

Almanaque EZC

E-book - 1º edição

Autores por ordem alfabética:

Alex Gonzaga dos Santos Júnior
André Marino Gonçalves
Arthur Roberto de Sousa
Brendow Hatschbach da Silva
Bruno Alberelo Soares
Bruno Navarro Salvador
Daniel Ruivo Costa
Eduardo Augusto Castelli Astrath
Eduardo Azzolini Volnistem
Eduardo Radovanovic
Emilly Ramos Freitas da Silva
Flavio Clareth Colman
Gabriela Giovanini Hahn
Giselly Alves Pereira
Gustavo Sanguino Dias
Ivair Aparecido dos Santos
João Eugênio Andrade de Souza
Leonardo Cavalheri
Luiz Fernando Cótica
Matheus Lima Camarotto
Rafael Henrique Bogo Bexiga
Ricardo Gouveia Teodoro
Sandro Lautenschlager
Sarah de Almeida Lima
Sílvia Luciana Fávaro
Thiago Tonon
Valdirlei Fernandes Freitas
Wagner André Gambi Orlando
Willian Matheus Feitosa Ramos

Prefácio:

Breno Ferraz de Oliveira

Diagramação:

Viviane Guimarães



2024



Almanaque EZC

E-book - 1º edição

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Almanaque NAPI EZC [livro eletrônico]. --
Maringá, PR : Ed. dos Autores, 2024.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-16643-8

1. Eficiência energética 2. Energia elétrica -
Aspectos ambientais 3. Energia solar fotovoltaica
4. Fontes energéticas renováveis 5. Gases do efeito
estufa - Aspectos ambientais 6. Meio ambiente
7. Mudanças climáticas - Aspectos ambientais
8. Sustentabilidade ambiental.

24-229454

CDD-333.794

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Energias renováveis : Desenvolvimento
sustentável : Economia 333.794

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129





PREFÁCIO

No passado, um almanaque era um livro que reunia as principais datas de eventos astronômicos, bem como agrupava textos variados de leitura amena. Hoje, na era da tecnologia, o almanaque transformou-se em digital.

Neste material, na forma de e-book, o leitor poderá atualizar seus conhecimentos com conteúdos que vão do panorama ambiental do planeta às novas tecnologias que produzem energia com emissão zero carbono.

Os textos que compõem esse almanaque foram produzidos em uma linguagem acessível para atender um maior número de leitores. O propósito é divulgar as pesquisas realizadas pelas Universidades públicas do estado do Paraná, difundindo o conhecimento técnico e divulgando as soluções tecnológicas e inovadoras produzidas por estas instituições.

Em um mundo cada vez mais impactado pelas mudanças climáticas e pela crescente demanda por soluções energéticas sustentáveis, o **Almanaque EZC** mergulha nas inovações que prometem transformar a maneira como vivemos e consumimos recursos.

Este livro explora, em capítulos interligados, as tecnologias emergentes e os desafios ambientais que moldam o futuro. Desde o impacto das emissões de gases de efeito estufa no panorama global e local, até o papel crucial dos veículos elétricos e das fontes alternativas de energia, cada capítulo desvenda estratégias para mitigar os danos ambientais e promover um equilíbrio sustentável.

A obra também apresenta as mais recentes pesquisas sobre eficiência energética, como a evolução das placas fotovoltaicas e a utilização de sensores magnéticos para otimização do consumo de energia.

PREFÁCIO

Dispositivos piezelétricos de coleta de energia e materiais barocalóricos são analisados como soluções promissoras para novas formas de geração energética, ao lado de inovações como a manufatura aditiva e tecnologias assistivas que aumentam a autonomia.

O impacto dos resíduos industriais e a reciclagem de materiais, como etiquetas BOPP e polímeros, são também discutidos, destacando como a valorização de resíduos pode impulsionar a economia circular.

Além disso, explora a importância de uma gestão precisa dos recursos naturais e propõe soluções inovadoras no ensino de energias sustentáveis.

Por meio de exemplos práticos, estudos de caso e análises, o **Almanaque EZC** oferece uma visão abrangente do futuro das tecnologias verdes e do papel essencial que desempenharão na construção de um mundo mais eficiente e responsável.

Esperamos que o leitor desfrute de bons momentos de aprendizagem com este material e que as futuras gerações possam ser beneficiadas pelos avanços tecnológicos e inovadores nele apresentados.



Breno Ferraz de Oliveira

Doutor em Física, Professor Associado do Departamento de Física e ex-diretor de Extensão da Universidade Estadual de Maringá, bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e coordenador do projeto de Extensão universitária TrUEM.



Emissões e impacto ambiental global: p. 07

Emissão de gases do Efeito Estufa: Um panorama mundial p. 08

Sarah de Almeida Lima e Ivair Aparecido dos Santos

A emissão mundial de carbono: Um panorama atualizado p. 16

Sarah de Almeida Lima e Ivair Aparecido dos Santos

Os gases do efeito estufa no Brasil p. 23

Sarah de Almeida Lima e Ivair Aparecido dos Santos

Energia sustentável e tecnologia para veículos elétricos: p. 34

Fontes alternativas para o carregamento de carros elétricos p. 35

Gabriela Giovanini Hahn e Luiz Fernando Cótica

Diminuição das emissões de poluentes atmosféricos devido ao uso de carros elétricos p. 45

Bruno Alberelo Soares e Luiz Fernando Cótica

Eficiência energética e tecnologias associadas: p. 51

Eficiência energética, teoria da potência instantânea e paridade das placas solares - Rumo a um futuro energético sustentável p. 52

Willian Matheus Feitosa Ramos e Ricardo Gouveia Teodoro

A brevidade no descarte de placas fotovoltaicas: um estudo sobre o impacto na eficiência energética p. 59

Giselly Alves Pereira e Thiago Tonon

Eficiência energética e a baixa emissão de carbono usando sensores magnéticos p. 65

Gabriela Giovanini Hahn, Bruno Alberelo Soares e Luiz Fernando Cótica

Coleta de energia e materiais piezelétricos: p. 75

Desenvolvimento de Dispositivos Piezelétricos coletores de energia p. 76

Alex Gonzaga dos Santos Júnior e Eduardo Augusto Castelli Astrath

Coleta de energia sustentável - Dispositivos Piezelétricos Flexíveis p. 85

Eduardo Azzolini Volnistem e Ivair Aparecido dos Santos

Inovação e manufatura avançada: p. 91

Manufatura Aditiva: A revolução que está sendo construída p. 92

Wagner André Gambi Orlando e Gustavo Sanguino Dias

Válvula inteligente - Um potencial na tecnologia assistiva promovendo autonomia p. 109

Brendow Hatschbach da Silva e Sandro Lautenschlager

SUMÁRIO



Materiais inovadores e novas aplicações tecnológicas: p. 114

Avaliação do Efeito Barocalórico em Compósitos de Elastômero Termoplástico (TPE) e Nanotubos de Carbono (NTC) p. 115
Daniel Ruivo Costa e Sílvia Luciana Fávoro

Materiais Barocalóricos: uma nova perspectiva para refrigeração p. 121
Emilly Ramos Freitas da Silva e Flávio Clareth Colman

Formação de filmes finos pelo método de pulverização catódica (Sputtering): Uma ferramenta chave na busca da Sustentabilidade e na geração de Energia Limpa p. 136
João Eugênio Andrade de Souza e Valdirlei Fernandes Freitas

Medindo para conservar: A importância de uma aferição precisa na conservação de água potável p. 148
Bruno Navarro Salvador e Sandro Lautenschlager

Reciclagem e valorização de resíduos: p. 153

Utilização de análise térmica para valorização e reciclagem de polímeros p. 154
Leonardo Cavalheri e Eduardo Radovanovic

Reciclagem de resíduos de etiquetas e rótulos com BOPP em compósitos para uso comercial p. 159
Matheus Lima Camarotto, Rafael Henrique Bogo Bexiga e Sílvia Luciana Favaro

Sustentabilidade e Educação p. 166

Experimentos Didáticos como Ferramenta para o Ensino de Energias Sustentáveis e Física Moderna p. 167
Arthur Roberto de Sousa e André Marino Gonçalves



EMISSÕES E IMPACTO AMBIENTAL GLOBAL





Emissão de gases do Efeito Estufa: Um panorama mundial



Autores:

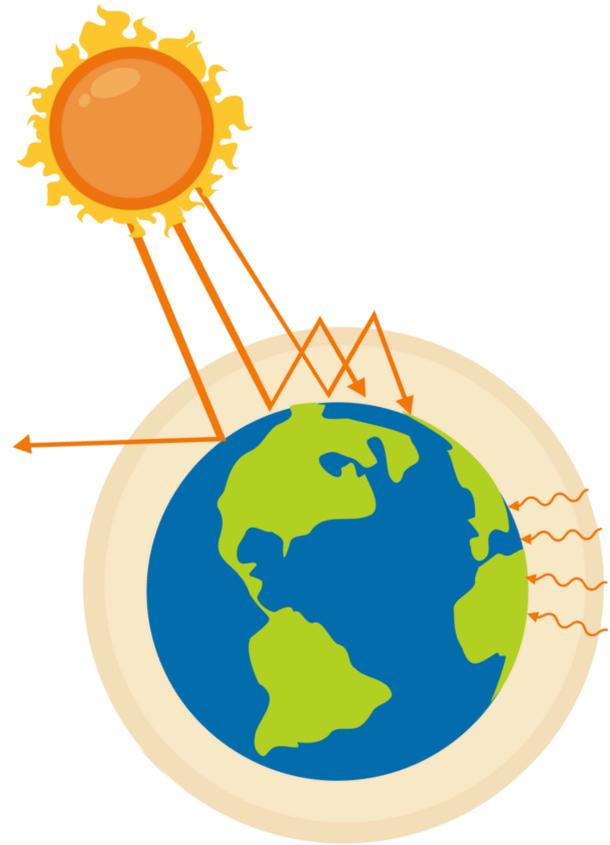
Sarah de Almeida Lima (graduanda de Engenharia de Produção na UEM)

Prof. Dr. Ivair Aparecido dos Santos (docente da UEM).

Emissão de gases do Efeito Estufa: Um panorama mundial

Os **gases de efeito estufa** (GEE) são componentes atmosféricos que absorvem parte do calor irradiado pela Terra.

A presença desses gases na atmosfera, em concentrações adequadas, faz com que nosso planeta **tenha temperaturas em média 30 graus Celsius** (°C) acima do que teria se estivesse apenas sob a influência do aquecimento associado à absorção de luz solar.



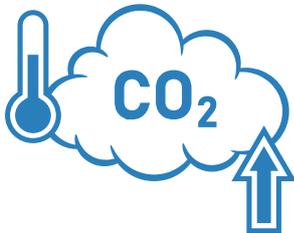
Os quatro principais gases de efeito estufa são o **dióxido de carbono** (CO₂), o **metano** (CH₄), o **óxido nitroso** (N₂O) e o **vapor d'água**.



A despeito de o vapor d'água ser o mais abundante entre os GEE, sua curta vida útil na atmosfera da Terra impede que ele seja considerado o principal causador dos impactos negativos relacionados à emissão desenfreada de GEE.

Esses impactos têm sido sentidos em todo o planeta, principalmente por meio dos eventos climáticos extremos que percorrem o globo.

Por outro lado, o **descontrole na emissão de outros GEE**, como os citados acima, tem o **potencial de intensificar drasticamente as mudanças climáticas** que estamos presenciando.



O CO₂, por exemplo, é responsável por 75% do aquecimento global terrestre e é reconhecido como o principal GEE¹.

De fato, o **aumento da concentração de CO₂** na atmosfera **intensifica o efeito estufa**, resultando em um desequilíbrio no balanço energético do nosso planeta. Como a Terra sempre recebe, em média, a mesma quantidade de energia solar, o calor fica retido na atmosfera, elevando sua temperatura.

Para se ter uma ideia, é como se a energia da explosão de mais de 660 milhões de bombas de Hiroshima fosse armazenada a cada ano para aquecer a Terra, o que ilustra bem a magnitude desse impacto¹



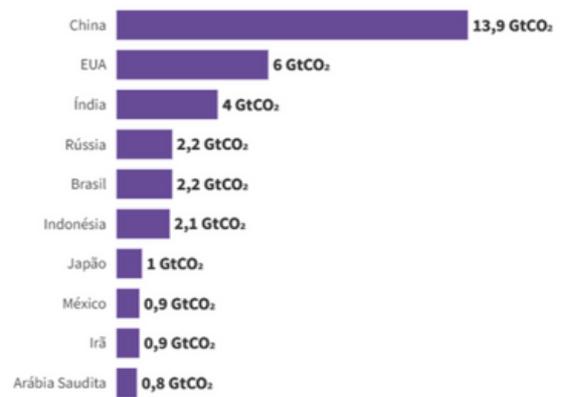
De acordo com a **Organização das Nações Unidas (ONU)**, em 2022, as concentrações médias globais de CO₂ ultrapassaram em mais de 150% os níveis observados na era pré-industrial (definida para o ano de 1750), atingindo um pico de 417,9 ppm (partes por milhão – o número de moléculas do gás por milhão de moléculas de ar). **Esse aumento representa uma elevação de 0,5% em relação aos níveis de 2021, que já eram recordes².**

Além disso, as **concentrações de CH₄ também aumentaram significativamente**, alcançando um aumento de 264% em relação aos níveis pré-industriais, resultando em 1.923 ppb (partes por bilhão).

Já o **N₂O, o terceiro gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera da Terra**, registrou o maior aumento anual entre 2021 e 2022, com um incremento de 0,42%, elevando-se 124% acima dos níveis da era pré-industrial, correspondendo a 335 ppb¹.

Em um de seus relatórios, a **Organização Meteorológica Mundial (OMM)** destaca que menos da metade das emissões de CO₂ permanece na atmosfera, já que o **oceano absorve um pouco mais de um quarto dessas emissões** e os ecossistemas terrestres, como as florestas, capturam cerca de 30%.

Os dez maiores emissores de gases de efeito estufa



Fonte: Our World in Data.

Figura 1: Dados de 2022 que incluem dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) de todas as fontes, incluindo mudanças no uso da terra. Elas são medidas em toneladas de dióxido de carbono equivalente. Uma gigatonelada (Gt) equivale a um bilhão de toneladas.³



Sendo assim, se o nível de CO₂ e outros GEE continuar a aumentar nas taxas atuais, a OMM alerta que a temperatura global continuará a subir. Isso ocorrerá mesmo que as emissões sejam rapidamente reduzidas, devido à persistência prolongada do CO₂ na atmosfera².

Deve-se pontuar, também, que **todas as atividades humanas emitem gases de efeito estufa, e 73% das emissões globais vêm da queima de combustíveis fósseis**. China, EUA e Índia (vide Figura 1) são os maiores emissores, contribuindo com 42,6% das emissões totais, enquanto os 100 países menos populosos somam apenas 2,9%, segundo o World Resources Institute (WRI)¹.



Um fator crucial a ser considerado, ao se analisar as contribuições de cada país no contexto das mudanças climáticas, é o volume histórico de emissões de GEE. **Embora a China atualmente emita mais GEE que os EUA, por exemplo, ela ainda não alcançou o volume histórico de emissão dos norte-americanos.**

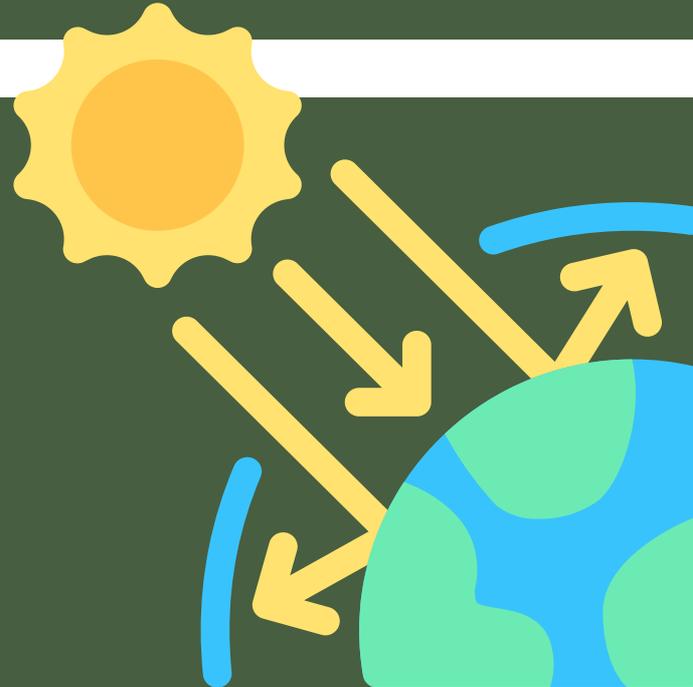
Esse é um dado importante a ser considerado porque o CO₂ permanece por séculos na atmosfera e, portanto, países que se industrializaram há mais tempo emitiram, ao longo dos anos, mais GEE do que aqueles que vêm se industrializando nas últimas décadas, como os países em desenvolvimento.

Não obstante, a responsabilidade pelas emissões varia entre países, principalmente por conta do modo de vida de suas populações.



