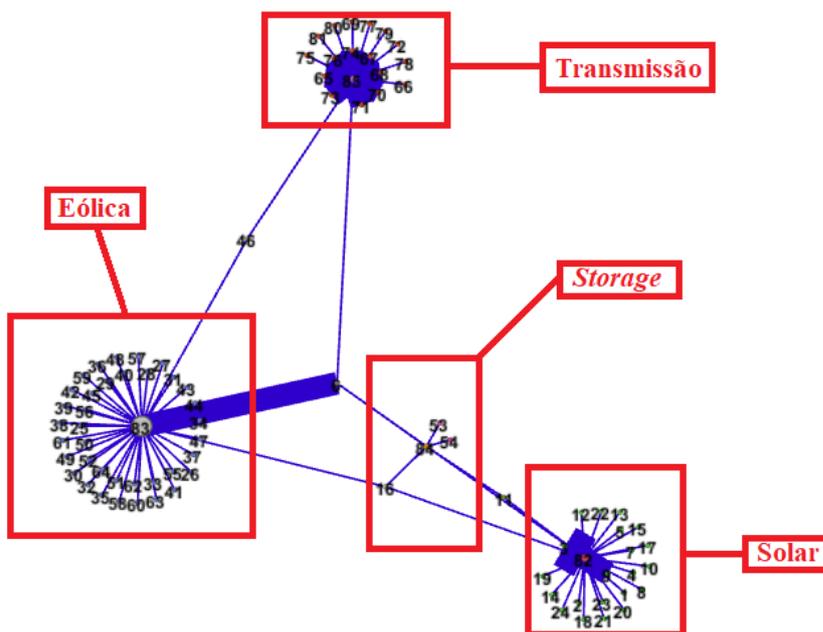
A aglomeração captura a sobreposição entre vizinhanças de nós: se  $i$  e  $j$  não têm vizinhos em comum, então  $cc \cdot (i, j) = 0$ . Se eles têm a mesma vizinhança, então  $cc \cdot (i, j) = 1$ .<sup>17</sup>



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos a rede de 2-modos fornecedores-atuação de 1º nível na figura 2, onde os nomes dos fornecedores foram substituídos pelos números dos nós. Esta rede, de forma geral, possui baixa densidade entre arestas, com um único fornecedor atuante nos quatro ramos da cadeia de suprimentos da planta híbrida. Este fornecedor é de origem brasileira. Um fornecedor de origem estadunidense atua em três ramos da cadeia, e dois fornecedores atuam em dois ramos, sendo um de origem chinesa e outro de origem brasileira.

**Figura 2.** Rede 2-modos fornecedores-atuação de 1º nível. Fonte: Elaboração própria.



Das estatísticas obtidas nesta rede, destacamos:

- Um fornecedor possui grau de vértice 4, ou seja, atua nos segmentos solar, eólico, storage e transmissão;
- Um fornecedor possui grau de vértice 3, atuando nos segmentos solar, eólico e storage;
- Dois fornecedores possuem grau de vértice 2, sendo que um deles atua nos segmentos solar e storage (origem chinesa) e o outro atua nos segmentos eólico e de transmissão (origem brasileira);
- Setenta e sete fornecedores (95,06% do total) possuem grau de vértice 1.

Sobre as propriedades gerais desta rede de 2-modos:

- Grau médio da rede: 2,071;
- Densidade da rede 2-modos: 0,025;
- Aglomeração da rede bipartida: 0,0636.

Na figura 3, apresentamos o gráfico de distribuição de graus dos vértices da rede 2-modos fornecedores-atuação de 1º nível.





SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria e Ciência de Redes

Destacamos as seguintes análises estatísticas da rede 2-modos:

