

Clusterização para geração de valor em projetos de biogás na cidade de Ponta Grossa

Clustering for value generation in biogas projects in the city of Ponta Grossa

RESUMO

Pâmela Brocardo da Cruz

pamela.b.c@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Karoline Aquino Santos

karoline.1998@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Julia Eunice Fernandes

juliaeunicef98@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Rômulo Henrique Gomes de Jesus,

romulohenriquegomes@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Cassiano Moro Piekarski

piekarski@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Antonio Carlos de Francisco

acfrancisco@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



Tendo em vista o aumento da competitividade no agronegócio e seus altos impactos no meio ambiente, o mercado de bioenergia tem sido visto como uma oportunidade para aumentar a agregação de valor dos produtos, ao mesmo tempo em que se reduz custos e impactos ambientais, propiciando também a melhoria da qualidade de vida das pessoas e posteridade. Este artigo buscou analisar, a partir da ferramenta BiogasCluster, os agrupamentos ideais para parcerias estratégicas entre agroindústrias de Ponta Grossa, a fim de implementar processos de geração de biogás aproveitando-se de seus rejeitos. Ao observar o cenário ideal encontrado, no qual se tem conjuntos uniformes e com potencial de geração de biogás maximizado, observa-se a formação de 2 *clusters*, com certa variabilidade de abrangência e potencial de produção de biogás. No entanto, mesmo com tal diferença, ainda pode ser uma importante vantagem competitiva para as agroindústrias da cidade, além de trazer diversas vantagens ligadas a sustentabilidade da região.

PALAVRAS-CHAVE: Análise por agrupamento. Energia da Biomassa. Agroindústrias.

ABSTRACT

In view of the increased competitiveness in agribusiness and its high impacts on the environment, the bioenergy market has been seen as an opportunity to increase the added value of products, while reducing costs and environmental impacts, providing also an improvement in people's quality of life and posterity. This article sought to analyze, using the BiogasCluster tool, the ideal clustering for strategic partnerships between Ponta Grossa's agroindustries, in order to implement biogas generation processes with their waste. When observing the ideal scenario found, in which there are uniform groups with maximized potential of biogas generation, the formation of 2 clusters is observed with a certain variability in its coverage and potential of biogas production. However, even with such a difference, it still can be an important competitive advantage for the city's agro-industries and also brings several advantages related to the region's sustainability.

KEYWORDS: Cluster analysis. Biomass Energy. Agroindustries.

INTRODUÇÃO

Em resposta ao potencial aumento da demanda energética, escassez de recursos não renováveis, necessidade de desenvolvimento tecnológico e de melhoria da qualidade de vida das pessoas, têm sugerido avanços em opções sustentáveis e modernas de produção e consumo. Inovações, novos modelos de negócios e inclusões tecnológicas podem apoiar e alavancar o desenvolvimento sustentável e a prosperidade mundial.

A fim de entender como a relevância do mercado de bioenergia tende a aumentar, pode-se observar a meta estabelecida pela União Europeia de 2018, que se comprometeu em transformar sua matriz energética para utilizar pelo menos 32% de energia renovável até 2030 (CIUCCI, 2020). Ao analisar a matriz energética mundial em 2018, percebe-se que apenas 14,3% (MME, 2019) de suas fontes são renováveis; enquanto a oferta energética renovável do Brasil é de cerca 45,3% (MME, 2019), portanto bem superior ao resto dos países em geral.

Todavia, de acordo com o MME (2019) a porcentagem de energia renovável do Brasil é fortemente dependente de hidrelétricas (27,9%) e derivados da cana (38,4%), além de ainda ter forte dependência de combustíveis fósseis (mais de 50% da matriz energética). Sendo assim, a produção de biogás através de resíduos é uma grande oportunidade para o país se desenvolver economicamente, ao mesmo tempo em que se diminui a emissão de gases do efeito estufa.

