

Benefícios da energia solar associados a emissão de dióxido de carbono na matriz elétrica brasileira

RESUMO

Emmanuel Zullo Godinho
Colégio Agrícola de Palotina,
Palotina, Paraná

Fernando De Lima Caneppele
Universidade de São Paulo, USP,
São Paulo, São Paulo

Murilo Miceno Frigo
Universidade Estadual Paulista,
UNESP, São Paulo, São Paulo

Tauane Karine Baitz da Silva
Universidade de São Paulo, USP,
São Paulo, São Paulo

Um sistema econômico mais sustentável tem sido o grande desafio do Século XXI, nesse sentido a Agenda 2030, um acordo entre a ONU e diversos países, estabeleceu um pacto com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas, dentre estes objetivos, podemos destacar dois deles que estão relacionados diretamente com este trabalho, o objetivo sete referentes a energia limpa e acessível e o objetivo onze referente as às mudanças. Há uma necessidade de preservar o meio ambiente para estender os recursos que temos hoje a um longo prazo, sendo necessário buscar fontes sustentáveis e de menor impacto ao meio ambiente, como o uso da energia fotovoltaica. Os benefícios resultantes da produção de energia solar fotovoltaica são grandes, porém os seus impactos são pouco estudados e conhecidos, e por isso necessário conhecê-los para estudar melhorias de modo a aumentar os seus benefícios. Diante disso, o objetivo deste presente trabalho é analisar a relação da energia solar fotovoltaica com a emissão de dióxido de carbono. Observou-se que a matriz elétrica nacional durante os anos de 2015 a 2021, sob a perspectiva do uso de fontes renováveis, teve como enfoque a energia solar fotovoltaica, isso com interesse em mensurar a quantidade de energia produzida e sua expansão, também sendo observado a estimativa de CO₂ produzida para a produção de energia nos respectivos anos, a fim de corroborar o avanço da energia solar e a redução de gases efeito estufa. Foi possível estimar a quantidade de CO₂ poupado pelos avanços da energia solar no Brasil. Podendo observar que à medida que a energia solar avança, há uma redução de gases de efeito estufa no setor de geração de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Energia fotovoltaica. Meio ambiente. Agenda 2030. Energia solar.

INTRODUÇÃO

A Crise de 1970, representou um marco importante para o surgimento e destaque para as fontes de energias renováveis (GODINHO et al., 2022). O momento principal foi quando o petróleo teve um aumento significativo em seu preço nas Bolsas Internacionais (GASPAR, 2015). Neste momento, o governo brasileiro percebeu que estava totalmente refém desta fonte de energia não renovável e que devesse diversificar a sua matriz energética (GASPAR, 2015).

Em 2019 a matriz elétrica mundial era composta por 27% de fontes renováveis de energia e 73% derivados de fontes não renováveis, que por sua vez são grandes emissoras gases de efeito estufa. (BEM, 2021). Se o mundo mantiver o ritmo atual, teremos alterações ambientais de extrema gravidade, devido a crescente aceleração no aquecimento global (GODINHO et al., 2022).

Por isso, é extremamente importante reduzir as emissões dos gases do efeito estufa para que SE possa retardar o aquecimento global (CASAGRANDE et al., 2011). Os principais gases de efeito estufa são compostos por dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e hidroflurcarbonetos (HFCs), sendo que o CO₂ é o responsável por 60% do efeito estufa, e atualmente a natureza não tem capacidade de absorção de todo gás gerado, resultado em um aumento de concentração desses gases. (CETESB, 2022).

Resultando em um aumento no aquecimento global e na temperatura da Terra podendo alterar o regime de chuvas, que por consequência altera os níveis de reservatório sendo necessário a utilização de termoelétricas, que emitem mais dióxido de carbono e, conseqüentemente uma aceleração na temperatura terrestre (SARLET & FENSTERSEIFER, 2017).