De fato, os países mais ricos emitem mais gases de efeito estufa que os mais pobres. Globalmente, as emissões dos 1% mais ricos equivalem a 66% da emissão dos mais pobres³.

Segundo o Relatório sobre a **Lacuna de Emissões do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente** (Pnuma), os 20 países mais ricos (G20) são responsáveis por 76% das emissões globais, enquanto os países menos desenvolvidos contribuem com 3,8% e os pequenos Estados insulares em desenvolvimento com menos de 1%³.



Dessa maneira, fica fácil perceber que a redução das emissões de GEE é a principal medida para frear a crise climática nas próximas décadas.

Uma nova pesquisa conduzida por uma equipe internacional de cientistas, liderada pelos pesquisadores do **Instituto de Pesquisa Mercator sobre Bens Comuns Globais e Mudança Climática** (MCC), mostra que os planos atuais dos países para remover CO₂ da atmosfera **não serão suficientes para cumprir o limite de aquecimento** de 1,5 °C estabelecido no Acordo de Paris¹.

Segundo o secretário-geral da OMM, Petteri Taalas, apesar dos **alertas da comunidade científica**, dos relatórios extensos e das inúmeras conferências sobre o clima, **ainda estamos seguindo na direção errada.**

As concentrações atuais de GEE indicam que as **temperaturas aumentarão além das metas** do Acordo de Paris até o final do século, resultando em condições climáticas extremas, derretimento do gelo encontrado nos polos do planeta, aumento do nível do mar, aquecimento e acidificação dos oceanos.



Nota-se, portanto, que isso elevará **significativamente os custos socioeconômicos e ambientais nas próximas décadas.**



REFERÊNCIAS

1. **QUAL é o papel das emissões de carbono na crise climática?** Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/faq/qual-e-o-papel-das-emissoes-de-carbono-na-crise-climatica.htm>.
2. **GASES de efeito estufa atingem novo recorde, e impactos climáticos aumentam, alerta ONU.** Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/11/15/gases-de-efeito-estufa-atingem-novo-recorde-e-impactos-climaticos-aumentam-alerta-onu.ghtml>.
3. **CHEGA de mentiras: como rebater o negacionismo climático com ciência.** Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2024/05/27/chega-de-mentiras-como-rebater-o-negacionismo-climatico-com-ciencia.htm>.
4. **PLANOS de remoção de CO₂ são insuficientes para conter aquecimento global.** Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2024/05/10/planos-de-remocao-de-co2-sao-insuficientes-para-conter-aquecimento-global.htm>
5. **CLIMA: concentração de gases de efeito estufa na atmosfera atinge novo recorde em 2022.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/252972-clima-concentração-de-gases-de-efeito-estufa-na-atmosfera-atinge-novo-recorde-em-2022>.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





A emissão mundial de carbono: Um panorama atualizado



Autores:

Sarah de Almeida Lima (graduanda de Engenharia de Produção na UEM)

Prof. Dr. Ivair Aparecido dos Santos (docente da UEM).

A emissão mundial de carbono: Um panorama atualizado

Nas últimas décadas, o consumo mundial de energia, combinado com a grande dependência de fontes oriundas de combustíveis fósseis, resultou em um significativo **aumento das emissões globais de CO₂**, apesar dos avanços tecnológicos em eficiência energética e do rápido crescimento das fontes de energias renováveis na matriz energética global.



Segundo a *International Energy Agency* (IEA), no ano de 2023, as **emissões globais de CO₂ aumentaram 1,1%**, totalizando um acréscimo de 410 milhões de toneladas (Mt), alcançando o recorde de 37,4 bilhões de toneladas (Gt) em emissões, das quais 65% foram provenientes do uso de carvão.

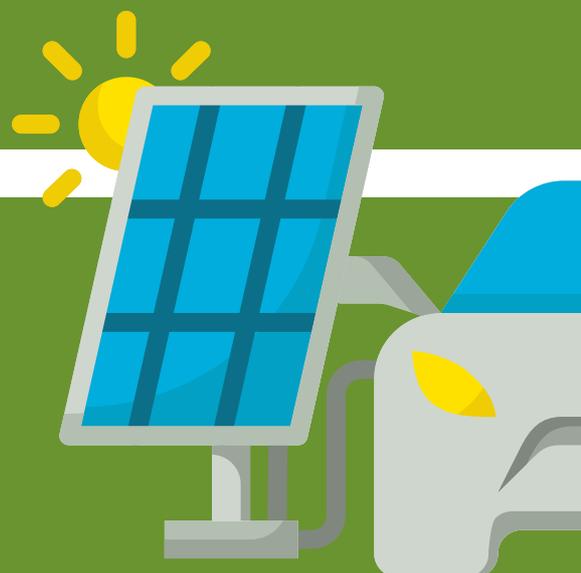
No entanto, o crescimento percentual dessas emissões foi substancialmente mais lento que o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) global, que foi de cerca de 3% em 2023.



A **energia limpa** está no centro desta desaceleração das emissões de CO₂.



Em 2023, as adições de capacidade global em energias eólica e solar fotovoltaica chegaram a um recorde de quase 540 gigawatts (GW), representando um aumento de 75% em relação a 2022.

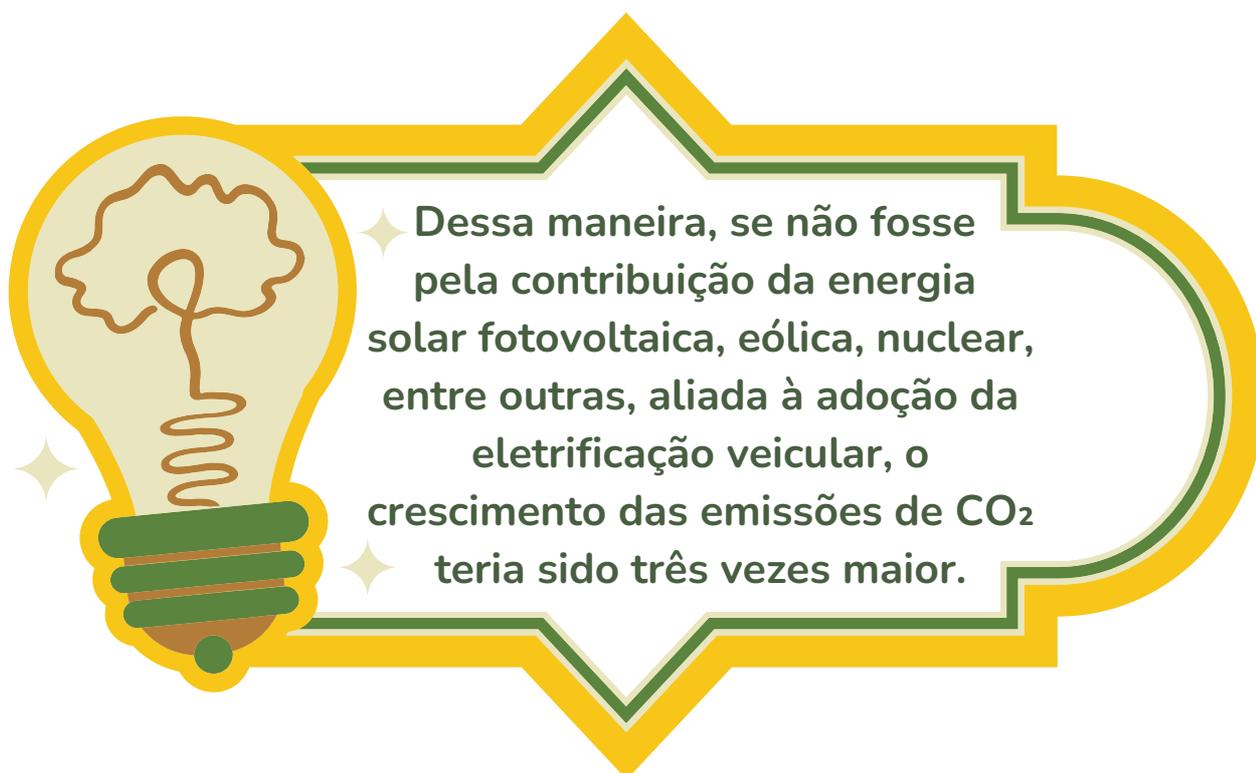


Da mesma forma, as vendas globais de veículos elétricos aumentaram para cerca de 14 milhões, um crescimento de 35% em comparação a 2022.

Esse movimento em direção à **energia limpa** tem um impacto significativo na redução das emissões globais de CO₂.

De fato, devido aos estímulos econômicos relacionados à pandemia de Covid-19, houve uma notável aceleração na adoção de **fontes de energia limpa** a partir de 2019. Entre os anos de 2019 e 2023, as emissões totais aumentaram cerca de 900 Mt.



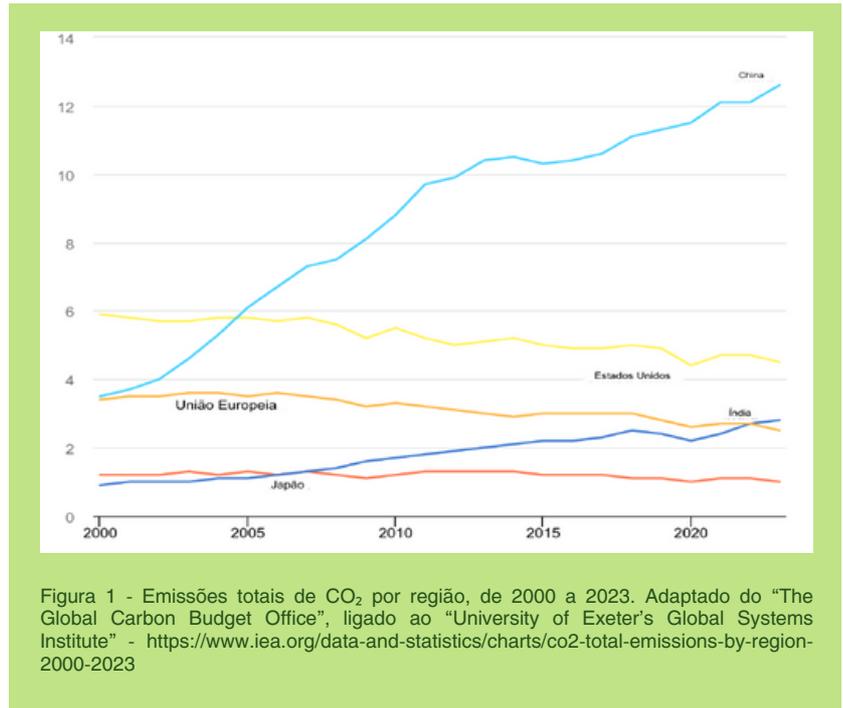


É importante pontuar que, devido à **crecente inclusão de fontes de energia limpa na matriz energética mundial**, observa-se uma minimização estrutural nas emissões totais de CO₂. Ao longo dos últimos dez anos, **as emissões globais de CO₂ cresceram ligeiramente acima de 0,5% ao ano**, a taxa de crescimento mais lenta desde a Grande Depressão de 1929.



Mesmo com o aumento contínuo da contribuição das fontes de energia limpa na matriz energética mundial, é possível **identificar um cenário desafiador para o controle das emissões de CO₂**, visto que, nas últimas décadas, essas emissões vêm continuamente aumentando nos países em desenvolvimento.

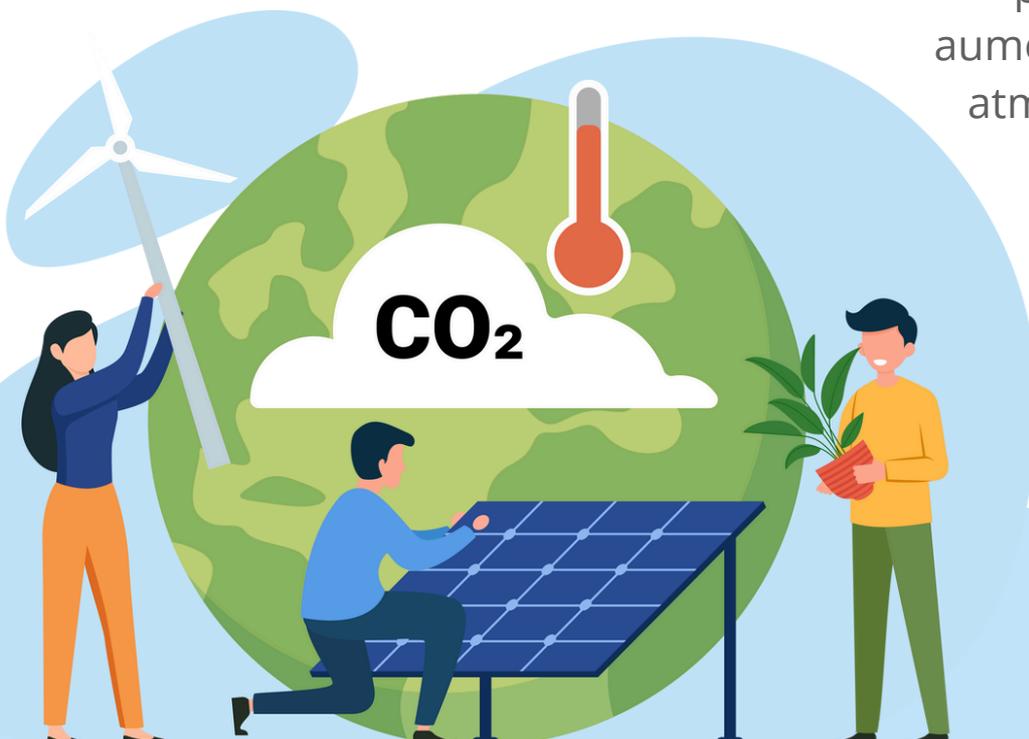
As emissões totais de CO₂ da China, por exemplo, ultrapassaram as das economias avançadas combinadas em 2020 e, em 2023, foram 15% maiores (Figura 1)



Nota-se, ainda, que a Índia superou a União Europeia em 2022, tornando-se a terceira

maior fonte de emissões globais de CO₂ em 2023. Ou seja, **os países asiáticos em desenvolvimento são agora responsáveis por cerca de metade das emissões globais de CO₂.**

Diante desse cenário de fortes emissões de CO₂, decorre um fenômeno que deve ser cuidadosamente analisado e ponderado por nossa sociedade: o aumento líquido dos níveis atmosféricos de CO₂, que tem impacto direto nas questões climáticas atuais.





De fato, está previsto um acúmulo médio de 419,3 partes por milhão (ppm) de CO₂ na atmosfera em 2023, o que é 51% acima dos níveis pré-Revolução Industrial.

Desse montante, aproximadamente 58% são capturados pelos “sumidouros naturais” terrestres e oceânicos (Figura 2).

O restante, ou seja, 42% de todas as emissões de CO₂, permanece na atmosfera terrestre, **provocando as intensas alterações climáticas que, ultimamente, têm atingido todo o planeta com consequências, por vezes, devastadoras.**

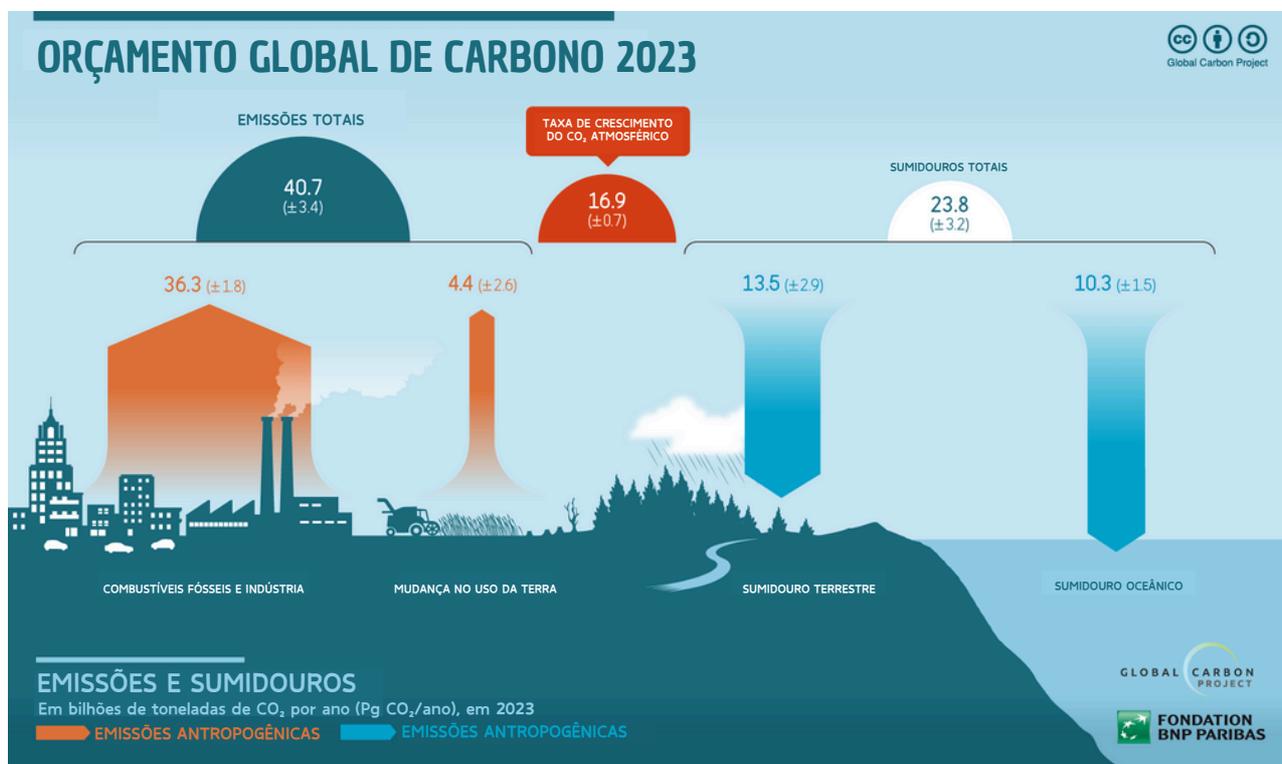


Figura 2 - Balanço global de emissões de carbono, em 2023. Adaptado da plataforma digital “global Carbon Atlas” - Disponível em: <<https://globalcarbonatlas.org/budgets/carbon-budget/>>.