Uma grande oportunidade para o setor de energia renovável no Brasil é através de resíduos agropecuários e do agronegócio. Estes além de proporcionarem uma grande quantidade de materiais que podem ser utilizados como fonte para a produção de bioenergia, acabam agregando valor aos seus subprodutos e resíduos, havendo muitas vezes também o benefício de se oferecer o descarte correto ambientalmente.

Ou seja, a aplicação das tecnologias para a geração de biogás e seus derivados de forma mais efetiva no país, pode gerar diversos ganhos econômicos e redução de potenciais impactos ambientais. Sendo importante ressaltar que ademais, estimula a melhoria da qualidade de vida, ganhos de energia e segurança, desenvolvimento de novos negócios, fomento ao associativismo e *clusters* de bioenergia, bem como a consolidação da cadeia de negócios envolvendo biogás e biometano no Brasil.

Tendo este cenário em vista, viu-se a oportunidade de utilizar a clusterização como ferramenta para localização e avaliação de oportunidades para negócios relacionados a geração de biogás, a partir de resíduos das agroindústrias da cidade de Ponta Grossa. A fim de apoiar a tomada de decisão serão explorados os agrupamentos, ou seja, as possíveis parcerias estratégicas para o cenário ideal obtido através da ferramenta BiogasCluster com a finalidade de identificar oportunidades de investimento em média e grande escala para a cidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Tendo em vista o objetivo proposto na seção anterior, foram desenvolvidos estudos teóricos sobre os temas: biogás, bioenergia, biodigestores e clusterização em agroindústrias. Para tal determinou-se que a realização da pesquisa

bibliográfica ocorreria tanto em base de dados internacionais quanto nacionais, com o objetivo de analisar todo o conteúdo que se tem explorado pela comunidade científica sobre esses temas.

Sendo posteriormente escolhidas as seguintes palavras-chave a serem utilizadas nas bases de dados: *biogas*; *sources of substrates and biogas waste* (ou fontes de substratos e resíduos de biogás); *uses of biogas* (ou usos para o biogás); *bioenergy* (ou bioenergia); *biodigesters* (ou biodigestores); *biodigesters in the biogas production process* (ou biodigestores no processo de produção do biogás); *clustering* (ou clusterização); *clustering in agroindustries* (ou clusterização em agroindústrias).

Depois de realizada a busca a partir das palavras-chave acima, foram selecionados os artigos com os títulos que melhor se encaixavam com o objetivo e o tema da pesquisa. Sendo o passo seguinte, o filtro de tais trabalhos a partir da análise de suas palavras-chave e resumo. Ao final, os trabalhos selecionados foram lidos integralmente e utilizados como base para o entendimento dos principais tópicos essenciais para a implementação dos processos de produção de biogás, suas aplicações e oportunidades de valorização através de *clusters*.

Posteriormente, foi desenvolvida uma base de dados a partir do levantamento das agroindústrias da região Sul do Brasil fornecido pelo ITAI. Para a construção de tal base de dados, foi necessário a utilização do software ArcGIS para extrair os dados geoespaciais (gerando a Figura 1), para posteriormente serem recortadas as informações sobre a cidade de Ponta Grossa e reformuladas como no modelo mostrado pela Tabela 1.

Tabela 1 – Modelo da base de dados criada

Unidade	Latitude	Longitude	Distância	Biogás	Consumo
##	##	##	##	##	##
##	##	##	##	##	##

Fonte: Autoria própria (2020).

A descrição dos dados que compõem a tabela segue abaixo:

- Unidade: Objeto desejado para formação de *cluster*;
- Latitude: Coordenada geográfica de latitude;
- Longitude: Coordenada geográfica de longitude;
- Distância: Menor distância euclidiana entre unidade centralizadora de biogás (pode representar um biodigestor, uma usina de beneficiamento de biogás, um hub de biomassa, uma central de tratamento de resíduos, entre outras possibilidades) e gasoduto em metros;
- Biogás: Potencial volume produção de biogás em m³/dia;
- Consumo: Potencial de consumo de bioenergia das unidades (sendo o preenchimento desta coluna opcional).