Observando toda evolução da cadeia de produção, a energia precisa ser extraída e transformada a partir dos recursos naturais (BURSZTYN, 2020). Hoje o maior desafio é continuar a expandir as necessidades energéticas da sociedade gerando um menor impacto ambiental. Com isso, é necessário pensar em uma expansão e diversificação da matriz elétrica, por dois motivos: as fontes de energias não renováveis contam com recursos finitos e a grande preocupação em relação à redução de gases do efeito estufa (MILHORANCE, 2016).

Atualmente a matriz elétrica brasileira é bastante diversificada, porém, ainda apresenta grande dependência da energia hidráulica, e quando os níveis dos reservatórios abaixam, devido à escassez hídrica, é necessário realizar o acionamento das termoelétricas (TOLMASQUIM et al., 2007). Por consequência, há uma redução na porcentagem da energia renovável na matriz elétrica e um crescimento expressivo na emissão de gases do efeito estufa (KRELL & DE CASTRO e SOUZA, 2020).

A energia solar vem ganhando cada vez mais força na matriz elétrica brasileira (CANEPPELE & SERAPHIM, 2010). Além de possuir mais vantagens que outras fontes tradicionais de energia elétrica, como carvão e gás, além da redução nos custos de implantação em projetos solares faz com que a energia solar se torne a forma menos onerosa na produção de eletricidade (GTES, 1999). Esse modelo de geração de energia, produzida através do uso do sol, é

considerada inesgotável do ponto de vista humano, trazendo um potencial extraordinário comparado com outras fontes de energia (MAHMOUD, 1990).

O Brasil possui uma matriz energética de mais de 80% de energias renováveis, tendo como principal fonte a luz solar, que é considerada pelos pesquisadores uma energia constante, e sem fim como eólica e a biomassa, sendo essa mais consistente e previsível (GODOY et al., 2020).

Diante disso, o objetivo deste presente trabalho é analisar a relação da energia solar fotovoltaica com a emissão de dióxido de carbono.

METODOLOGIA

Base de Dados

Foi analisado os dados obtidos através dos relatórios anuais do Balanço Energético Nacional, disponibilizado através da Empresa de Pesquisa Energética, com foco nas emissões de gases do efeito estufa através geração de energia no Brasil, calculada no fator de Intensidade (Gg GEE/mil tep), também a porcentagem da utilização das energias renováveis na matriz elétrica nacional e a produção de energia solar em (GW).

Foram utilizados os dados Sistema de Estimativa de Emissão de Gases, referentes as emissões e reduções dos gases efeitos estufa no Brasil (EPE, 2023).

Ademais será calculado uma estimativa das possíveis emissões do dióxido de carbono evitados a partir da geração de energia solar fotovoltaico no Brasil.

Estimativa da emissão de dióxido de carbono evitada pela produção de energia solar

Foi realizado um levantamento da quantidade de CO₂ supostamente evitados através da produção de energia solar. Para isto, foi realizado um levantamento da quantidade de geração da energia fotovoltaica e do fator de emissão de carbono fornecido através do Sistema Interligado Nacional.

Foram analisados dados entre os anos de 2015 - 2021 no Brasil, visando quantificar dados de emissão poupados pela energia solar, de modo a salientar a importância da evolução do uso de energia solar fotovoltaica.

Para realizar o cálculo da estimativa de gases de dióxido de carbono evitados, utilizou-se da seguinte equação, conforme (Licks & Pires, 2010):