REFERÊNCIAS

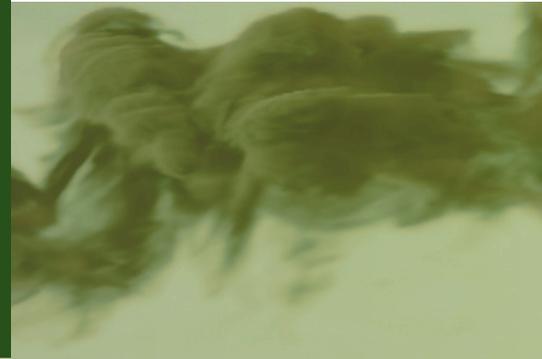
1. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO₂ Total Emissions by Region**, 2000-2023. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/co2-total-emissions-by-region-2000-2023>. Acesso em: 14 ago. 2024.
2. GLOBAL CARBON ATLAS. **Global Carbon Budget**. Disponível em: <https://globalcarbonatlas.org/budgets/carbon-budget/>. Acesso em: 14 ago. 2024.
3. UNIVERSITY OF EXETER. **Global Systems Institute: The Global Carbon Budget Office**. Disponível em: <https://www.exeter.ac.uk/research/global-systems/research/globalcarbonbudget>. Acesso em: 14 ago. 2024.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Os gases do Efeito Estufa no Brasil



Autores:

Sarah de Almeida Lima (graduanda de Engenharia de Produção na UEM)

Prof. Dr. Ivair Aparecido dos Santos (docente da UEM).

Os gases do efeito estufa no Brasil

Em 2022, o Brasil emitiu 2,3 bilhões de toneladas brutas de **gases de efeito estufa** (GEE), o que representou uma queda de 8% em relação a 2021, quando a emissão bruta foi de 2,5 bilhões de toneladas.

Mesmo com a redução, a emissão no ano de 2022 foi a terceira maior observada desde 2005, ficando abaixo apenas daquelas observadas em 2019 e 2021 (vide Figura 1).

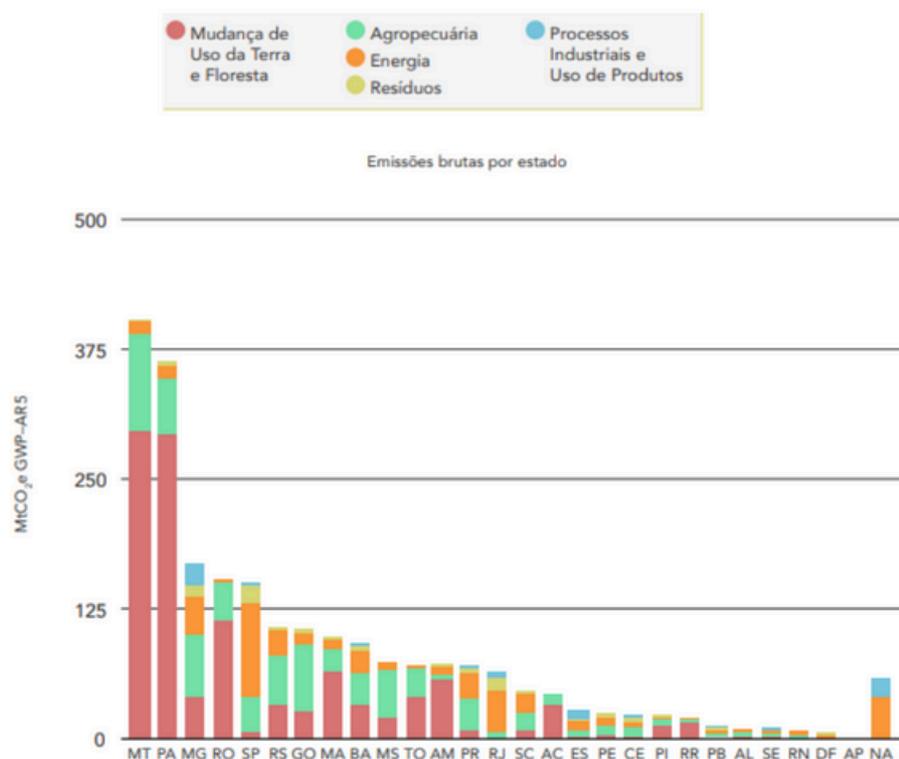


Figura 1 - Emissões de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2022 (GtCO₂e).¹

Essa queda é explicada principalmente pelo comportamento do **desmatamento na Amazônia**, que é o principal fator controlador das emissões brasileiras de GEE desde o início da constituição do SEEG (O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa), em 2012. ¹

No Brasil, em relação às **emissões de GEE** por setor, a mudança no uso da terra e florestas (o desmatamento, as queimadas para plantio e alterações no estoque de carbono orgânico do solo), fez com que as emissões de GEE aumentassem 24% em 2021, e **caíssem em 15% no ano de 2022 devido a diminuição do desmatamento na Amazônia** (taxa de desmatamento medida pelo sistema Prodes, do Inpe, caiu 11%, de 13.038 km² para 11.594 km²), a queda das emissões advindas do desmatamento impulsionaram o setor para baixo.



Contudo, a **destruição de diversos biomas brasileiros** levou à emissão de 1,2 bilhão de toneladas brutas de GEE no ano de 2023. As alterações de uso da terra representaram 93% das emissões do setor **agropecuário** no último ano, seguida de uma pequena parcela de emissões por **queimadas associadas ao desmatamento** (5%) e de alterações no estoque de carbono orgânico do solo (2%).¹

Entretanto as emissões não caíram apenas com a mudança de uso da terra. O setor de energia, por exemplo, apresentou uma redução na emissão de GEE em 2023 de 5%, depois de registrar em 2021 uma alta recorde de 12%, a maior desde 1973.

Em 2022 foram emitidas 412 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, contra 434 milhões em 2021.

Ou seja, essa queda se deve principalmente às chuvas abundantes, que reduziram a geração termelétrica e aumentaram a produção advinda de usinas hidrelétricas, e à contínua entrada de energias renováveis em grande quantidade na matriz energética nacional.

Vale ressaltar, também, que o setor de processos industriais e uso de produtos registrou queda de 6% nas emissões de GEE (para 78 milhões de toneladas), decorrente principalmente da **diminuição da produção de cimento**, e o de resíduos (resíduos sólidos em aterros controlados, lixões e aterros sanitários, efluentes domésticos, efluentes líquidos industriais, incineração da queima a céu aberto e da compostagem), uma redução de 1% (91 milhões de toneladas de CO₂), provocada pela redução da população brasileira no último Censo Demográfico Nacional.¹

Já o setor da **agropecuária**, em 2022, apresentou emissões que foram novamente as mais altas da história, superando o recorde do ano anterior de 617,2 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (GWP AR5), o que representa um aumento de 3,2% em relação a 2021 (598,3 milhões de toneladas) (vide **Figura 2**).

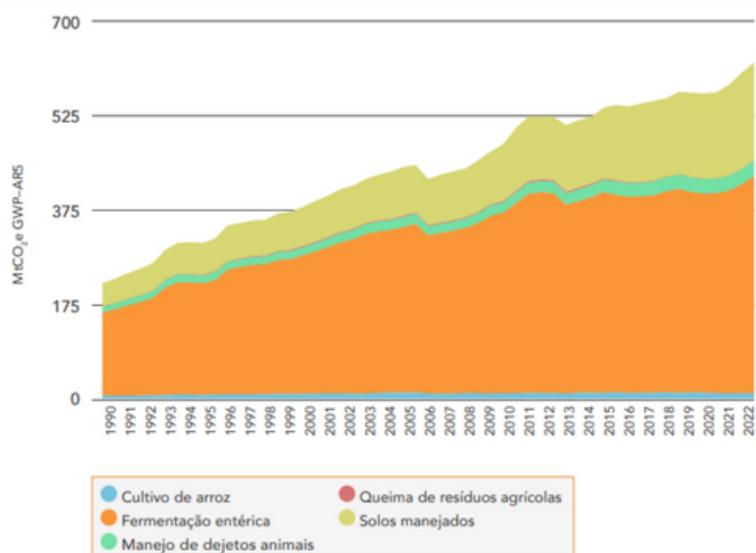


Figura 2 - Emissões da agropecuária por subsetor no período de 1970 até 2022.¹

A **principal causa das emissões** foi, assim como em 2021, o **crescimento do rebanho bovino**, que emite metano (CH_4 , emitido por meio da fermentação entérica do rebanho bovino, denominada popularmente como “arroto” do boi, vide Figura 3).

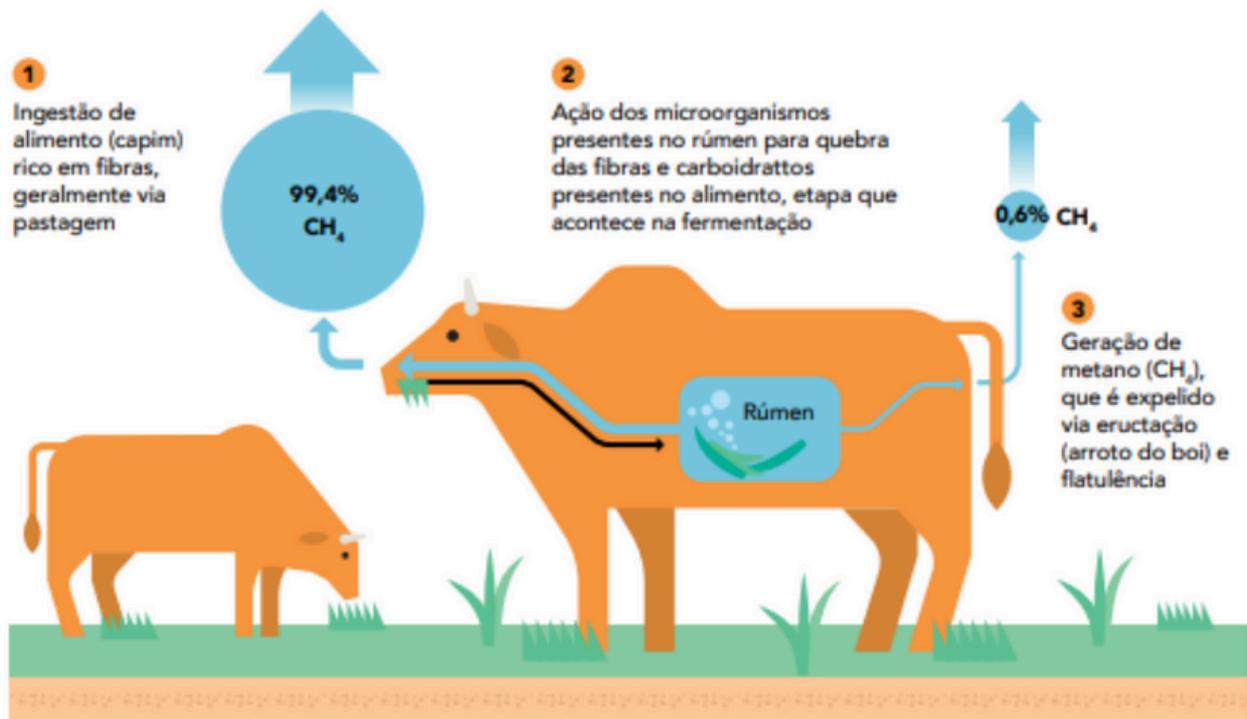


Figura 3 - Emissão de metano por fermentação entérica (o “arroto” do boi).²

O metano é um poderoso GEE e figura como o **segundo maior responsável pelo aquecimento global**. Vale ressaltar, ainda, que sua concentração mais que dobrou desde os tempos pré-industriais.¹

Para reduzir as **emissões de metano** por fermentação entérica, foram propostas **estratégias de mitigação para os rebanhos bovinos de corte e leite** que incluem terminação intensiva (TI), melhoramento genético animal (MGA), manipulação da fermentação ruminal e aprimoramento da dieta animal.²



Em 2022, os estados de Mato Grosso (17,3%) e Pará (15,6%) foram os principais emissores brutos de CO₂ no Brasil, seguidos por Minas Gerais (7,3%), Rondônia (6,6%) e São Paulo (6,5%).

Em termos de emissões brutas per capita, em 2022, **Mato Grosso lidera com 106 toneladas de CO₂ por habitante**, superando em mais de 17 vezes a média mundial, que é de 6,2 toneladas per capita, enquanto Rondônia segue com 95 toneladas per capita.



O **desmatamento e a produção agropecuária são as principais fontes de emissões em Mato Grosso, Rondônia e Pará**. Já em São Paulo e Minas Gerais, as maiores fontes de emissão são os setores de energia (especialmente o transporte) e, em Minas Gerais, também a pecuária leiteira e os processos industriais e uso de produtos (mineração) (vide Figura 4).

em Minas Gerais, também a pecuária leiteira e os processos industriais e uso de produtos (mineração) (vide Figura 4).

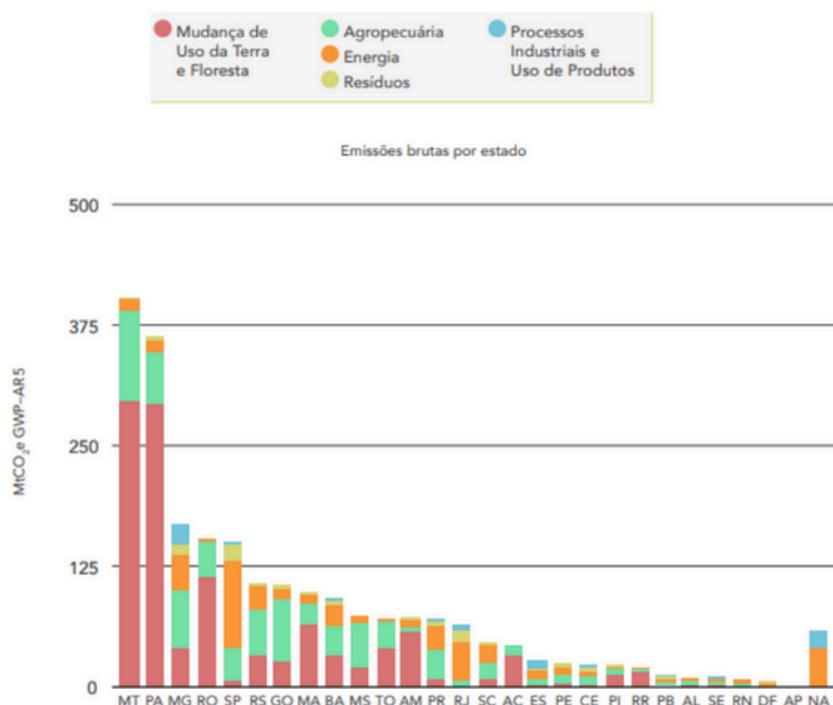


Figura 4 - Emissões líquidas por estado, 2022.¹

Desse modo, o aumento verificado nas **emissões de GEE** nos últimos quatro anos exigirá um esforço ampliado para que o Brasil cumpra sua meta de redução de GEE estabelecida no Acordo de Paris para 2025 (NDC – Contribuição Nacionalmente Determinada) (vide Figura 5).¹

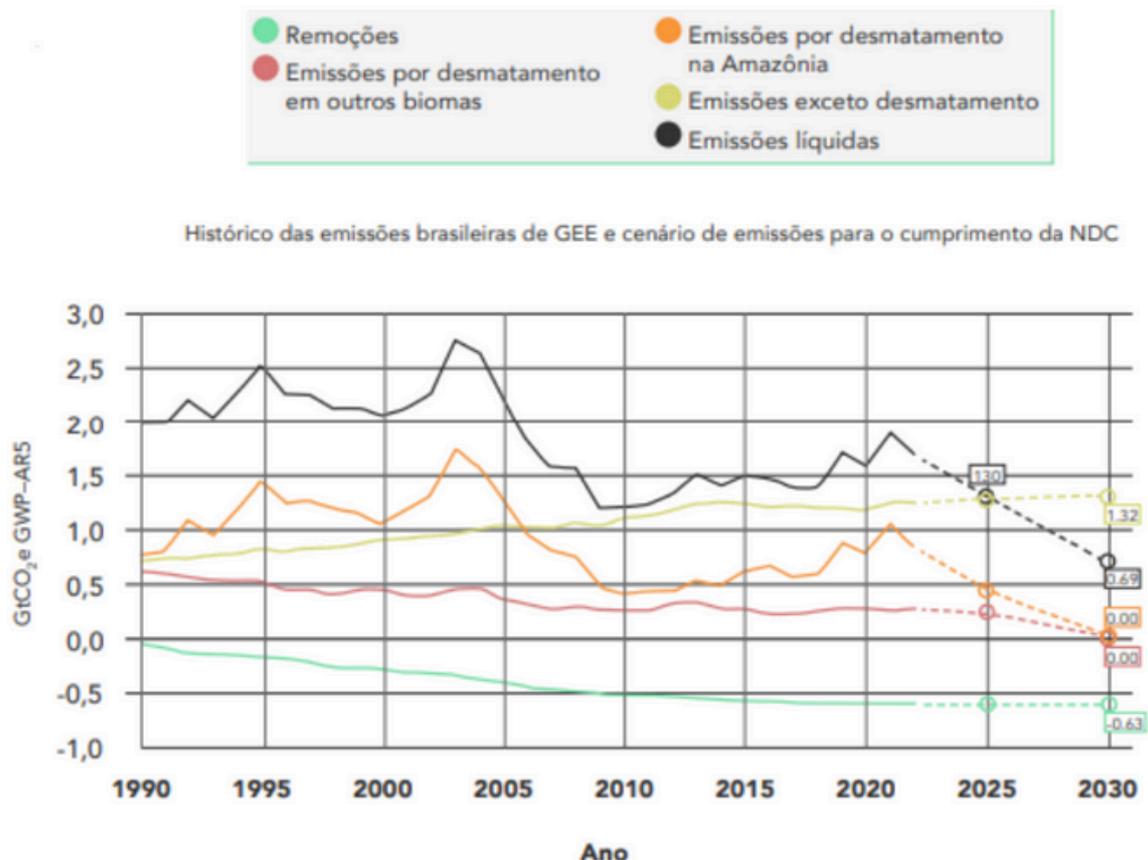


Figura 5 - Histórico das emissões brasileiras de CO₂ e cenários para o cumprimento da NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada).¹

Nesse sentido, será necessário **reduzir o desmatamento na Amazônia em 49% entre 2022 e 2025**, retomando os níveis médios de desmatamento dos anos mais baixos (2009 a 2012).