É importante ressaltar que o tratamento desses dados obtidos com o ITAI, foi necessário para possibilitar o uso do BiogasCluster como ferramenta, para identificar e localizar oportunidades de valorização de biogás em propriedades agroindustriais de Ponta Grossa. Devido a extensão final da base de dados, apenas

uma parte do que foi utilizado na ferramenta BiogasCluster é mostrada na próxima seção na Tabela 2.

A base de dados final foi inserida na ferramenta (em fase de teste) BiogaCluster, pois esta foi desenvolvida pelo Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (Lesp), para identificar agrupamentos ideais de unidades na agroindústria com potencial de criação de parceria estratégica para produção de biogás.

Após inserida a base de dados, foi selecionado que todas as unidades fossem utilizadas na análise; não sendo imposta nenhuma limitação de abrangência, ou seja, sem limitar a maior distância dentre as unidades de um *cluster* e sua respectiva unidade centralizadora de biogás; dando preferência para a unidade centralizadora ficar próxima ao gasoduto e aos maiores potenciais produtores de biogás. Após esse procedimento foram obtidas as informações mostradas nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

A análise dos resultados obtidos no software, a fim de identificar e localizar oportunidades de valorização de biogás em propriedade agroindustriais da cidade de ponta grossa são apresentados na próxima seção depois da Figura 5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Charrad et al. (2014), clusterização é a tarefa de dividir um conjunto de objetos em grupos (*clusters*), com a finalidade de agrupar os objetos que são mais semelhantes entre si. Para realizar essa análise há uma grande variedade de métodos disponíveis na literatura. A maioria dos algoritmos de agrupamento toma como entrada alguns parâmetros, como o número de *clusters*, a densidade de *clusters* ou, pelo menos, o número de pontos em um *cluster*.

Laasasenaho et al. (2019) afirma que o planejamento do local onde serão construídas usinas de bioenergia é uma tarefa árdua, devido a necessidade de conhecimentos precisos sobre a disponibilidade, produção e características químicas da biomassa. De acordo com Lloyd (2015), o atendimento de requisitos importantes para os stakeholders são essenciais para o desenvolvimento de projetos relacionados a bioenergia, sendo importante integrar as diferentes partes interessadas para identificar as condições de possíveis cenários para a geração de bioenergia.

A partir deste pensamento e ao analisar o potencial de geração de biogás, através da Tabela 2, das agroindústrias levantadas pelo ITAI sobre a cidade de Ponta Grossa, é possível entender a relevância da criação de *clusters* na região para possibilitar um potencial de produção de biogás maximizado, pois a quantidade de resíduos produzidos por unidades separadamente é relativamente baixa.

Tabela 2 – Parte da base de dados inserida na ferramenta BiogasCluster

Unidade	Latitude	Longitude	Distancia	Biogas	Consumo
1	-24,9902	-50,0585	8924,518	6168,5	
2	-24,9633	-50,2591	12256,78	714,5934	
3	-24,9499	-50,3674	22053,34	268,5415	
4	-24,9613	-50,3318	18301,88	175,2	

Unidade	Latitude	Longitude	Distancia	Biogas	Consumo
5	-24,983	-50,2568	10646,62	227,5775	
6	-24,983	-50,2568	10646,62	350,4	
7	-24,9852	-50,2582	10610,18	18,2062	
8	-24,986	-50,2616	10831,16	175,2	
9	-24,9871	-50,2596	10599,73	876	
10	-24,9877	-50,266	11101,91	350,4	

Fonte: Autoria própria (2020).

Já ao analisar a dispersão dessas agroindústrias (Figura 1) percebe-se como o transporte é um dos grandes dilemas sobre este tipo de projeto, visto que os recursos de biomassa são distribuídos de forma dispersa, sendo de extremo interesse minimizar as distâncias de transporte. Em vista desses fatores mencionados, é fundamental para este projeto encontrar o número ideal de *clusters* onde se tem agrupamentos uniformes em tamanho e com potencial de geração de biogás maximizado.