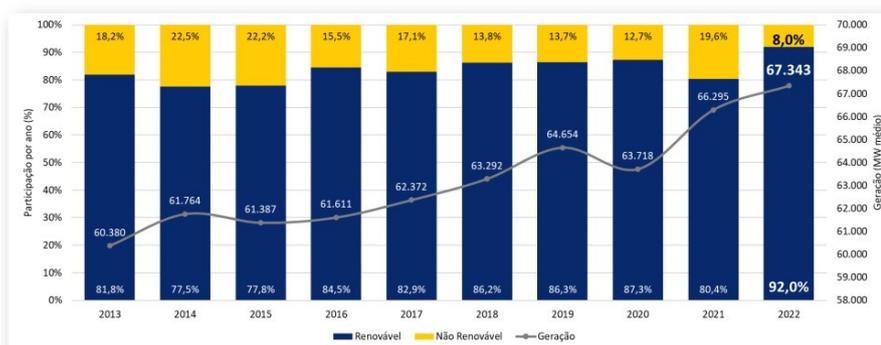
$$ECO_{2eq} = C * FE$$

Onde: ECO_{2eq} = total de emissão evitadas pela energia solar fotovoltaica em tCO_{2e} ; C = produção de energia solar fotovoltaica em $MWh\ ano^{-1}$; e FE = fator de emissão de CO_2 em $tCO_{2e}\ MWh^{-1}$.

DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

Inicialmente foi realizado um levantamento da porcentagem de energia renovável na matriz elétrica nacional (Figura 1). Em que é observado um crescimento da participação das renováveis, chegando a 92,0% do total gerado em MW/médio de energia. Houve um decréscimo no ano de 2021 com uma perda de aproximadamente 7,1%, podendo ser explicado pela falta de chuvas em algumas regiões específicas do Brasil.

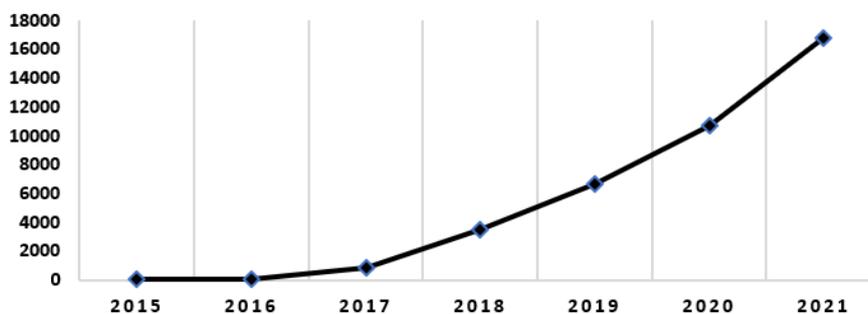
Figura 1 - Participação das energias renováveis (%)



Fonte: Adaptado de Balanço Nacional Energético (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021).

Foi realizado um levantamento da evolução da geração da energia solar fotovoltaica entre os anos de 2015 - 2021 (Figura 2), visto que a energia solar fotovoltaica foi inserida no Balanço Energético Nacional a partir de 2015. A energia solar vem apresentando um crescimento exponencial gigantesco, com um aumento no último ano de 55,9% comparado ao ano anterior, ficando atrás apenas de derivados de petróleo (EPE, 2023).

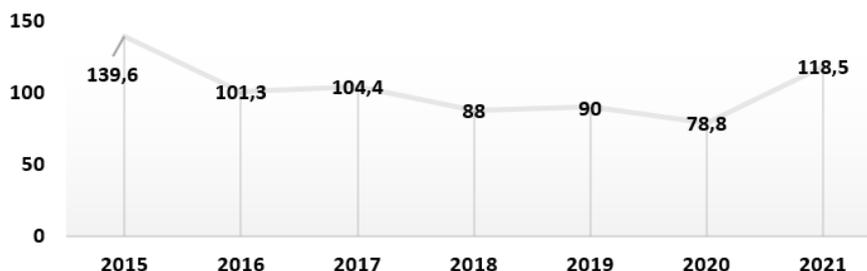
Figura 2 – Geração elétrica fotovoltaica (GWh)



Fonte: Adaptado de Balanço Nacional Energético (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021).