Em relação às **emissões de GEE** na produção agropecuária, o setor tem apresentado e empregado técnicas de remoção de carbono dos solos manejados por meio das práticas e tecnologias ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).

Essas iniciativas ajudam o Brasil a atingir as metas do **Acordo de Paris** e guiam o setor na direção de uma produção de **baixas emissões de GEE**, que busca também aumentar a produtividade ao mesmo tempo em que se estocam mais carbono e se reduz as emissões.

No entanto, essas remoções ainda não são contabilizadas nos inventários nacionais devido à **falta de metodologia oficial para estimá-las**. Já os setores de energia e processos industriais têm associado o transporte como a principal atividade emissora de GEE, responsável por 44% do conjunto total de suas emissões.

Neste contexto, é essencial que o país busque **alternativas ao uso do diesel de petróleo** no transporte de cargas por longas distâncias em rodovias.



Da mesma forma, as cidades devem aproveitar o esforço global pela transição energética para se modificarem e **adotarem outros meios de transporte que não os tradicionais**, optando por modos ativos (que envolve atividade física, caminhadas ou corridas) e coletivos, que são menos poluentes e, especialmente, mais democráticos que o uso do carro.¹

No quesito transporte, o gás natural parece ser, pelo menos do ponto de vista econômico, uma solução viável. Contudo, como o gás natural é um combustível fóssil, ele praticamente não reduz as **emissões de GEE**, embora emita menos material particulado. As emissões de GEE do gás natural comprimido (GNC) variam conforme a eficiência e possíveis vazamentos de metano durante o transporte.



Deve-se ressaltar que o biodiesel oferece poucas vantagens ambientais, devido ao alto consumo energético e elevadas emissões para a sua produção. **Pela perspectiva econômica, as melhores opções são GNC, gás natural liquefeito (GNL) e caminhões híbridos.**

O gás natural é mais barato que o diesel e, por emitir menos material particulado, pode ser escolhido como alternativa.³



Da mesma forma, se as emissões em todo o setor de mudança de uso da terra fossem eliminadas, ou seja, se o desmatamento nos outros biomas brasileiros também fosse eliminado ou drasticamente reduzido, haveria uma redução adicional de aproximadamente 220 MtCO₂e em 2030. As emissões líquidas nacionais seriam de 685 MtCO₂e, pouco mais da metade (57%) da meta da NDC para 2030.

Pode-se inferir que o **Brasil apresenta efeitos significativos na redução das emissões de GEE**, com uma queda de 8% em 2022 em comparação a 2021.



No entanto, as emissões ainda permanecem entre as mais altas desde 2005, principalmente devido ao desmatamento na Amazônia, que continua sendo um fator crítico.

Além disso, os setores como **energia e processos industriais também mostraram reduções nas emissões de GEE**, enquanto o setor agropecuário apresentou um aumento significativo, destacando a necessidade de estratégias de mitigação específicas para as emissões de GEE, como a terminação intensiva (TI) e o melhoramento genético animal (MGA).

A análise indica que, para o Brasil cumprir suas metas do Acordo de Paris até 2025, é necessário intensificar os esforços de redução do desmatamento e adotar práticas sustentáveis em todos os setores.



Sendo assim, embora haja avanços, o Brasil precisa de uma abordagem mais integrada para alcançar uma redução significativa e sustentável das emissões de GEE, **promovendo uma economia de baixo carbono e garantindo a preservação ambiental a longo prazo.**



REFERÊNCIAS

1. **ANÁLISE das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil.** [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/02/SEEG11-RELATORIO-ANALITICO.pdf>.
2. **DESAFIOS e oportunidades para redução das emissões de metano no Brasil.** [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/03/SEEG-METANO.pdf>.
3. **RCGI. Estudo avalia alternativas ao diesel para os caminhões de carga.** Disponível em: <https://sites.usp.br/rcgi/br/estudo-avalia-alternativas-ao-diesel-para-os-caminhoes-de-carga/#:~:text=Pela%20perspectiva%20econ%C3%B4mica%2C%20as%20melhores.>

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





ENERGIA SUSTENTÁVEL E TECNOLOGIA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS





Fontes alternativas para o carregamento de carros elétricos



Autora:

Gabriela Giovanini Hahn, (graduanda de Engenharia Mecânica na UEM)

Prof. Dr. Luiz Fernando Cótica (docente da UEM).

Fontes alternativas para o carregamento de carros elétricos

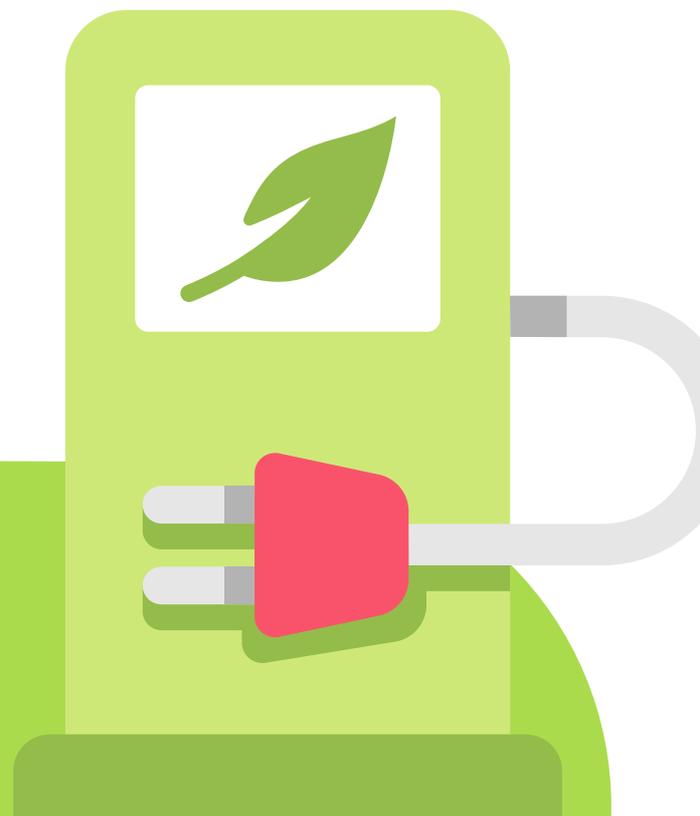
Com o **aumento da popularidade dos carros elétricos**, compreender as **diversas opções de carregamento** se torna essencial para proprietários e futuros compradores. O processo de carregar um veículo elétrico envolve diferentes métodos e tipos de conectores, que podem parecer complexos no início.

Além disso, o **local e o momento em que o carregamento é realizado** podem **influenciar significativamente a experiência do usuário**.

Este artigo tem como objetivo explorar as **três principais categorias de carregamento**:

- ✓ carga lenta (nível 1)
- ✓ carga com Corrente Alternada (CA, nível 2)
- ✓ carga com Corrente Contínua (CC, nível 3),

bem como discutir as **tendências futuras** nesse campo.





O nível 1, também conhecido como **carregamento "trickle" ou lento**, é o método mais básico e lento para carregar um carro elétrico em casa, utilizando um plugue padrão de 220V.

Este método é **recomendado apenas em casos de emergência** e deve ser usado com cautela e orientação dos fornecedores de energia elétrica.

Atualmente, cerca de **80% do carregamento de veículos elétricos é feito em casa**, principalmente durante a noite.

Esse tipo de carregamento geralmente atende às necessidades diárias de viagem da maioria dos usuários.



Nível 2

CARREGAMENTO COM CORRENTE ALTERNADA (CA)

O **nível 2** envolve a instalação de uma caixa de parede que permite **carregar o veículo de 3 a 4 vezes mais rápido do que o método doméstico padrão**.

Essa caixa converte a corrente alternada da residência em corrente contínua, necessária para carregar a bateria do carro.

Apesar de a conversão ser mais eficiente, **o dispositivo de carregamento integrado é limitado pelo espaço físico**, resultando em uma quantidade de energia relativamente baixa e, portanto, um carregamento mais lento.

Estações públicas de carregamento com CA também estão disponíveis, embora ainda sejam raras no Brasil.



Nível 2

CARREGAMENTO COM CORRENTE CONTÍNUA (CC)

O nível 3 representa o **método mais rápido de carregar um carro elétrico**, utilizando estações públicas de carregamento rápido com corrente contínua e potência a partir de 50 kW.

Com este método, a bateria pode ser recarregada de 20% a 80% em aproximadamente 40 minutos.

Estações de carregamento ultrarrápido, com potências superiores a 150 kW, também estão disponíveis.

Este tipo de carregador ignora o dispositivo de carregamento integrado do carro, **fornecendo energia diretamente à bateria** e permitindo um carregamento significativamente mais rápido.

CARREGAMENTOS ALTERNATIVOS

Além dos métodos comuns, hoje existem alguns métodos alternativos:

CARREGAMENTO SEM FIO (INDUTIVO)

Este método utiliza a **transferência de energia eletromagnética** entre duas bobinas: uma instalada no solo e outra no veículo.



Quando uma corrente alternada passa pela bobina do solo, cria-se um campo magnético que induz uma corrente na bobina do veículo, **carregando a bateria sem necessidade de conexão física**.

O carregamento sem fio oferece conveniência adicional aos proprietários de veículos elétricos, eliminando a necessidade de plugues físicos.

CARREGAMENTO DINÂMICO (ON-THE-GO CHARGING)

Este método **permite que os veículos sejam recarregados enquanto estão em movimento**. Isso é **viabilizado por infraestrutura instalada nas estradas**, que pode transferir energia via indução eletromagnética ou através de trilhos condutores embutidos na via.

O carregamento dinâmico oferece a possibilidade de estender significativamente a autonomia dos veículos elétricos durante viagens longas, sem a necessidade de paradas prolongadas para recarga.

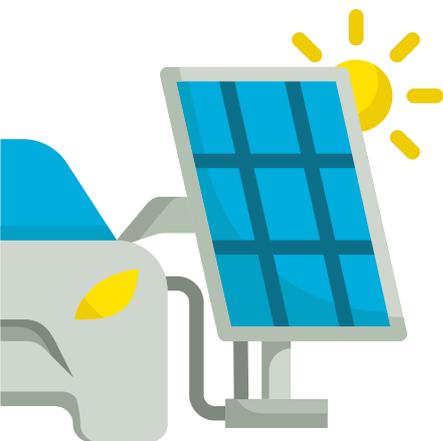
TROCA DE BATERIAS (BATTERY SWAPPING)

Neste sistema, os veículos elétricos podem **trocar suas baterias descarregadas por baterias completamente carregadas** em estações especializadas.

Esse processo é rápido, levando apenas alguns minutos, e permite que os veículos retomem rapidamente sua operação

A troca de baterias é especialmente vantajosa para frotas comerciais e operações intensivas, onde a disponibilidade imediata do veículo é crucial.

CARREGAMENTO SOLAR



O carregamento solar utiliza **painéis fotovoltaicos** para converter luz solar em eletricidade, oferecendo uma opção sustentável e econômica para recarregar veículos elétricos.

Este método reduz as emissões de carbono e pode proporcionar autossuficiência energética, especialmente em áreas com boa exposição solar.

No Brasil, onde a irradiação solar é abundante, o carregamento solar representa uma oportunidade promissora para expandir a infraestrutura de recarga de forma sustentável e acessível.



Cada um desses **métodos alternativos** oferece **soluções inovadoras** para a recarga de veículos elétricos, contribuindo para a diversificação das opções disponíveis no mercado e atendendo a diferentes necessidades de uso e operação. **No Brasil, ainda estamos avançando para que os métodos, tanto tradicionais quanto os alternativos, progridam.**



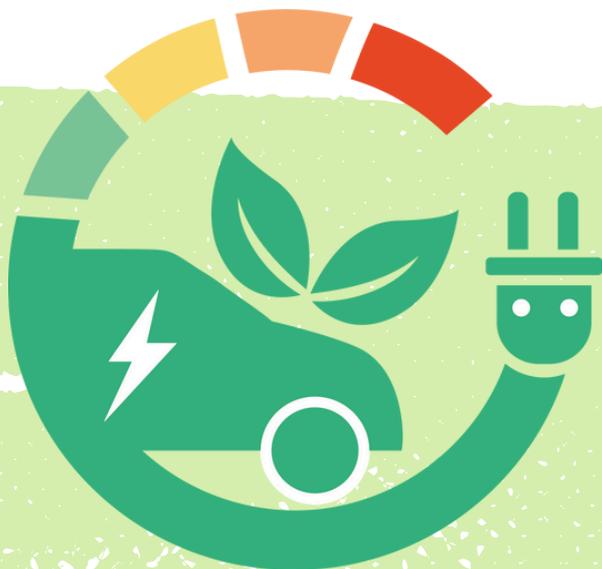
PERSPECTIVAS FUTURAS

Com a expansão da rede de estações de carregamento, torna-se cada vez mais conveniente carregar carros elétricos, especialmente em centros urbanos.

No Brasil, essas estações, embora ainda não sejam comuns, já podem ser encontradas. Algumas das cidades brasileiras que têm sido destacadas pela expansão da infraestrutura de carregamento para veículos elétricos incluem **São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre, Florianópolis, Salvador, Recife e Fortaleza.**

Essas cidades estão trabalhando para **aumentar o número de postos de carregamento**, incluindo alguns que oferecem capacidade de 50 kW ou superior.

A Shell Recharge, em parceria com a BYD, está instalando 600 carregadores rápidos, incluindo de 150 kW, nessas capitais.



O **carregamento público** oferece tanto opções de **corrente alternada quanto carregamento rápido em corrente contínua**, sendo ambas mais rápidas que o carregamento doméstico. Dependendo da capacidade da estação e do veículo, **o carregamento público pode ser de 3 a 10 vezes mais rápido que o doméstico.**

CONCLUSÃO

Compreender as diferentes opções de carregamento para carros elétricos é crucial para maximizar a eficiência e conveniência.

À medida que a infraestrutura de carregamento se expande, especialmente em centros urbanos, **espera-se que a adoção de veículos elétricos se torne ainda mais prática e acessível.**

O avanço das tecnologias de carregamento rápido em corrente contínua promete tempos de carregamento cada vez menores, contribuindo para a popularização dos veículos elétricos.