Figura 1 - Agroindústrias na cidade de Ponta Grossa



Fonte: Autoria própria (2020).

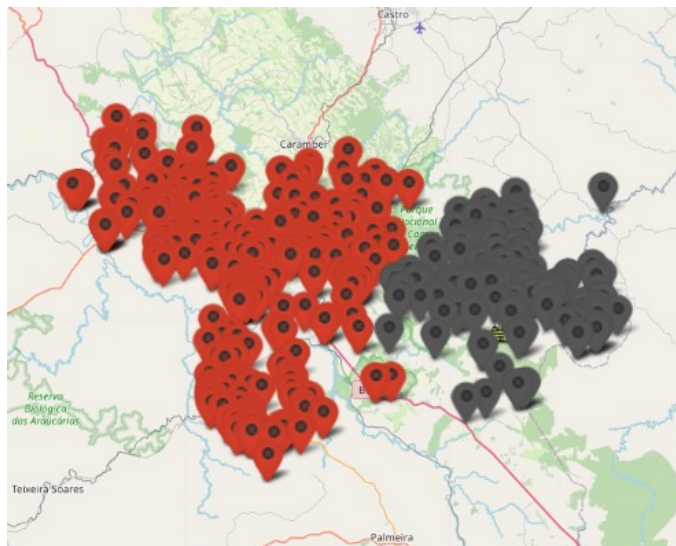
A fim de encontrar tal número mais adequado de *clusters* (ponto ideal) para a cidade e suas unidades integrantes, foi inserida a base de dados mostrada na Tabela 2 na ferramenta BiogasCluster, como especificado durante a seção material e métodos, e foi obtida a seguinte solução ideal (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Figura 2 - Tabela de resultados da solução ideal

Cluster	Unidades	Abrangência (metros)	Potencial de Biogás (m³/dia)
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 30, 31, 73, 88, 89, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631	28,456.42	670,958.12
2	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 525	18,601.40	311,255.30

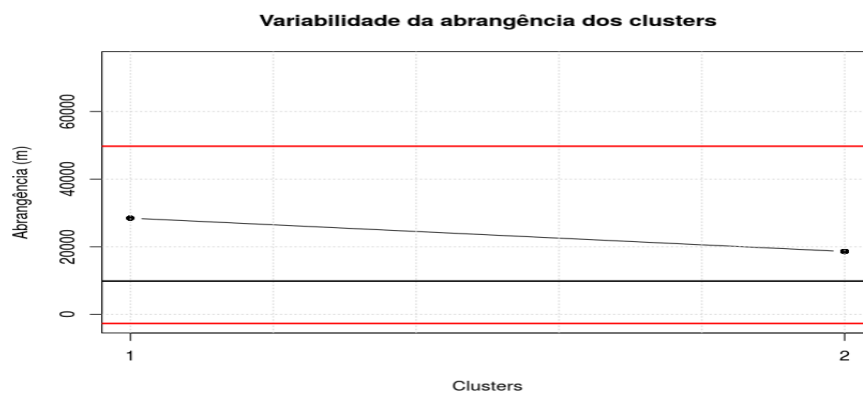
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 3 - Mapa de *clusters* da solução ideal