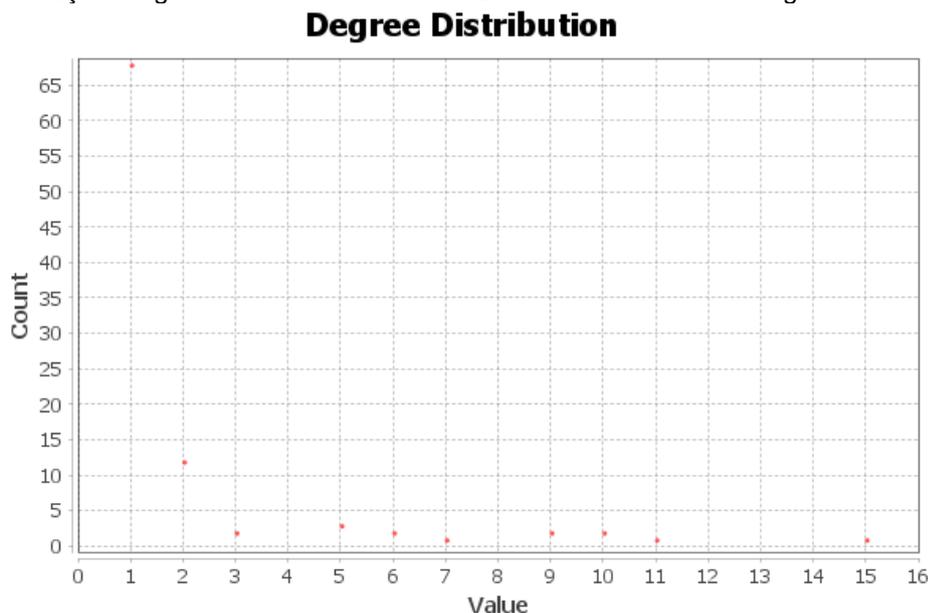
- Um fornecedor (letra A da figura 4), de origem brasileira, possui grau de vértice 5, ou seja, atua na produção de sistemas de armazenamento, inversores, aerogeradores, carenagem da nacela e cubo, projeto e construção de subestação. Este fornecedor é o mesmo que atua em todos os segmentos (solar, eólico, storage e transmissão);
- Um fornecedor possui grau de vértice 3 (letra B), atuando na produção de sistemas de armazenamento, inversores e aerogeradores, dos segmentos storage, solar e eólico respectivamente;
- Onze fornecedores possuem grau de vértice 2 (13,58% do total);
- Sessenta e oito fornecedores (83,95% do total) possuem grau de vértice 1;
- Os fornecedores de transporte e logística (letra C), pás (letra D) e carcaça do cubo de aerogeradores (letra E) atuam exclusivamente nestes ramos de produção/serviços;
- Dos fornecedores de torres eólicas (letra F), cabeamento de subestações (letra G), estruturas metálicas (letra H) e módulos fotovoltaicos ou sistemas de armazenamento (letra I) somente 1 fornecedor de cada segmento atua na manufatura de outro produto.

Sobre as propriedades gerais desta rede de 2-modos:

- Grau médio da rede: 2,085;
- Densidade da rede 2-modos: 0,022;
- Aglomeração da rede bipartida: 0,00532.

Na figura 5, apresentamos o gráfico de distribuição de graus dos vértices da rede 2-modos fornecedores-segmento de 2º nível.

**Figura 5.** Gráfico distribuição de graus dos vértices da rede 2-modos fornecedores-segmento.



Fonte: Elaboração própria.

Esta distribuição de graus também possui similaridade à distribuição da lei de potência. Os pontos com graus 6, 7, 9, 10, 11 e 15 correspondem às quantidades de fornecedores de cada segmento (aerogeradores, cabeamento, projeto e construção de linhas de transmissão, projeto e construção de subestação, inversores, e torres, respectivamente).

Ambas as redes possuem a seguinte característica em comum: são redes livres de escala, pelos seus pequenos valores dos graus dos nós, indicando alta capacidade de sobrevivência ou robustez sob ataques aleatórios, já que ainda podem manter sua conectividade e funcionalidade nesta condição. Porém, estas redes podem apresentar fragilidades e grandes fragmentações sob ataques direcionados aos principais fornecedores (hubs), indicando necessidade de adoção de políticas especiais de gerenciamento de suprimentos. As redes da cadeia de suprimentos da planta híbrida se comportam de forma semelhante a outras cadeias de suprimentos, tais como a automotiva e a de smartphones.<sup>18,19</sup>



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da coleta de dados obtidos através de entrevistas e pesquisa de levantamento exploratório com fornecedores com atuação no mercado brasileiro pertencentes à cadeia de suprimentos de uma planta híbrida de geração de energia elétrica eólico/solar/storage foram elaboradas num programa de computador as redes complexas de 2 modos dos fornecedores-área de atuação e fornecedores-segmento. Noutro programa de computador, estas redes foram reproduzidas de forma gráfica e obtidas estatísticas para fins de análise das principais características da teoria das redes. Ambas as redes apresentaram distribuição de graus com características da lei de potência, indicando poucos fornecedores com elevado grau de conexões e a maioria dos fornecedores com grau unitário de conexão. Estas constatações são relevantes para se obter a classificações, caracterizações e/ou rankings de fornecedores quanto a sua importância estratégica na cadeia e auxiliar nas tomadas de decisões corporativas quanto à gestão, medidas de proteção e controle do risco nas aquisições de produtos, serviços, reserva técnica e sobressalentes de equipamentos visando garantir a disponibilidade e confiabilidade na operação e manutenção da planta híbrida.

## Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do setor elétrico brasileiro regulamentado pela ANEEL e Eletrobras CHESF, através do projeto “PD-00048-0217/2020: Sistema inteligente com aerogerador integrado às fontes de energia solar e armazenamento como plataforma de desenvolvimento através de melhorias contínuas no processo de geração de energia elétrica”. Também agradecemos a todos os membros do subprojeto P08 deste, em especial ao pesquisador e consultor em logística Vitório Donato pelas valiosas contribuições.