REFERÊNCIAS

1. KIA MOTORS. **Charging methods for electric cars.** Disponível em: <https://www.kia.com/eu/about-kia/experience-kia/technology/electrification/charging-methods-for-electric-cars/>.
2. CHARGEHUB. **Electric car charging guide.** Disponível em: <https://chargehub.com/en/electric-car-charging-guide.html>.
3. CHARGEHUB. **Home charging guide for electric vehicles.** Disponível em: <https://chargehub.com/en/home-charging-guide-electric-vehicles.html>.
4. TERRA. **BYD terá 600 carregadores rápidos da Shell Recharge no Brasil.** Disponível em: <https://www.terra.com.br/mobilidade/carros/byd-tera-600-carregadores-rapidos-da-shell-recharge-no-brasil>.
5. MOTOR SHOW. **BYD e Shell fazem parceria para postos de recarga de elétricos no Brasil.** Disponível em: <https://motorshow.com.br/byd-e-shell-fazem-parceria-para-postos-de-recarga-de-eletricos-no-brasil>.
6. SOLLED ENERGIA. **Como carregar carro elétrico.** Disponível em: <https://www.solledenergia.com.br/como-carregar-carro-eletrico/#entendendo-os-cabos-de-carregamento>.
7. AUTOVISTA24. **Power beyond the plug: alternative EV charging.** Disponível em: <https://autovista24.autovistagroup.com/news/power-beyond-the-plug-alternative-ev-charging/#:~:Potential%20EV%20charging%20options%20include,of%20an%20inbuilt%20solar%20panel>.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Diminuição das emissões de poluentes atmosféricos devido ao uso de carros elétricos



Autores:

Bruno Alberelo Soares, graduando de Engenharia Mecânica na UEM.

Prof. Dr. Luiz Fernando Cótica, docente do DFI/UEM.

Diminuição das emissões de poluentes atmosféricos devido ao uso de carros elétricos

A **redução da poluição do ar** é um tema em pauta globalmente na atualidade. Para tal, a **redução da emissão dos gases do efeito estufa** é um dos **principais pontos de atenção**.



Essa poluição inclui, mas não se limita, ao **gás carbônico (CO₂)** e aos **óxidos de nitrogênio (NOx)**, gases do efeito estufa, além das PM2.5 (partículas menores que 2,5 micrômetros), todas prejudiciais à saúde. Atualmente, **almeja-se alcançar, até 2050, uma redução de 80% na emissão desses poluentes** em comparação com seus níveis em 1990¹.

Um dos possíveis caminhos para atingir essa meta é a **eletrificação dos meios de transporte**.

Essa **eletrificação sofreu um crescimento exponencial** nos últimos anos, principalmente com o maior desenvolvimento e venda de carros elétricos.



Em 2022, foram vendidos mais de 10 milhões de carros elétricos, mais que o triplo das vendas nos três anos anteriores. Entre os motivos que levam o cidadão comum a optar por um veículo elétrico estão o menor custo de operação, a menor dependência de combustível e uma condução mais tranquila e silenciosa².

ANTES DO VEÍCULO ANDAR

O **veículo elétrico não possui emissões pelo escapamento** (já que não possui um), o que já é uma vantagem sobre seu equivalente a combustão. No entanto, **um veículo não emite poluentes apenas em movimento**; é necessário analisar a cadeia de processos presentes na geração da matriz energética que o alimenta, a qual também contribui para a poluição do ar.

Elétrico	Combustão
Extração de carvão e gás natural.	Extração do Petróleo nas plataformas.
Transporte desses materiais para as usinas elétricas.	Transporte do petróleo para a refinaria.
Queima desses materiais.	Refinamento do petróleo para gasolina/diesel
Perdas naturais de energia na distribuição da mesma.	Transporte dos combustíveis para os postos.
Eficiência energética do veículo.	Queima do combustível no motor.

Extraído de [3]

Tabela 1. Fontes de emissão de poluentes nos processos de abastecimentos de veículos elétricos e à combustão.

Como pode-se observar na Tabela 1, ambos os tipos de veículos possuem emissão de poluentes na produção de combustível e no abastecimento.

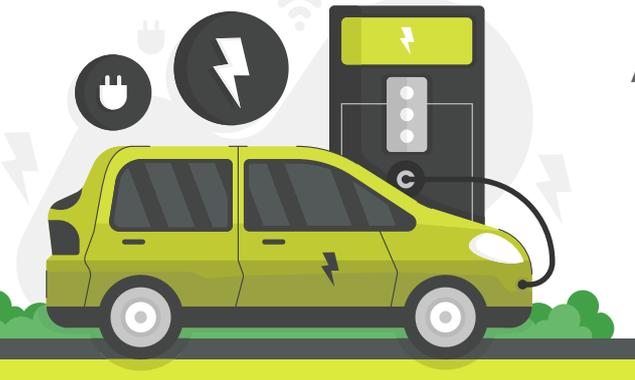
No entanto, deve-se considerar a descarbonização das matrizes energéticas ao longo do tempo e a atual utilização de fontes renováveis de energia.



Dessa forma, a **emissão de poluentes** para o abastecimento de veículos elétricos varia de acordo com onde e como ela é produzida, e a tendência é que essa **emissão continue a reduzir com o tempo**, conforme a utilização de combustíveis fósseis diminua.

Nos Estados Unidos, por exemplo, mesmo que essa variação na geração energética exista, em média, um veículo elétrico comum ainda produz menos emissões do que um a combustão³.

ALÉM DO ESCAPAMENTO



A poluição causada por **veículos em movimento não se resume aos gases vindos da exaustão do motor**. Além disso, há a poluição causada pelos freios, pelos pneus e pelo desgaste da estrada.

Como o veículo elétrico é geralmente mais pesado do que o a combustão, a poluição pode ser maior. Ao frear, o **desgaste dos discos de freio libera partículas na atmosfera**.

No entanto, a maioria dos veículos elétricos utiliza a **frenagem regenerativa**, que reduz o desgaste nesse sistema. Além disso, alguns modelos utilizam **tambores de freio que capturam as partículas liberadas**, não permitindo sua liberação na atmosfera. **Tais tambores não são aplicáveis em veículos a combustão**, devido ao calor gerado pelo freio, que é maior do que o gerado nos elétricos.



O **desgaste dos pneus** também será maior em veículos mais pesados, liberando maior quantidade de partículas. O peso maior também reflete no desgaste das estradas e na poeira espalhada nelas.



Ainda assim, considerando o elétrico mais pesado, ao comparar a quantidade de PM2.5 emitida em relação ao veículo a combustão, os níveis são muito próximos e, se ambos possuírem o mesmo peso, o carro elétrico emite menos partículas⁴.

FUTURO PROMISSOR

AFINAL, OS CARROS ELÉTRICOS REDUZEM A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA?

A resposta não é tão simples, embora **caminhe para uma conclusão afirmativa**. A poluição total de um veículo elétrico não se resume apenas à ausência de um escapamento, mas também envolve questões como a composição de seus sistemas e a matriz energética que o abastece. **No geral, os carros elétricos possuem menor emissão de poluentes.**

Com o passar do tempo, a **evolução da tecnologia**, com a melhora das composições dos pneus e das estradas, e a descarbonização das matrizes energéticas **tendem a tornar os carros elétricos uma alternativa ainda mais atrativa para a redução de gases do efeito estufa** e de PM2.5, e, conseqüentemente, para a diminuição da poluição atmosférica.



REFERÊNCIAS

1. Tonachel, L. (2022). **Electric vehicles can dramatically reduce carbon pollution from transportation.** **Natural Resources Defense Council.** Disponível em: <https://www.nrdc.org/bio/luke-tonachel/study-electric-vehicles-can-dramatically-reduce-carbon-pollution-transportation>.
2. PurpleAir. (2022). **How electric cars impact air quality.** Disponível em: <https://www2.purpleair.com/blogs/blog-home/how-electric-cars-impact-air-quality>.
3. Reichmuth, D. (2023). **Today's electric vehicles can greatly reduce emissions from driving.** **Union of Concerned Scientists.** Disponível em: <https://blog.ucsusa.org/dave-reichmuth/todays-electric-vehicles-can-greatly-reduce-emissions-from-driving/>.
4. Sustainability by Numbers. (2023). **Electric vehicles and air pollution.** Disponível em: <https://www.sustainabilitybynumbers.com/p/electric-vehicles-air-pollution>.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E TECNOLOGIAS ASSOCIADAS





Eficiência energética, teoria da potência instantânea e paridade das placas solares - Rumo a um futuro energético sustentável



Autor:

Willian Matheus Feitosa Ramos (graduando de Engenharia Elétrica no IFPR)

Prof. Dr. Ricardo Gouveia Teodoro (docente do IFPR)

Eficiência energética, teoria da potência instantânea e paridade das placas solares - Rumo a um futuro energético sustentável

Eficiência Energética e Energia Solar

Com o aumento da demanda por economia e energia sustentável, a procura por energia fotovoltaica tem se intensificado. No entanto, é imperativo analisar e atualizar métodos a fim de mitigar os impactos ambientais.

O presente estudo tem como objetivo apresentar soluções que visem aprimorar a qualidade energética e fomentar a pesquisa na área.



Eficiência Energética

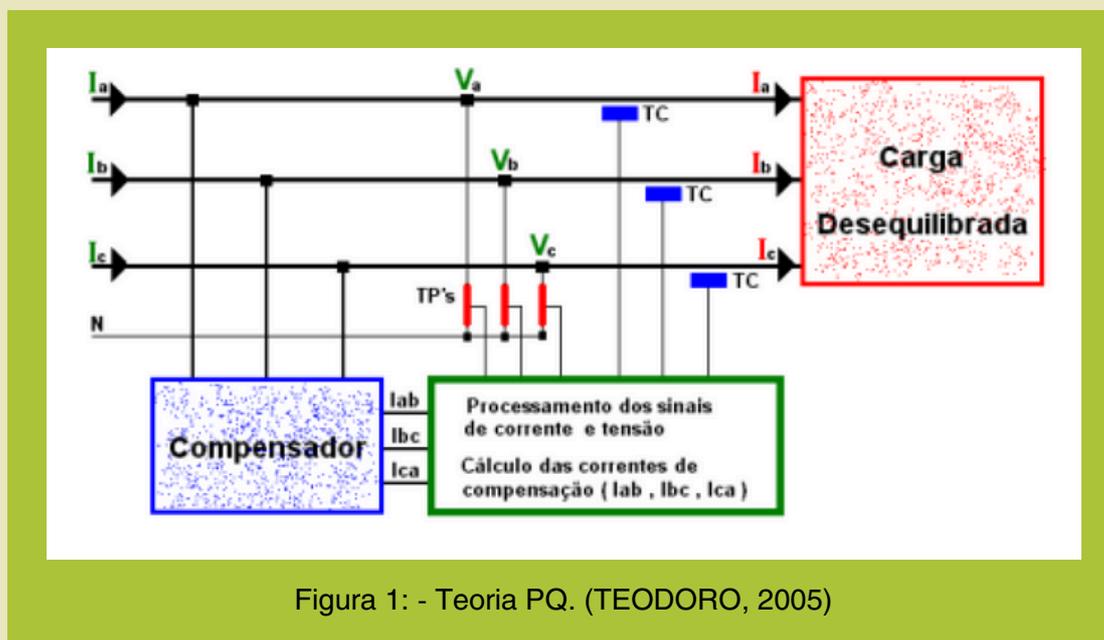
Recentemente, a energia tem desempenhado um papel fundamental em diversos aspectos, sendo essencial para o funcionamento de muitos sistemas. Portanto, a **qualidade da energia** torna-se indispensável, não podendo haver sobrecargas ou problemas com harmônicas.

Para abordar essas questões, foram desenvolvidas normas como NEMA, CIGRE e IEC 1000-2, cujo principal objetivo é regulamentar os desafios enfrentados em uma rede elétrica.

Com base nessas normas, foram desenvolvidas **técnicas para garantir a entrega eficaz de energia**. A **teoria da potência instantânea**, também conhecida como **teoria PQ**, opera com os valores instantâneos de tensões e correntes. Seu uso abrange tanto o regime permanente quanto o regime transitório, sendo aplicável em sistemas trifásicos sem o neutro.

Essa teoria utiliza **transformações algébricas** para representar o sistema em um referencial estacionário com os eixos a-b-c. Os valores de potência podem ser calculados a partir das tensões e correntes utilizando os eixos alfa-beta-0.

A potência ativa é obtida pela **soma da potência instantânea** (p) com a **potência oscilatória** (P_{linha}). Além disso, essa abordagem de equilíbrio é mais eficaz para a obtenção de parâmetros em tempo real (TEODORO, 2005).



O fator de desequilíbrio da energia elétrica, também conhecido como **método de Steinmetz**, é calculado pela relação entre o componente de sequência negativa e o componente de sequência positiva. Para utilizar esse método, é necessário resolver uma série de equações até chegar a uma equação que descreva os valores instantâneos.

Além disso, observou-se que esse método opera por meio de um equipamento auxiliar chamado **compensador**, que é conectado em paralelo com a carga. Esse circuito de controle deve incluir dispositivos de detecção de zeros e identificação dos sinais das derivadas da tensão (TEODORO, 2005).

ENERGIA SOLAR

No Brasil, foram produzidos cerca de 677 TWh no ano de 2022, sendo **29,788 TWh provenientes somente de energia solar** (ENERGETICA, 2024). A geração de energia consiste em duas partes essenciais para sua produção.

Os **módulos fotovoltaicos**, inversores e otimizadores de potência, também conhecidos como **placas solares**, são construídos com material de **silício cristalino (C-Si)**. A captação dessa energia só foi possível devido à **teoria mecânica quântica**, que afirma que qualquer tipo de radiação eletromagnética possui partículas, chamadas de fótons, que conseguem carregar somente uma determinada parte de partículas de energia (E_f).



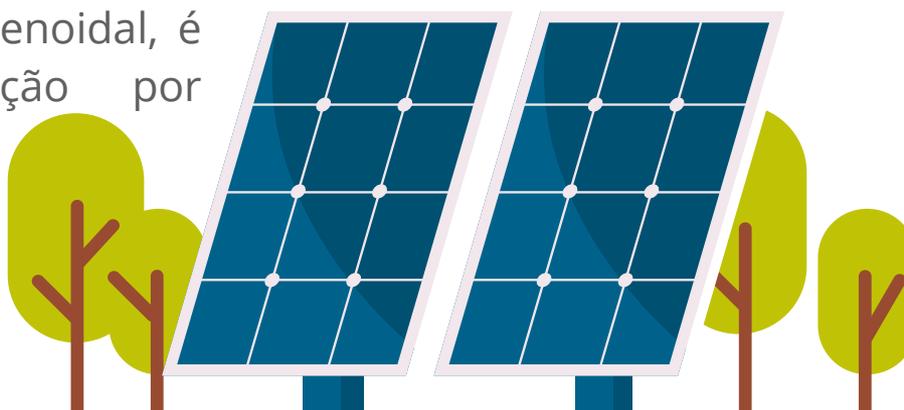


A **construção da placa solar** consiste em duas partes. A primeira é uma **concentração de lacunas na camada de valência**, denominadas tipo P, onde o silício é dopado com um material pentavalente. A segunda parte consiste em um **átomo doador**; ou seja, em sua camada de valência existem mais elétrons. Para isso, o material semicondutor foi alterado com a junção de um material trivalente, também denominado tipo N.

Através desse tipo de ligação, é criado um **campo magnético** na saída do elétron para a parte positiva, criando uma barreira que só é quebrada quando o semicondutor é excitado por um fóton, que, por sua vez, consegue reagir com apenas um átomo de silício, como provado na **teoria de Einstein** (ZILLES, 2012).

A função primordial do inversor dentro de um sistema fotovoltaico reside na **conversão de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA)**, processo muitas vezes realizado por meio de uma ponte H, comumente referida como full-bridge.

Seu princípio de operação envolve sistemas de comutação que **alternam a corrente elétrica**, proveniente de uma fonte contínua, a **uma frequência específica**. Para se aproximar mais de uma forma de onda senoidal, é empregada a modulação por largura de pulso (PWM) (GERMANOS et al., 2020).



O **otimizador de potência** é utilizado em pares e geralmente aplicado em usinas de pequeno porte, visto que permite que cada placa produza individualmente. Ou seja, se uma estiver danificada, ela não afetará a produção final.

O otimizador é composto por um conversor CC-CC Buck, que atua para evitar a corrente reversa. Contudo, sua escolha depende da temperatura de trabalho ideal, podendo não funcionar corretamente. Devido a isso, seu uso é mais adequado a sistemas pequenos (SOUZA, 2019). Como ilustrado na **Figura 2**.

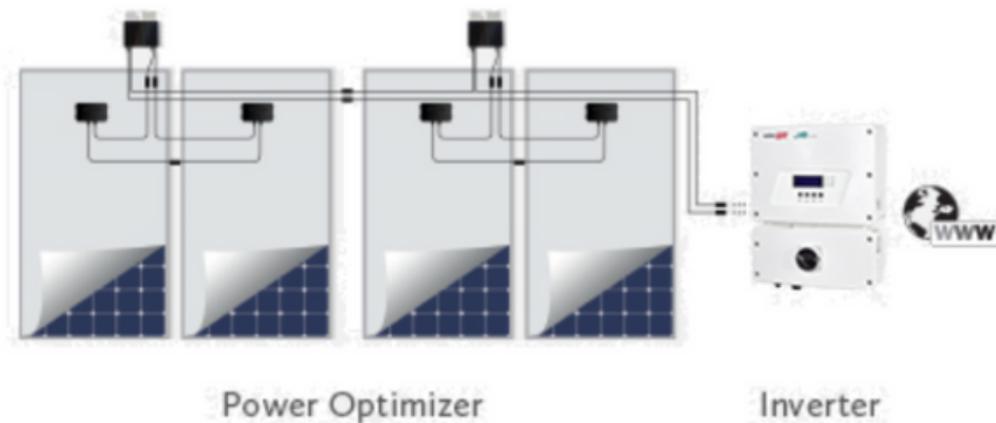
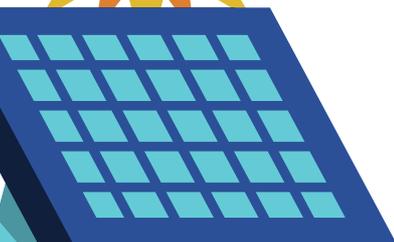


Figura 2: - Funcionamento do Otimizador. (SOUZA, 2019)

ENERGIA SOLAR



A paridade de placas solares e a eficiência energética estão intrinsecamente relacionadas a diversos dos **17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)** das Nações Unidas. Esses objetivos foram estabelecidos com o propósito de **proteger o planeta e promover uma sociedade com menos pobreza até o ano de 2030**.