Para analisar os dados das emissões de carbono na geração elétrica brasileira, foi realizado um levantamento de dados de 2015 - 2021 (Figura 3). Observa-se que a emissão de carbono equivalente decorrente da produção de energia vem diminuindo sua, porém há um expressivo aumento no último ano, podendo neste caso acionar as termoelétricas como fontes principais de produção de energia.

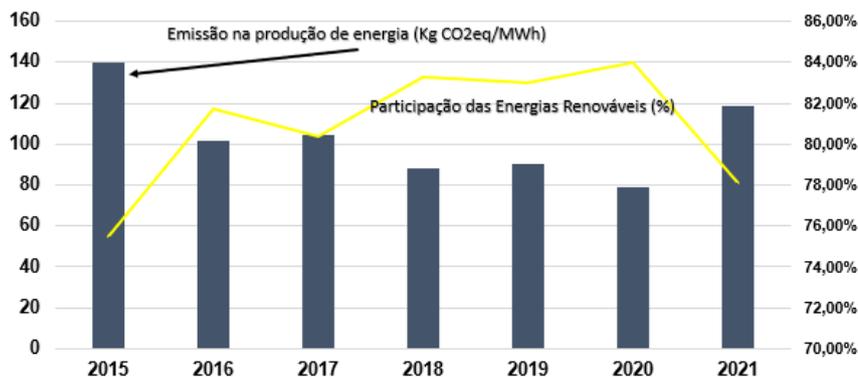
Figura 3 – Emissão na produção de energia (Kg CO_{2eq} MWh⁻¹)



Fonte: Adaptado de Balanço Nacional Energético (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021).

Os dados sobre os gases do efeito estufam apresentam relação direta com a participação das energias renováveis, conforme Figura 4.

Figura 4 – Porcentagem das energias renováveis em decorrência de emissão de CO_{2eq}

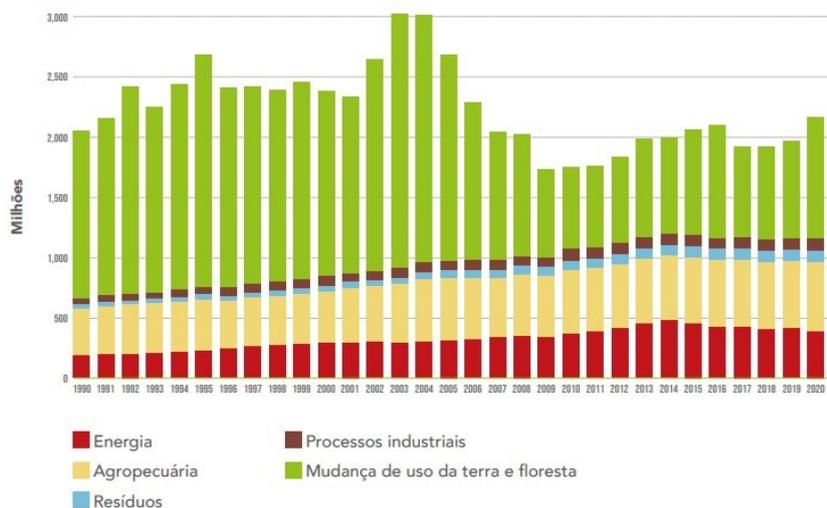


Fonte: Adaptado de Balanço Nacional Energético (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021).

A emissão dos gases de efeitos estufa vem sendo uma preocupação crescente nos países, o Brasil em especial vem trabalhando cada vez mais para a redução dos gases. Identificar a participação dos setores nas emissões (Figura 5) é de extrema importância, uma vez que podemos trabalhar para a reduzir de maneira mais individualizada.

O setor de energia não é o principal setor de emissão, mas é importante trabalhar a diminuição dele, em 2019 o setor, conquistou uma redução de 4,6% nas emissões.

Figura 5 – Emissões de gases do efeito estufa no Brasil no período 1990 a 2020 (GtCO_{2e})



Fonte: SEEG (2021).