## 5 REFERÊNCIAS

- 1 EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balço Energético Nacional (BEN) – Relatório Síntese 2024 – Ano Base 2023**. Brasília, DF, 2024. 71 p. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2024\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf). Acesso em: 17 ago. 2024.
- 2 EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Mudanças climáticas e Transição energética**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/clima-e-energia>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- 3 EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2030>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- 4 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **Fontes Eólica e Solar: oportunidades e desafios**. Brasília, DF, 2019. 34 p. Disponível em: [https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/INPE\\_ENIO\\_PDF.pdf](https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/INPE_ENIO_PDF.pdf). Acesso em: 17 ago. 2024.
- 5 ERBER, P. Fontes intermitentes para geração de energia. **Valor Econômico**. Rio de Janeiro, abr. 2017. Seção Opinião. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniao/coluna/desafios-da-geracao-de-energia-intermitente.ghtml>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- 6 MANFREDI, N.J.O.P. **Modelo para suporte à otimização da viabilidade técnica-financeira na hibridização de plantas de geração solar e eólica com armazenamento de energia**. 2021. Dissertação de mestrado (Engenharia Elétrica e Telecomunicações) Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021. Disponível em: <http://www.ppgeet.uff.br/site/wp-content/uploads/2021/09/Nicolas-Manfredi.pdf>. Acesso em 17 ago. 2024.
- 7 ARRUDA, C. A.; DONATO, V. **P08R02 - Relatório 02 SUBPROJETO P8.doc: Mapeamento da Cadeia de Suprimentos para Sistema Híbrido Eólico/Solar/Storage**. Salvador, 2022. Microsoft Word Document.
- 8 WWF-Brasil (Brasil). **Desafios e oportunidades para a energia eólica no Brasil: recomendações para políticas públicas**. Brasília, DF, 2015. 36 p. Disponível em: [https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/15\\_6\\_2015\\_wwf\\_energ\\_eolica\\_final\\_web.pdf](https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/15_6_2015_wwf_energ_eolica_final_web.pdf). Acesso em: 17 ago. 2024.
- 9 HERNSHAW, E.J.S.; WILSON, M.M.J. “A complex network approach to supply chain network theory”. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 33, n. 4, pp. 442-69, Mar. 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/263268796\\_A\\_complex\\_network\\_approach\\_to\\_supply\\_chain\\_network\\_theory](https://www.researchgate.net/publication/263268796_A_complex_network_approach_to_supply_chain_network_theory). Acesso em: 17 ago. 2024.



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria  
e Ciência de Redes

- <sup>10</sup> CHOI, T.Y.; HONG, Y. "Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura, and Daimler Chrysler". **Journal of Operations Management**, v. 15, n. 11, pp. 469-94, Set. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272696302000256>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- <sup>11</sup> LAMBERT, Douglas M.; COOPER, Martha C. "Issues in supply chain management". **Industrial marketing management**, v. 29, n. 1, p. 65-83, Jan. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019850199001133>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- <sup>12</sup> BORGES, M. V.; MONTEIRO, R. L. S.; PEREIRA, H. B. B. **criar.Net: Software para criar redes no formato Pajek**. Versão 2.0, Salvador, 2020. Disponível em: <http://www.mxminformatica.com.br/>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- <sup>13</sup> BATAGELJ, V.; MRVAR, A.: **Pajek - Program for Large Network Analysis**. Versão 5.19, Liubliana, 2024 Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>. Acesso em 17/08/2024.
- <sup>14</sup> BASTIAN M., HEYMANN S., JACOMY M. **Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks**. Versão 0.9.3, França, 2022. Disponível em: <https://gephi.org/publications/gephi-bastian-feb09.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- <sup>15</sup> SILVA, E. **Gephi: Guia Básico de Interface**. Goiânia, 31 mai. 2022. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/771/o/Gephi-Guia\\_B%C3%A1sico\\_de\\_Interface.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/771/o/Gephi-Guia_B%C3%A1sico_de_Interface.pdf). Acesso em: 17 ago. 2024.
- <sup>16</sup> PEREIRA, H.B.B. **Aula 10 - Redes de 2-modos v2011.pdf**: Teoria de Redes: Redes de 2-modos. Salvador, 2022. Portable Document Format.
- <sup>17</sup> LATAPY, M.; MAGNIEN, C.; DEL VECCHIO, N. Basic notions for the analysis of large two-mode networks. **Social Networks**, n. 11, pp. 31-38, 2008 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378873307000494>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- <sup>18</sup> LIAO, H; SHEN, J.; WU, X-T.; CHEN, B-K; ZHOU, M. Empirical topological investigation of practical supply chains based on complex networks. **Chinese Physics B**, v. 26, n. 11, pp. 110505-1-110505-7, Set. 2017. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-1056/26/11/110505>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- <sup>19</sup> YANG, D.; TANG, M.; NI, Y. Robustness of automotive supply chain networks based on complex network analysis. **Electronic Commerce Research**. Fev. 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10660-024-09814-9>. Acesso em: 17 ago. 2024.