REFERÊNCIAS

1. ENERGETICA, E. de P. **Matriz Energética e Elétrica**. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 14 maio 2024.
2. GERMANOS, F. C.; CATALANI, J. S. C. C. R. M. R. A. C. **Inversores de Potência: Conceitos teóricos e demonstração experimental**. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/hZbhGcY6YNX4zqNZSRSDtSp/#>. Acesso em: 12 abr. 2024.
3. SAYEG, R. H. **Objetivo de desenvolvimento sustentável 17 – ODS 17 – Parcerias pelas metas**. Revista de Doutrina da 4ª Região, Porto Alegre, n. 81, 2017.
4. SOUZA, J. P. de. **Tecnologia MLPE – Como os otimizadores de potência estão revolucionando o mercado fotovoltaico**. 2019. Disponível em: <https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/tecnologia-mlpe—como-os-otimizadores-de-potencia-estao-revolucionando-o-mercado-fotovoltaico>. Acesso em: 14 maio 2024.
5. TEODORO, R. **Metodologia para compensação de desequilíbrio em redes elétricas**. 2005. Acesso em: 12 maio 2024.
6. ZILLES. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. (German) [On the electrodynamics of moving bodies]. v. 1, p. 14, 2012.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





A brevidade no descarte de placas fotovoltaicas: Um estudo sobre o impacto na eficiência energética



Autora:

Giselly Alves Pereira (graduanda de Engenharia Elétrica do IFPR)

Prof. Dr. Thiago Tonon (docente do IFPR)

A brevidade no descarte de placas fotovoltaicas: um estudo sobre o impacto na eficiência energética

O Brasil alcançou, em 2023, o **sexto lugar no ranking mundial de geração de energia solar fotovoltaica**, conforme levantamento da *Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA)*. De acordo com o relatório, o país produziu um **total de 37 GW de capacidade instalada**, ultrapassando a Itália e a Austrália.



Além disso, um estudo realizado pela consultoria *Wood Mackenzie* aponta que o Brasil será o **quinto maior mercado de energia solar do mundo até 2032**.

Outro estudo, realizado pela IRENA em conjunto com a IEA (Agência Internacional de Energia), relatou um **crescimento significativo na produção de módulos fotovoltaicos até 2050**.

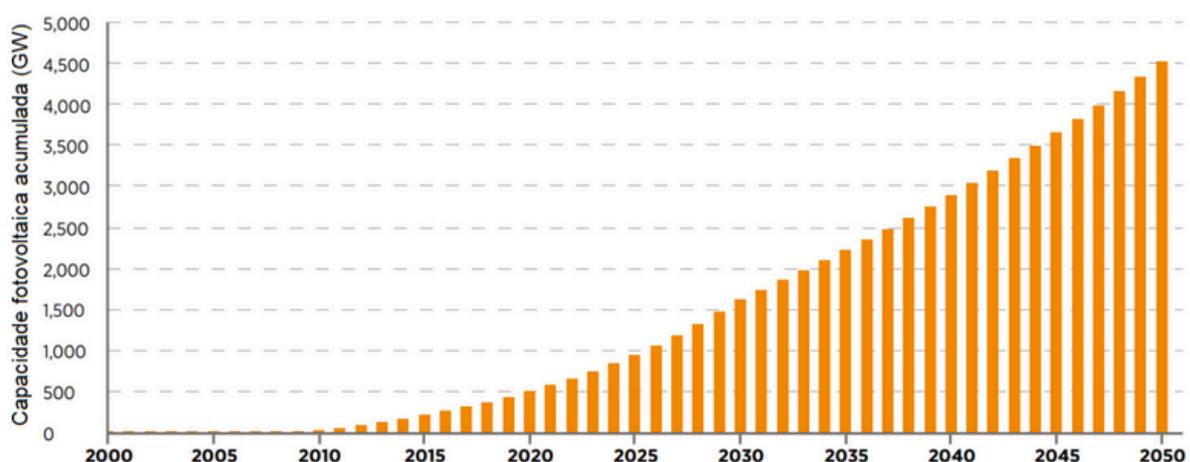


Figura 1- Projeção cumulativa global fotovoltaica. Fonte: Adaptado de IRENA e IEA (2016) retirado de “Ciclo de vida de painéis fotovoltaicos: recuperação do vidro como alternativa ao descarte”.

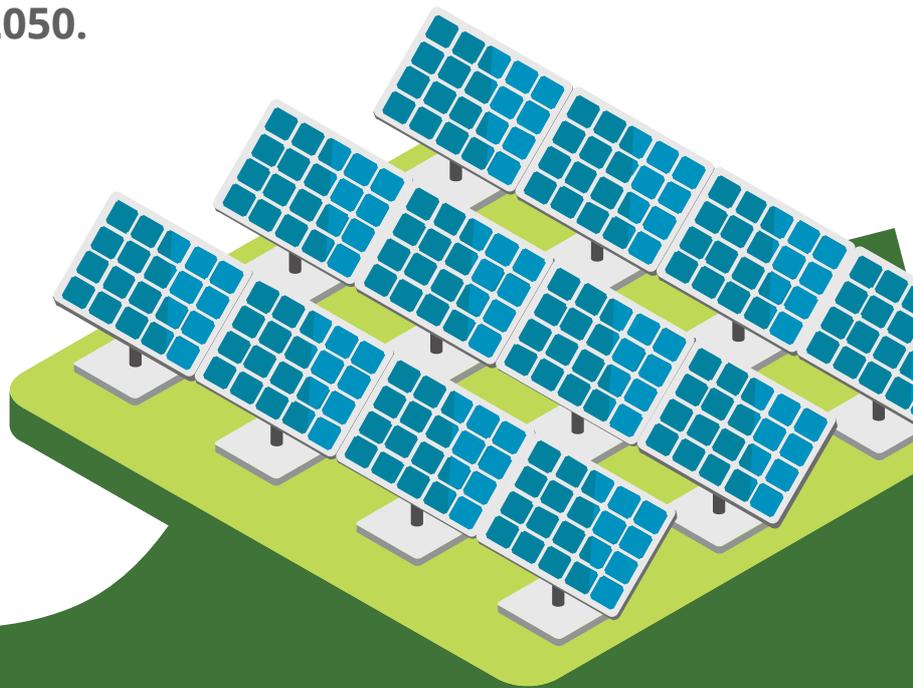
A tendência é que a fabricação desses módulos também faça com que os **módulos descartados cresçam significativamente** até o ano estimado.



As placas solares fotovoltaicas possuem um tempo de vida útil entre 25 e 30 anos. Durante este ciclo, estima-se um descarte de aproximadamente 78 milhões de toneladas de módulos em todo o mundo (IRENA e IEA-PVPS, 2016).

Considerando a operação contínua dos módulos durante toda a vida útil de 30 anos, sem falhas, e a possibilidade de descarte antecipado dos painéis devido a falhas ou interrupção da operação, a IRENA e a IEA (2016) realizaram um estudo que prevê um **aumento nos volumes globais de resíduos fotovoltaicos de 2016 a 2050.**

O impacto do descarte inadequado das placas pode variar desde a contaminação do solo até a emissão de gases poluentes na camada de ozônio.



A **Política Nacional de Resíduos Sólidos** classifica, no momento do descarte, os módulos fotovoltaicos como REEE (Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos), exigindo tratamento adequado.



Quando **descartados incorretamente**, os **painéis fotovoltaicos podem contaminar o solo e a água** devido à liberação de metais pesados durante a decomposição dos módulos, como chumbo e cádmio.

Além disso, os componentes que fazem parte da estrutura das placas, como alumínio, vidro e plástico, **não são biodegradáveis**, permanecendo por anos até a sua decomposição.

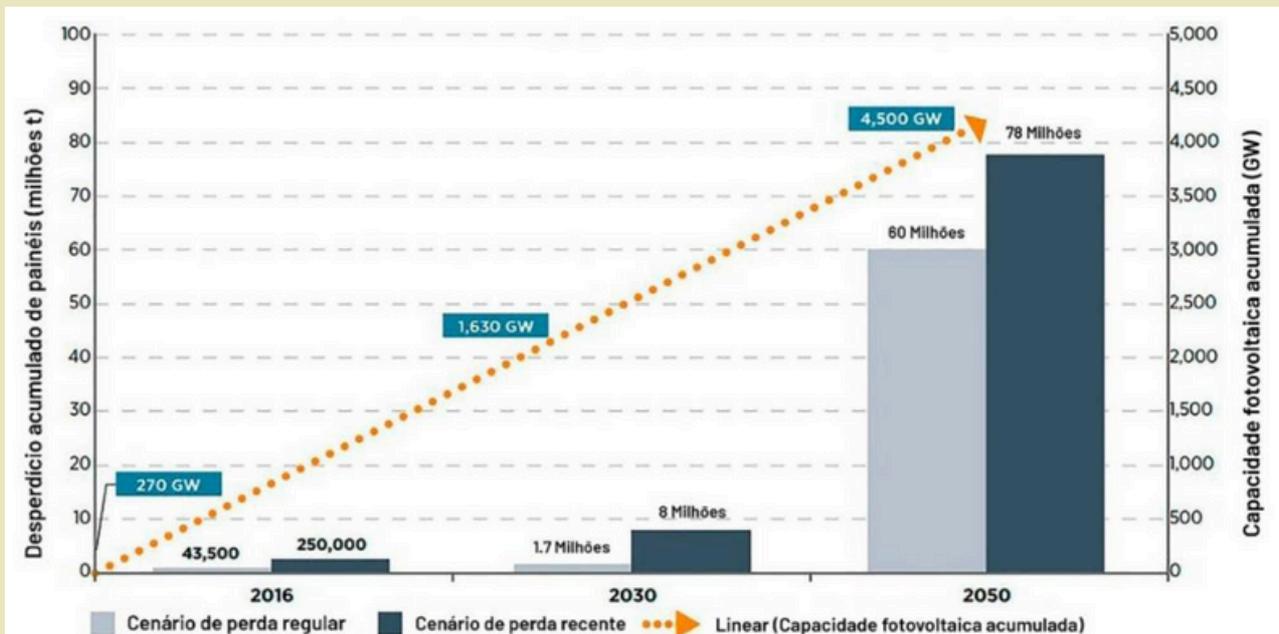


Figura 2- Visão geral das projeções globais de resíduos de painéis fotovoltaicos
Fonte: Adaptado de IRENA e IEA PVPS (2016), retirado de “Ciclo de vida de painéis fotovoltaicos: recuperação do vidro como alternativa ao descarte”.

Diante da **crescente demanda por painéis fotovoltaicos, os riscos de contaminação devido ao descarte inadequado tornam-se preocupantes.** Paralelamente à alta demanda, pesquisas mais aprofundadas sobre a separação e o descarte dos materiais que compõem o módulo devem ser realizadas.

➤ **Componentes como a célula de silício, altamente prejudicial ao solo quando descartada, e materiais não biodegradáveis, como plástico, vidro e alumínio, são preocupantes.**

Com a finalidade de diminuir impactos ambientais e despesas industriais, a Logística Reversa tem o potencial de realizar etapas capazes de executar tais papeis.

Em suma, seu objetivo é recuperar, reciclar ou descartar adequadamente os materiais componentes através de algumas etapas: coleta, classificação, desmontagem, transporte e tratamento





REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL (IRENA) e AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Projeção cumulativa global fotovoltaica. Ciclo de vida de painéis fotovoltaicos: recuperação do vidro como alternativa ao descarte.** 2016.
2. WOOD MACKENZIE. **Estudo sobre o mercado de energia solar fotovoltaica.** 2023.
3. AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL (IRENA) e AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Estudo sobre resíduos fotovoltaicos.** 2016.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Eficiência energética e a baixa emissão de carbono usando sensores magnéticos



Autores:

Gabriela Giovanini Hahn (graduanda de Engenharia Mecânica na UEM)

Bruno Alberelo Soares (graduando de Engenharia Mecânica na UEM)

Prof. Dr. Luiz Fernando Cótica (docente da UEM)

Eficiência energética e a baixa emissão de carbono usando sensores magnéticos

A **baixa emissão de carbono** e a **economia de energia** são objetivos cruciais no contexto da gestão energética. Sensores magnéticos desempenham um papel significativo na consecução desses objetivos, facilitando o **consumo eficiente de energia** e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa.



Em outras palavras, **sensores magnéticos** e tecnologias relacionadas são **essenciais para alcançar metas de baixa emissão de carbono e economia de energia**.

Ao melhorar a eficiência energética, reduzir o desperdício e aumentar a eficiência operacional, esses sensores contribuem para um futuro mais sustentável.

Além do fator **sustentabilidade**, os **sensores magnéticos** representam uma excelente oportunidade para as indústrias aumentarem seus lucros. O mercado global de **sensores magnéticos** deve experimentar um crescimento significativo nos próximos anos, impulsionado pela demanda crescente de diversas indústrias, como a automotiva, eletrônicos de consumo e saúde.

Abaixo, são apresentadas algumas previsões:

- O tamanho do mercado global de **sensores magnéticos** está projetado para alcançar US\$ 2.382,91 milhões em 2023 e deve crescer a uma taxa de 4,9% ao ano de 2023 a 2033, atingindo US\$ 3.844,70 milhões até 2033 [1]
- Outro relatório estima que o mercado global de **sensores magnéticos** foi avaliado em US\$ 4,43 bilhões em 2021 e espera-se que cresça a uma taxa de 7,5% ao ano de 2022 a 2030, alcançando US\$ 8,02 bilhões [1]
- O tamanho do mercado de **sensores magnéticos** está projetado para alcançar US\$ 6,2 bilhões até 2025, partindo de um valor estimado de US\$ 4,3 bilhões em 2020, com uma taxa de 7,7% ao ano de 2020 a 2025 [1]
- Um relatório mais recente afirma que o tamanho do mercado global de **sensores magnéticos** foi avaliado em US\$ 7,1 bilhões em 2022 e está prestes a crescer de US\$ 8,39 bilhões em 2023 para US\$ 31,98 bilhões até 2031, com uma taxa de 18,2% ao ano de 2024 a 2031 [1]



O crescimento é impulsionado por fatores como:

- ▶ Adoção crescente de **sensores magnéticos** em aplicações avançadas, como veículos autônomos [1];
- ▶ Aumento da demanda por **sistemas de navegação** em automóveis e smartphones [1];
- ▶ Avanços nas técnicas de detecção e regulamentações exigindo seu uso em automóveis [1];
- ▶ Integração generalizada de **sensores magnéticos** em várias indústrias [1].

Os Estados Unidos são atualmente o maior mercado, representando cerca de 23% da participação global [1]. Em termos de segmentação, o mercado é principalmente dividido com base no tipo (efeito Hall, magnetorresistivo, SQUID, fluxgate), **alcance**, **aplicação** (detecção de velocidade, detecção de posição, navegação), **indústria de uso final** (automotiva, eletrônicos de consumo, saúde, aeroespacial e defesa) e **geografia**.



O **magnetismo** é um tópico muito presente na atualidade, tanto no âmbito científico, em pesquisas e desenvolvimento de projetos, quanto no cotidiano da população.

O conhecimento do **magnetismo** e seu funcionamento proporcionou um grande salto na tecnologia utilizada no dia a dia, e um grande exemplo são os **sensores magnéticos ou magnetômetros**.

Como o nome sugere, são dispositivos capazes de **detectar estímulos eletromagnéticos**.

Sensor Hall:

Baseiam-se no **efeito Hall** e são principalmente compatíveis com circuitos microelétricos. Apesar disso, são sensores que podem ser facilmente substituídos por outros sensores magnéticos.

Sensor Magnetoresistivo:

Baseia-se no **efeito magnetoresistivo**, que é a dependência que a resistividade de alguns materiais apresenta à magnetização ou a um campo magnético aplicado.

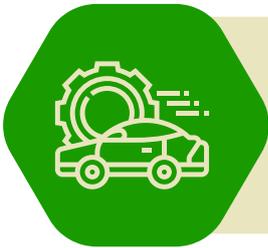
Magnetômetro de Bobina:

Seu princípio físico reside na **Lei de Indução de Faraday**, sendo que a sensibilidade deste sensor depende da razão da indutância e da resistência da bobina.