Atualmente o Brasil é responsável por 3,2% das emissões globais. O que é um número bastante elevado dado que temos uma matriz energética e elétrica mais renovável ao compararmos com outros países.

Ao observarmos as emissões setor de energia (Figura 6), é possível notar um crescimento entre os anos de 1970 até 2015, que pode ser justificado pela evolução da urbanização no Brasil, visto que no setor da energia é considerado o transporte, indústria e edificações (EPE, 2016).

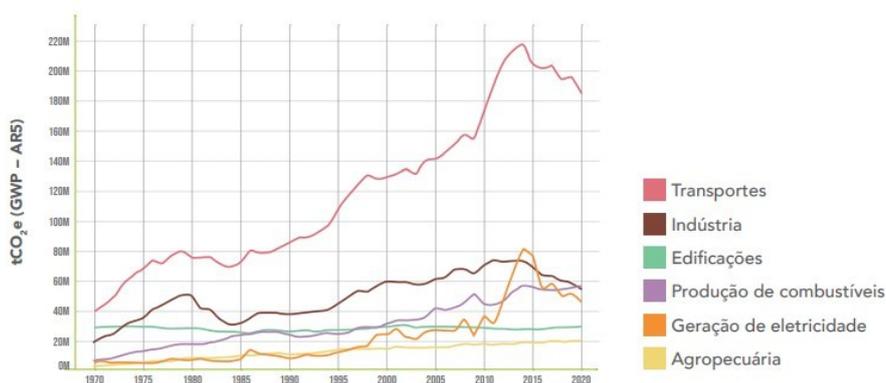
Figura 6 – Emissões de gases do efeito estufa no setor de energia



Fonte: SEEG (2021).

Ao analisar as emissões no setor de energia com destaque na atividade de geração de energia (Figura 7), podemos observar que após o ano de 2016 há uma redução expressiva comparada aos anos anteriores, com uma desaceleração de 7,3%, contra 4,6% em 2020. Em 2016 e 2020 houve uma participação de fontes renováveis resultando na redução de emissões. Sendo que no ano de 2016 houve a inserção da energia solar e em 2020 o grande destaque da produção de energia solar fotovoltaica.

Figura 7 – Emissões de gases do efeito estufa nas atividades do setor de energia (1970-2020)



Fonte: SEEG (2021).

A energia solar fotovoltaica vem apresentando resultados satisfatórios nas reduções de gases do efeito estufa, quando se fala em produção de energia elétrica. Corroborando com esse fato, a Tabela 1, apresenta um levantamento do fator médio anual de emissão ($tCO_2 \text{ MWh}^{-1}$) energia elétrica do Sistema

Interligado Nacional entre os 2015 a 2022 informados pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação e a geração de energia elétrica fotovoltaica entre os anos de 2015 a 2021.

Tabela 1 - Produção de energia e fator médio de emissão anual

Ano	Produção elétrica fotovoltaica (MWh)	Fator Médio Anual (tCO ₂ /MWh ⁻¹)
2015	0,059	0,1255
2016	0,085	0,1244
2017	0,832	0,0817
2018	3,461	0,0927
2019	6,655	0,074
2020	10,75	0,075
2021	16,752	0,0617

Fonte: MCTI (2021) e EPE (2022).

Observa-se na Tabela 1, que a produção de energia elétrica a partir da fonte fotovoltaica (MWh), vem tendo um aumento exponencial em relação aos anos anteriores, podendo ser explicada pelos investimentos residenciais e industriais deste modelo de equipamento para produção de energia, além disso, pelas melhorias contínuas que ocorrem nos equipamentos de produção fotovoltaico (EPE, 2023).

A Tabela 2, apresenta a estimativa de emissão anual de CO₂ em toneladas nos anos de 2015 a 2021.