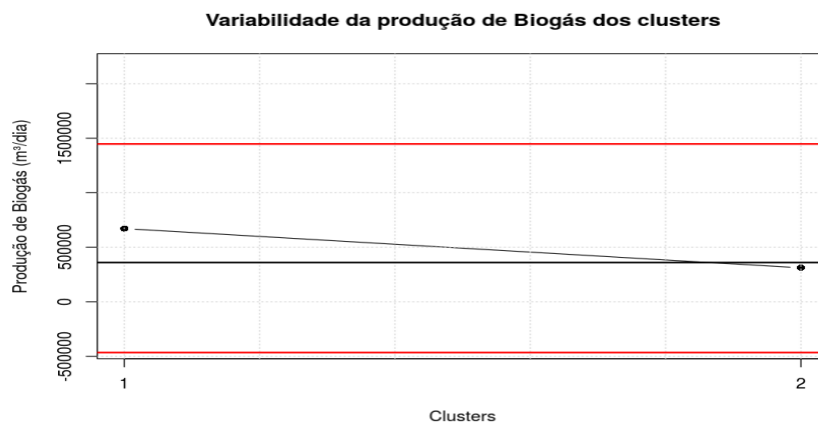
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 4 - Variabilidade de abrangência dos *clusters* na solução ideal



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 5 - Variabilidade da produção de biogás (m³/dia) dos *clusters* na solução ideal



Fonte: Autoria própria (2020).

A partir dos resultados acima, que são disponibilizados pela ferramenta, podemos perceber que o ponto ideal, onde os *clusters* formadas possuem tamanho uniforme e potencial de geração de biogás maximizado, é com as agroindústrias da região se agrupando em 2 *clusters*, como mostrado na Figura 2 e 3.

Sendo interessante observar a Figura 4, na qual explicita-se as desiguais abrangências dos *clusters*, visto que a abrangência do *cluster* 1 é igual a 28.456,42 metros, enquanto a do *cluster* 2 é 18.601,40 metros, ou seja, quase 10 km de diferença entre a maior distância dentre as unidades do *cluster* e sua respectiva unidade centralizadora de biogás. Conjuntamente, ao analisarmos a Figura 5, também é possível constatar que o potencial de produção de biogás da *cluster* 1 representa mais que o dobro do potencial da *cluster* 2.

CONCLUSÃO

Em vista dos resultados descritos na seção anterior, pode-se notar que a utilização das 2 *clusters*, sugeridas pela ferramenta BiogasCluster para a cidade de Ponta Grossa, gera uma significativa variabilidade de abrangência e potencial de produção de biogás entre elas. Tal circunstância poderia implicar em custos (por exemplo de transportes) e ganhos desiguais, sendo assim uma potencial dificuldade para a execução do projeto.

Todavia, é importante esclarecer que tais parcerias estratégicas poderiam trazer diversas vantagens para as agroindústrias e sua região, pois a partir do aproveitamento de seus resíduos, que possuem um potencial de produção de biogás de quase um milhão de m³/dia, é possível ter retornos econômicos, sociais e ambientais. Ou seja, é uma oportunidade de transformar o ciclo de vida dos processos envolvidos bem mais sustentáveis, devendo assim ser uma iniciativa incentivada e efetivada.

Ademais, recomenda-se para estudos futuros analisar a viabilidade econômico-financeira dos *clusters* obtidos a partir da ferramenta BiogasCluster, a fim de analisar de forma mais quantitativa a viabilidade do cenário abordado no artigo.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi desenvolvido com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), GEF (Global Environment Facility) e FUNTEF-PR.

REFERÊNCIAS

CHARRAD, M. et al. NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. **Journal of Statistical Software**, v. 61, p. 1-36, 2014.

CIUCCI, M. **Energias renováveis**, 2020. Disponível em:

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/70/energias-renovaveis>.

Acesso em: 7 maio 2020.

LAASASENAHO, K. et al. GIS-data related route optimization, hierarchical clustering, location optimization, and kernel density methods are useful for promoting distributed bioenergy plant planning in rural areas. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 32, p. 47-57, 2019.

LLOYD, C. E. **Supply chain integration in the UK bioenergy industry**. 2015. Tese de Doutorado - Aston University, Reino Unido, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resenha Energética Brasileira**, 2019. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2019+v3.pdf/92ed2633-e412-d064-6ae1-eefac950168b>. Acesso em: 19 maio 2020.