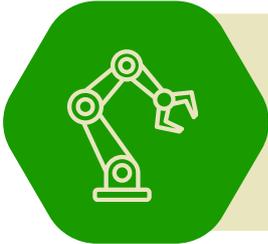
Sensor SQUID:

É o mais sensível de todos os **sensores magnéticos**, baseando-se na interação de correntes elétricas e campos magnéticos, quando materiais estão tão resfriados que tornam-se supercondutores, perdendo toda a resistência ao fluxo de eletricidade.

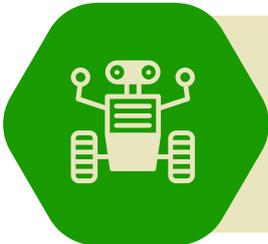
As principais aplicações dos **sensores magnéticos** abrangem várias indústrias e incluem:



Indústria Automotiva: Sensores magnéticos são usados para determinar a posição dos freios, direção, marchas, etc., fornecendo dados para as Unidades de Controle Eletrônico (ECUs) dos automóveis.



Automação Industrial: São utilizados para detectar a posição de válvulas, portas, nível de fluidos e posição de ferramentas em ambientes industriais.



Robótica: Sensores magnéticos ajudam a determinar a posição de vários componentes de um robô em relação uns aos outros.



Sistemas de Segurança: São empregados em sensores de portas ou janelas para detectar se estão abertas.



Eletrodomésticos: São usados para determinar as posições das portas de micro-ondas, máquinas de lavar e geladeiras para garantir a operação segura.

Portanto, **esses sensores são muito versáteis** e podem ser aplicados onde quer que seja necessário detectar proximidade, posição e deslocamento, tornando-se componentes essenciais em uma ampla gama de aplicações em diferentes setores.

Neste artigo vamos tratar de duas áreas específicas, os sensores utilizados na **indústria automotiva** e na **área de saúde**.



Sensores utilizados em Medicina

Sensores magnéticos desempenham um papel crucial em várias aplicações médicas. Sensores de campo magnético são utilizados para detecção **biomagnética**, como na **magnetocardiografia**, **magnetoencefalografia** e **magnetomiografia**, que podem fornecer medições não invasivas dos campos magnéticos gerados pelo coração, cérebro e músculos, respectivamente. Essas medições permitem a detecção precoce de anomalias em comparação com outras técnicas.

Veja alguns exemplos na **Tabela 1** [1].

Magnetocardiografia(MCG)	Podem ser utilizados sensores a bobina, SQUID, e o magnetoresistivo, que são sensores de alta e média sensibilidade.
Magnetoencefalografia(MEG)	Da mesma forma que o MCG, sensores a bobina, magnetoresistivo, e o sensor SQUID.
Magnetomiografia(MMG)	Como é um exame que precisa de um sensor de máxima sensibilidade, o único indicado é o sensor SQUID.
Magnetoneurografia(MNG)	Assim como o MMG, para a realização do exame o sensor precisa ser muito sensível, portanto o sensor SQUID é o mais indicado.
Detecção de Biomarcadores	Nesse caso, podem ser utilizados sensores Hall e sensores magnetoresistivos.

Fonte: Benzaquen, M., & Lalonde, P. (2020). "A Review of Uncooled Optical Terahertz Sensors." Sensors, 20(6), 1569. <https://doi.org/10.3390/s20061569>



Sensores em um carro

Sensores magnéticos desempenham um papel crucial em aplicações **automotivas**, oferecendo medição sem contato e sem desgaste de quantidades mecânicas. Esses sensores são utilizados em várias funções dentro dos veículos, incluindo **fechamento de janelas, detecção de cintos de segurança e habilitação da condução autônoma.**

Sensores magnéticos de posição detectam a presença de um campo magnético para determinar os dados de posição de objetos, enquanto **sensores magnéticos de velocidade** são responsáveis por detectar a velocidade e a direção de componentes rotativos, como rodas.

Alguns exemplos são apresentados na **Tabela 2** [1]

Velocidade	Os sensores de velocidade do carro são normalmente de efeito Hall ou magnetoresistivos, estes emitem sinais proporcionais à ela.
Freios	O sistema de Freios Anti-Bloqueio, do inglês Anti-Lock Breaking System (ABS) utiliza os sensores de velocidade para seu funcionamento (os já citados de efeito Hall e magnetoresistivos). Os modelos mais antigos desse sistema também utilizavam sensores de bobina.
Pedais	Em veículos mais novos, são utilizados sensores de efeito Hall para medir a posição angular dos pedais. Os sensores de efeito Hall também podem estar presentes na detecção da posição angular dos assentos, faróis, válvula de aceleração e controle da transmissão.
Combustível	O sensor Hall também pode ser utilizado para medir o nível de combustível no automóvel.

Fonte: TREUTLER, C. P. O. Magnetic sensors for automotive applications. Sensors and Actuators A: Physical, v. 91, n. 1-2, p. 2-6, 2001.

Em resumo, os **sensores magnéticos** desempenham um papel vital tanto na sustentabilidade energética quanto no avanço tecnológico em diversas indústrias.

Seu impacto vai além da eficiência operacional, **oferecendo oportunidades significativas de crescimento econômico e inovação**, especialmente nos setores automotivo e de saúde, consolidando-se como tecnologias essenciais para o futuro.



REFERÊNCIAS

1. BENZAQUEN, M.; LALONDE, P. A Review of Uncooled Optical Terahertz Sensors. *Sensors*, v. 20, n. 6, p. 1569, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s20061569>. Acesso em: 19 ago. 2024.
2. **Magnetic Sensors Market.** Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/magnetic-sensors-market>. Acesso em: 19 ago. 2024.
3. **Magnetic Sensors Market.** Disponível em: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/magnetic-sensors-market>. Acesso em: 19 ago. 2024.
4. **Magnetic Field Sensors Market.** Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/magnetic-field-sensors-market-521.html>. Acesso em: 19 ago. 2024.
5. **Magnetic Sensors Market.** Disponível em: <https://www.skyquestt.com/report/magnetic-sensors-market>. Acesso em: 19 ago. 2024.
6. **Magnetic Sensor Market.** Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/magnetic-sensor-market>. Acesso em: 19 ago. 2024.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





COLETA DE ENERGIA E MATERIAIS PIEZELÉTRICOS





Desenvolvimento de dispositivos piezelétricos coletores de energia



Autores:

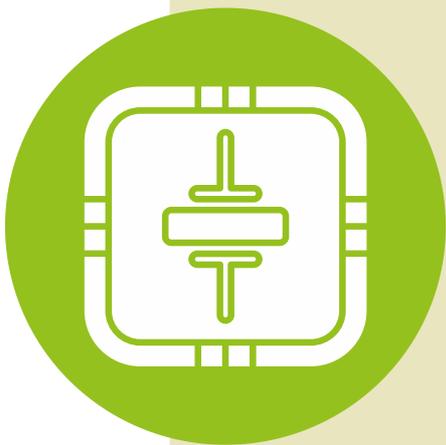
Alex Gonzaga dos Santos Júnior (graduando de Engenharia Elétrica do IFPR)

Prof. Dr. Eduardo Augusto Castelli Astrath (docente do IFPR)

Desenvolvimento de Dispositivos Piezelétricos coletores de energia

Nos últimos anos, a busca por fontes de **energia limpa e renovável** tornou-se uma prioridade global, principalmente no que diz respeito à **mudança climática e à necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa.**

Nesse contexto, a geração de energia limpa por meio de **materiais piezelétricos** tem se apresentado como uma área de pesquisa promissora.



Materiais piezelétricos possuem a capacidade de **converter energia mecânica em energia elétrica**, bem como realizar o efeito contrário, devido a uma mudança em sua estrutura cristalina quando submetidos a tensão mecânica ou à aplicação de campo elétrico.

Tal fenômeno tem sido explorado com o intuito de **desenvolver dispositivos que possam gerar eletricidade a partir de vibrações**, movimentos ou pressão.



Vantagens como o **aproveitamento de fontes de energia renovável** (movimentos ambientais e vibrações) e a **emissão zero de poluentes** tornam os **materiais piezelétricos importantes candidatos na geração de energia limpa**, contribuindo para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais das atividades humanas.

Por outro lado, a melhoria de sua eficiência e durabilidade dos materiais ainda são desafios a serem solucionados.

O conceito de *Energy Harvesting* (Colheita de Energia) tem como base o armazenamento de energia proveniente de movimentos derivados de fontes externas, que é reutilizada para um determinado fim. Algumas dessas fontes são abordadas de forma geral na **Figura 1**.

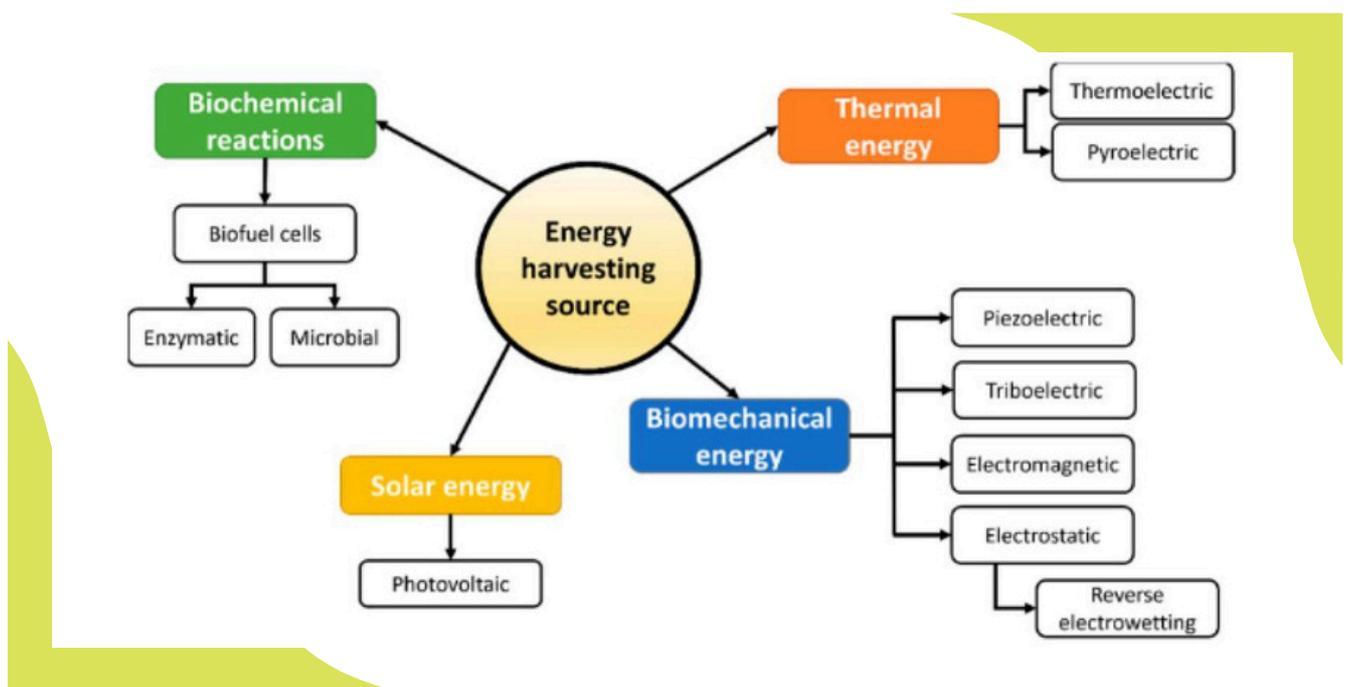


Figura 1: Fontes de energia e suas derivadas: reações bioquímicas, energia térmica, energia solar, energia biomecânica.

A coleta de energia possui duas vertentes de estudo:

- A de **grande escala**, como usinas hidrelétricas, usinas eólicas, placas fotovoltaicas e a **energia geotermal**, entre outras,
- E a de **pequenas escalas**, que é um método que difere um pouco das fontes tradicionais por ser menos intuitivo. Dentre elas, podemos citar as **energias provenientes do aquecimento dos materiais**, bem como a energia mecânica e eletromagnética.

A energia mecânica possui diferentes vertentes de estudo, que vão desde a **triboeletricidade**, caracterizada pela capacidade de alguns materiais em adquirir cargas elétricas quando sofrem eletrização por atrito, até a **eletromagnetismo**, que ocorre por intermédio das relações existentes entre as forças elétricas e magnéticas do átomo, além da piezeletricidade, que é derivada da vibração dos materiais.

Diante deste contexto, este trabalho segue a linha da geração mecânica por meio de materiais piezelétricos.



O **fenômeno da piezeletricidade** é basicamente compreendido ao se analisar a estrutura cristalina dos materiais piezoelétricos.

No equilíbrio, os átomos dentro do cristal estão dispostos de maneira simétrica, de forma que, **quando o cristal é submetido a uma força mecânica, como pressão ou tração, essa simetria é perturbada, causando um deslocamento dos átomos em relação ao seu posicionamento original** (Figura 2).

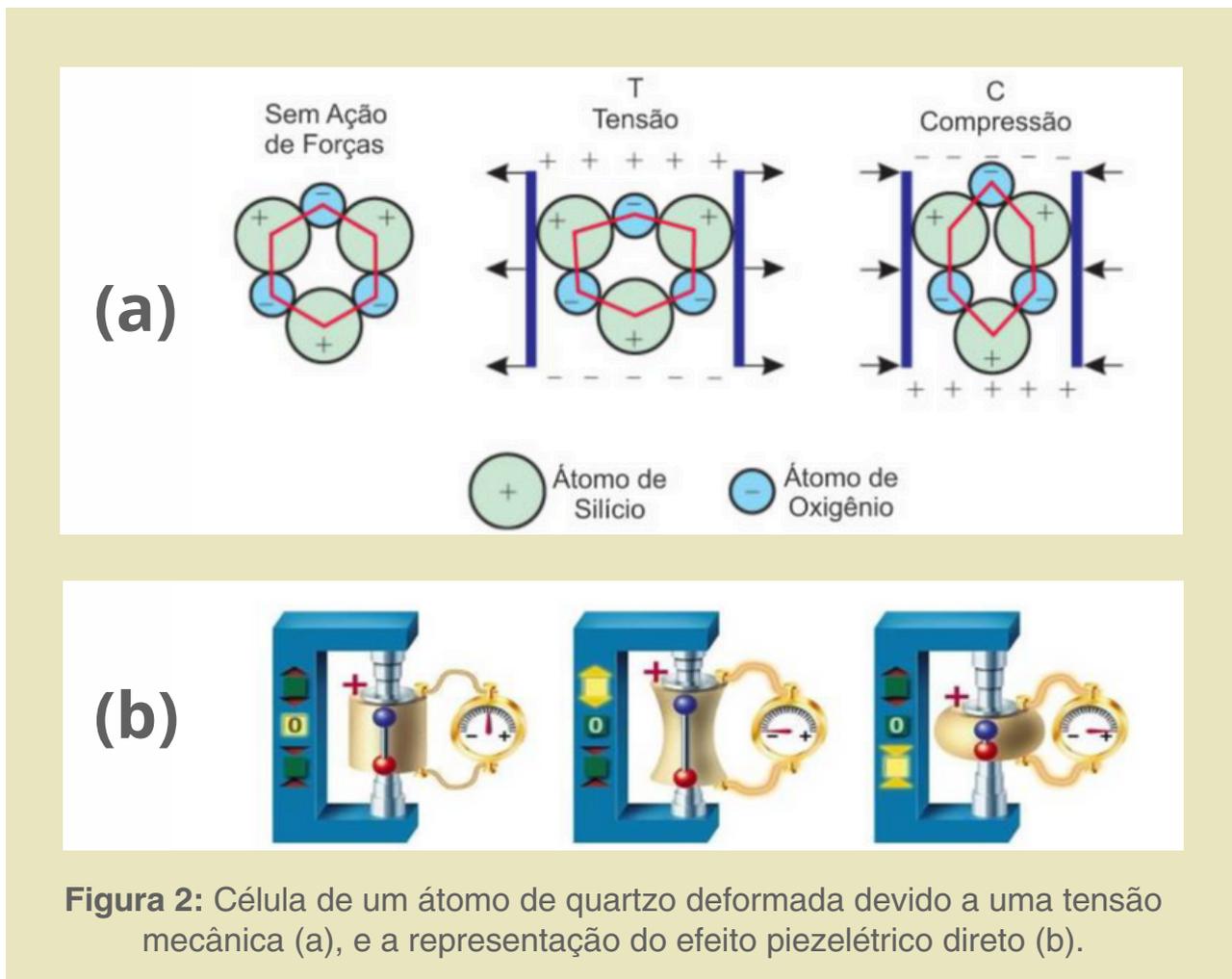
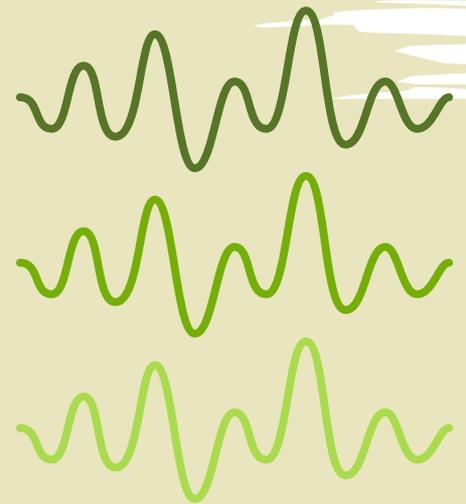


Figura 2: Célula de um átomo de quartzo deformada devido a uma tensão mecânica (a), e a representação do efeito piezoeletrico direto (b).