Tabela 2 - Emissão de gases efeito estufa poupadas

Ano	Estimativa de emissão Anual em tCO ₂
2015	0,00740
2016	0,01057
2017	0,06797
2018	0,32083
2019	0,49247
2020	0,80625
2021	1,03359

Fonte: MCTI (2021) e EPE (2022).

Observa-se na Tabela 2, que a emissão de CO₂ na atmosfera vem reduzindo ao longo dos anos, tendo em vista o aumento do uso de fontes de produção de energias renováveis. Corroborando com esses dados, o Pnuma (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) emitiu um relatório mostrando uma queda de 4,7% na emissão de gases do efeito estufa em 2020, ano de pico da pandemia, as emissões do mundo voltaram a subir rapidamente em 2021 e podem ter batido o recorde histórico de 2019, segundo (IEMA, 2023).

Neste estudo, apresenta-se uma análise detalhada de dados pertinentes ao período compreendido entre os anos de 2015 e 2021, focalizando especificamente no setor de produção de energia elétrica advinda de fontes renováveis. Uma tendência ascendente foi observada ao longo dos últimos três anos desse intervalo, destacando-se uma escalada no aproveitamento de tais fontes energéticas. Como consequência direta deste incremento, registrou-se uma diminuição notável nas emissões dos gases de efeito estufa, com especial atenção para a redução dos níveis de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera.

A pesquisa evidencia, de maneira contundente, um avanço expressivo na adoção da energia solar fotovoltaica no Brasil durante o período analisado. Os resultados apontam para uma contribuição significativa dessa modalidade energética para o mix energético nacional. Fatores preponderantes que impulsionaram tal crescimento incluem, mas não se limitam à implementação de políticas de incentivo, tais como a disponibilização de linhas de crédito específicas por parte de instituições financeiras, bem como o desenvolvimento e a incorporação de equipamentos de alta tecnologia no setor. Estas medidas demonstram o comprometimento com a transição energética e refletem uma mudança de paradigma em direção a uma matriz energética mais sustentável e menos poluente.

Benefits and impacts of the use of solar photovoltaic energy for the environment in Brazil

ABSTRACT

A more sustainable economic system has been the great challenge of the 21st Century, in this sense the 2030 Agenda, an agreement between the UN and several countries, established a pact with 17 Sustainable Development Goals and 169 targets, among these objectives, we can highlight two of them which are directly related to this work, objective seven referring to clean and affordable energy and objective eleven referring to changes. There is a need to preserve the environment to extend the resources we have today over the long term, making it necessary to seek sustainable sources with less impact on the environment, such as the use of photovoltaic energy. The benefits resulting from the production of photovoltaic solar energy are great, but their impacts are little studied and known, and it is therefore necessary to know them to study improvements in order to increase their benefits. Therefore, the objective of this present work is to analyze the relationship between photovoltaic solar energy and carbon dioxide emissions. It was observed that the national electrical matrix during the years 2015 to 2021, from the perspective of the use of renewable sources, focused on photovoltaic solar energy, with an interest in measuring the amount of energy produced and its expansion, also being observed the estimate of CO₂ produced for energy production in the respective years, in order to corroborate the advancement of solar energy and the reduction of greenhouse gases. It was possible to estimate the amount of CO₂ saved by advances in solar energy in Brazil. It can be seen that as solar energy advances, there is a reduction in greenhouse gases in the energy generation sector.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Fatores de emissão de CO₂ do Sistema Interligado Nacional do Brasil. **Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao#:~:text=Resumidamente%2C%20o%20fator%20de%20emiss%C3%A3o,emiss%C3%B5es%20de%20CO2%20das%20%C3%BAltimas>. Acesso em: 31/05/2022.
- BURSZTYN, M. Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 98, p. 167-186, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.011>. Acesso em: 16/02/2022.
- CANEPPELE, F. DE L., & SERAPHIM, O. J. Aplicação da teoria fuzzy no controle de sistemas de geração de energias alternativas. *Energia na agricultura*, v. 25, n. 3, p. 24-41, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2010v25n3p24-41>. Acesso em: 22/02/2023.
- CASAGRANDE, A.; SILVA JUNIOR, P.; MENDONÇA, F. Mudanças climáticas e aquecimento global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, n. 7, p. 30-44, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25793/17212>. Acesso: 23/06/2022.
- CETESB. Gases do Efeito Estufa e Fontes de Emissão. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/#:~:text=CO2%20E2%80%93%20Respons%C3%A1vel%20por%20cerca%20de,e%20sumidouros%2C%20que%20tem%20a>. Acesso em: 22/06/2022.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço energético nacional 2022: ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 30/05/2022.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço energético nacional 2021: ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf. Acesso em: 30/05/2022.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço energético nacional 2020: ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/>

[PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf). Acesso em: 30/05/2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço energético nacional 2019: ano base 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: <https://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: 30/05/2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf>. Acesso em: 30/05/2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço energético nacional 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-81/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf. Acesso em: 30/05/2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço energético nacional 2016: ano base 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-126/topico-92/Relat%C3%B3rio_S%C3%ADntese_2016.pdf. Acesso em: 30/05/2022.

GASPAR, R. C. A trajetória da economia mundial: da recuperação do pós-guerra aos desafios contemporâneos. **Cadernos Metrópole**, v. 17, n. 33, p. 265-296, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3312>. Acesso em: 15/05/2022.

GODINHO, E. Z.; EDITH, M.; MONTAÑO, A.; FERNANDO, L.; ZUIN, S.: Panorama of photovoltaic energy in poultry in Paraná. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, e07111133293, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33293>. Acesso em: 20/02/2022.

GODOY, F. O.; GODINHO, E. Z.; DALTIN, R. S.; CANEPPELE, F. de L. Utilização da lógica fuzzy aplicada à energia solar. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 37, n. 2, e26663, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26663>. Acesso em: 22/02/2023

GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR – GTES – **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, CEPEL-CRESESB, Rio de Janeiro, 1999.

KRELL, A. J.; & DE CASTRO E SOUZA, C. B. A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. **Revista De Direito Econômico E Socioambiental**, v. 11, n. 2, p. 157-188, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v11i2.26872>. Acesso em: 15/05/2022.

LICKS, L. A.; PIRES, M. Metodologia para o cálculo de emissões de carbono e da eficiência na geração de energia pela combustão do carvão fóssil no Brasil. **Rem: Rev Esc Minas** [Internet], v. 63, n. 2, p. 331-337, 2010.

MAHMOUD, M. Experience results and techno-economic feasibility of using photovoltaic generators instead of diesel motors for water pumping from rural desert wells in Jordan. **IEE Proceedings**, v. 137, n. 6, p. 391-4, 1990.

MILHORANCE, C. Discutindo autonomia e sustentabilidade no Semiárido brasileiro. **Sustentabilidade em Debate**, v.7, n.3, p.264-66, 2016.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T. Direito Constitucional ambiental – Constituição, direitos fundamentais e proteção do ambiente. 5. ed. São Paulo: **Revista dos Tribunais**, 2017.

SEEG - SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO. **Análise das emissões brasileiras de gases efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020**. 2021. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf. Acesso em: 03/06/2022.

SOUZA, L. C. Energia e sustentabilidade humana: impacto das metas do ODS 7 no Brasil. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 1-22, jun. 2020.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos CEBRAP**, v. 79, p. 47-69, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000300003>. Acesso em: 12/03/2022.

DOI: 10.3895/rts.v19n58.16496

Como citar:

GODINHO, E. Z.; CANEPPELE, F. de L.; FRIGO, M. M. *et al.* Benefícios da energia solar associados a emissão de dióxido de carbono na matriz elétrica brasileira. **Rev. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 19, n. 58, p. 245-258, out./dez., 2023. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/16496>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

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