Esse deslocamento gera uma assimetria na distribuição de cargas elétricas dentro do cristal, resultando em um campo elétrico macroscópico.

Por outro lado, quando um **campo elétrico é aplicado ao cristal**, ocorre o **deslocamento dos átomos** de forma a tentar restaurar a simetria original, causando assim uma **deformação mecânica do material**.

Um dos potenciais dos **materiais piezelétricos** para se tornar uma fonte de energia renovável vem de sua peculiaridade de gerar **eletricidade a partir de vibrações mecânicas ou movimentos ambientais**, como o vento, as ondas do mar ou a vibração do tráfego, ajudando a **evitar a emissão de poluentes nocivos** e causando, assim, um impacto ambiental relativamente baixo.



Outra relevância desses materiais, vem do fato de que os mesmos não necessitam de grandes estruturas, como barragens hidrelétricas, nem interfere significativamente nos ecossistemas locais.



Além disso, os materiais piezelétricos são duráveis e podem operar por longos períodos sem a necessidade de manutenção intensiva.

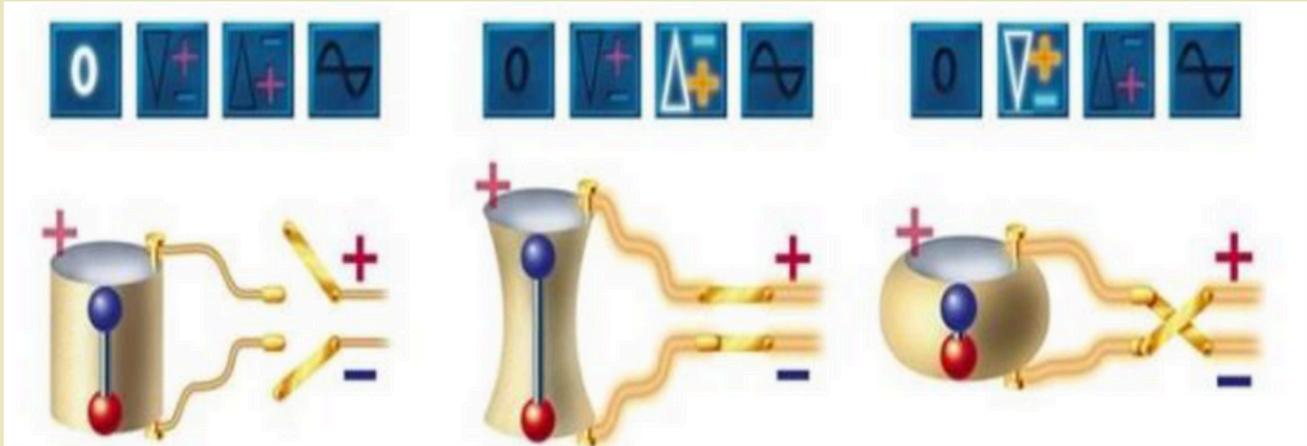


Figura 3: Representação do efeito reverso da piezeletricidade.



Os **materiais piezelétricos** também oferecem a **oportunidade de aproveitar fontes de energia alternativas** e muitas vezes subutilizadas, como vibrações mecânicas em estruturas civis, movimentos oceânicos e até mesmo o **simples movimento humano**.

Isso **amplia as opções de geração de energia** em regiões onde recursos tradicionais podem ser escassos ou inadequados, uma vez que podem ser **integrados em uma variedade de dispositivos e estruturas**, incluindo pisos e calçadas, estruturas civis, veículos, equipamentos médicos e muito mais.

Isso significa que há uma **ampla gama de oportunidades** para aproveitar essa tecnologia em diferentes contextos e setores, tornando-a uma opção viável para **projetos de energia sustentável em ambientes urbanos, rurais e industriais**.

A escolha dos **materiais piezelétricos** como principal referência deste projeto se justifica pela sua peculiaridade de **converter energia mecânica diretamente em eletricidade**, sem a utilização de combustíveis fósseis ou outras fontes não renováveis.

Além de apresentarem uma elevada eficiência energética, tais materiais oferecem uma fonte de energia limpa e renovável que pode ser facilmente integrada em uma variedade de aplicações e ambientes.

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL



Além disso, eles se alinham perfeitamente com os **objetivos de sustentabilidade ambiental e energética** estabelecidos por diversos órgãos internacionais e governamentais.



REFERÊNCIAS

1. SILVA, José da. **Piezoelectric Materials and Their Applications**. 3. ed. São Paulo: Editora Acadêmica, 2020.
2. PEREIRA, Maria L.; SANTOS, João R. **Energy Harvesting Using Piezoelectric Materials: A Review**. *Journal of Renewable Energy*, v. 25, n. 3, p. 450-468, 2021.
3. OLIVEIRA, Ana C.; MARTINS, Pedro H. **Development of Piezoelectric Energy Harvesters for Environmental Applications**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL, 8., 2022, Brasília. Anais... Brasília: Associação Brasileira de Energia Renovável, 2022. p. 235-242.
4. SOUZA, Rafael. **Introduction to Piezoelectric Energy Harvesting**. Disponível em: SOLLED ENERGIA. Como carregar carro elétrico. Disponível em: <https://www.solledenergia.com.br/como-carregar-carro-eletrico/#entendendo-os-cabos-de-carregamento>.
5. AUTOVISTA24. **Power beyond the plug: alternative EV charging**. Disponível em: <https://autovista24.autovistagroup.com/news/power-beyond-the-plug-alternative-ev-charging/#:~:Potential%20EV%20charging%20options%20include,of%20an%20inbuilt%20solar%20panel>. Acesso em: 20 ago. 2024.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Coleta de energia sustentável - Dispositivos Piezelétricos Flexíveis



Autores:

Dr. Eduardo Azzolini Volnistem (pós-doutorando em Física na UEM)

Prof. Dr. Ivair Aparecido dos Santos (docente da UEM)

Coleta de energia sustentável - Dispositivos Piezelétricos Flexíveis

O crescente desenvolvimento tecnológico da nossa sociedade tem como consequência um **aumento contínuo na demanda por energia**.



Neste contexto, a busca por um **futuro mais sustentável** e novas formas de obter **energia limpa** torna-se extremamente relevante, considerando o cenário de eventos climáticos extremos, intensificados pelo uso excessivo de combustíveis fósseis para a produção de energia e a consequente **elevada emissão de gases poluentes que agravam o efeito estufa**, fenômeno natural que possibilita a vida humana na Terra [1].

Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o **consumo de energia no Brasil tem aumentado a cada ano** [3]. A **Figura 1** ilustra o consumo de energia elétrica no Brasil entre os anos de 2019 e 2023. Observa-se um aumento significativo no consumo, atingindo o patamar de 69.353 MWh.

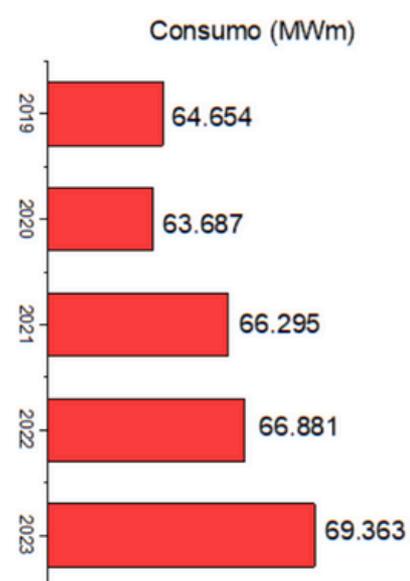


Figura 1 - Consumo de energia nos últimos 5 anos. Fonte: CCEE [2].

Como sabemos, as fontes de energia não renováveis, como os combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), resultam na **emissão de gases de efeito estufa**, como o dióxido de carbono (CO₂), contribuindo para o aquecimento global e as mudanças climáticas [4].

Além disso, a extração e o processamento desses combustíveis podem causar danos ambientais severos, como a poluição do ar, da água e do solo.

Felizmente, a porcentagem dessas fontes na matriz energética brasileira, embora alta, é inferior à da matriz energética mundial, atingindo 55,2% do total (vide **Figura 2**, que compara a matriz energética brasileira com a mundial).

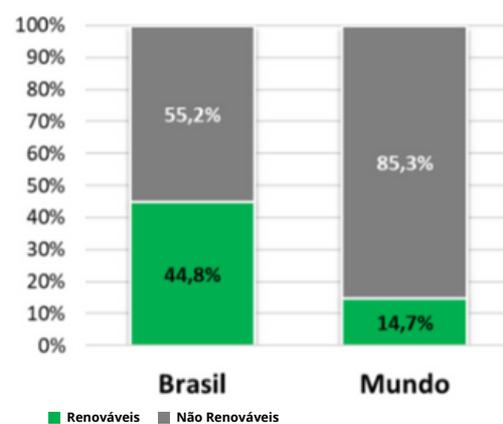
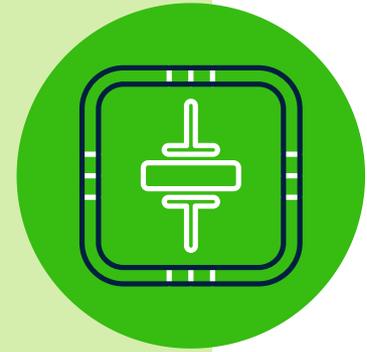


Figura 2 – Consumo de energia no Brasil e no restante do mundo no ano de 2021
(<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>).

Portanto, investir em novas fontes de energia limpa e renovável é indispensável para promover o desenvolvimento sustentável global. Neste contexto, dispositivos capazes de coletar energia de fontes alternativas limpas e renováveis se apresentam como uma opção altamente promissora.

A exploração de **materiais piezelétricos**, em especial, permite a coleta e conversão de energia mecânica, ou seja, a energia do movimento, em energia elétrica.

A **piezeletricidade** é uma propriedade de certos materiais nos quais um estímulo mecânico resulta na geração de uma tensão elétrica, e vice-versa [5]. Entre os **materiais piezelétricos**, as fibras flexíveis emergem como uma alternativa viável, com uma vasta gama de possíveis aplicações.



Essas fibras são fabricadas pela técnica de **electrospinning** (Figura 3), geralmente a partir de um **polímero piezelétrico**, o fluoreto de polivinilideno (PVDF), que pode ser usado isoladamente ou combinado com outras **partículas piezelétricas**, formando um compósito.

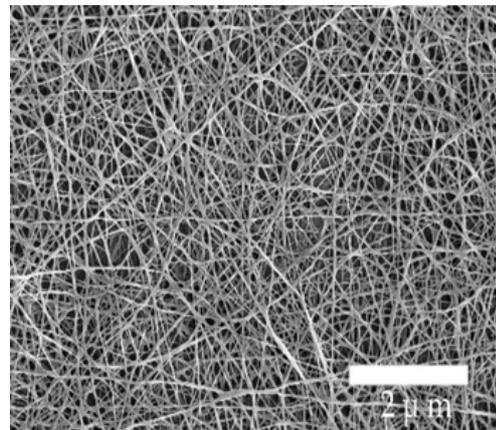


Figura 3 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de nanofibras do polímero fluoreto de polivinilideno (PVDF) obtidas por electrospinning.

A combinação do **fluoreto de polivinilideno** (PVDF) com **nanopartículas de titanato de bário** (BaTiO_3) resulta em uma fibra altamente flexível, durável e com ótima resposta piezelétrica. Tais características permitem uma vasta gama de aplicações, como nanogeradores para dispositivos de baixa potência, diversos tipos de sensores e dispositivos geradores de ultrassom [6].

Conclui-se, portanto, que a utilização de **fibras piezelétricas flexíveis** à base de PVDF-BaTiO₃ pode ser uma **solução eficiente e sustentável para a geração de energia elétrica a partir do movimento**.

Essa solução tecnológica apresenta diversas vantagens, como:

- ✓ baixo custo,
- ✓ alta flexibilidade,
- ✓ durabilidade
- ✓ elevada resposta piezelétrica.

Além disso, as fibras podem ser aplicadas em diversos campos, como na **medicina, na indústria, na eletrônica, na preservação do meio ambiente e na autogeração de energia**.

O desenvolvimento dessas tecnologias pode contribuir notadamente para a criação de dispositivos inteligentes, que aproveitam a energia desperdiçada em forma de vibração ou movimento, reduzindo assim a dependência de combustíveis fósseis que causam tantos danos ao nosso planeta.





REFERÊNCIAS

1. WORLDWIDE FUND FOR NATURE (WWF). **Efeito estufa e mudanças climáticas.** Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacaoambiental/conceitos/efeitoestufa_e_mudancasclimaticas/. Acesso em: 14 jun. 2024.
2. CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). **Dados e análises.** Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo>. Acesso em: 14 jun. 2024.
3. NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **O que são as mudanças climáticas?** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>. Acesso em: 14 jun. 2024.
4. ROSA, Luiz Carlos Mariano da. **Piezeletricidade na prática: prototipagem com eletrônica embarcada para infraestruturas sustentáveis.** Braga: Novas Edições Acadêmicas, 2019. ISBN 6139614333.
5. ATHIRA, B. S.; GEORGE, Ashitha; PRIYA, K. Vaishna; HAREESH, U. S.; BHOJEGOWD, E.; SURENDRAN, Kuzhichalil Peethambharan; CHANDRAN, Achu. **High-performance flexible piezoelectric nanogenerator based on electrospun PVDF-BaTiO₃ nanofibers for self-powered vibration sensing applications.** ACS Applied Materials & Interfaces, 2022.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





INOVAÇÃO E MANUFATURA AVANÇADA





Manufatura Aditiva: A revolução que está sendo construída



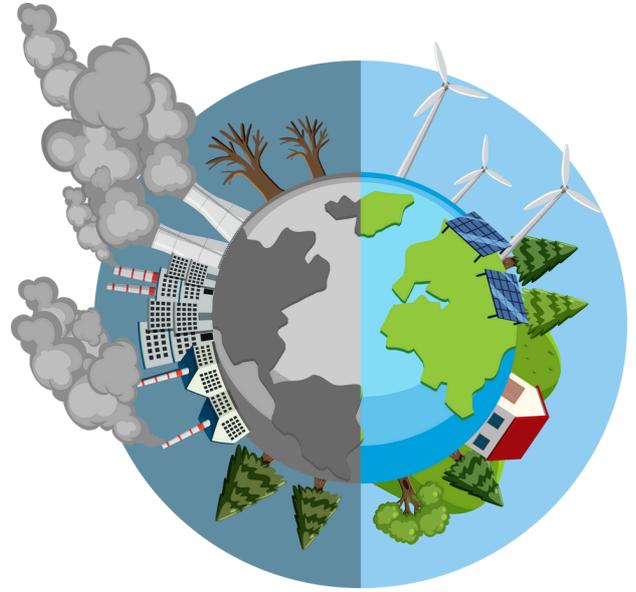
Autor:

Wagner André Gambi Orlando (graduando de Engenharia Mecânica na UEM)

Prof. Dr. Gustavo Sanguino Dias (docente da UEM)

Manufatura Aditiva: A revolução que está sendo construída

Desde os primórdios da humanidade, a constante busca pela **transformação do meio ambiente**, para a satisfação das necessidades sociais ao longo de toda história, consolidou-se como um fator fundamental tanto para a otimização de atividades humanas, quanto para a **evolução dos meios de produção de recursos**.

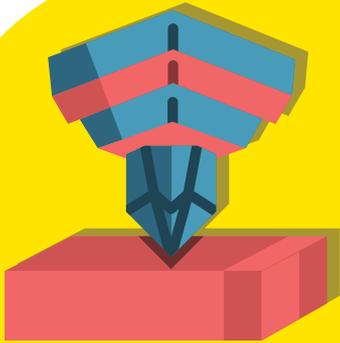


Entretanto, as relações entre homem e natureza, historicamente, nem sempre foram respaldadas em princípios de economia e sustentabilidade.

Por consequência disso, a existência de uma postura permissiva, perante atitudes oriundas de um domínio agressivo, abusivo e ganancioso dos insumos naturais, impactou e ainda impacta negativamente fatores como a **ocorrência de catástrofes ambientais**, a **multiversidade de espécies** e a **escassez de recursos básicos**.



Nesse sentido, em virtude dos resultados de seu **inconsequente comportamento**, os humanos passaram a perceber a sua situação de vulnerabilidade perante ao meio ambiente, quando este é compreendido como um mero objeto e não como uma das condições básicas para a vida na Terra.



Dentre as principais inovações alinhadas com o ideal contemporâneo de preservar os recursos naturais, tem-se a ascensão da **manufatura aditiva** como um método eficiente, econômico, personalizado e sustentável para a produção de diversos mecanismos altamente tecnológicos.

Nessa perspectiva, vamos abordar a **importância da manufatura aditiva**, no contexto da emergente Indústria 4.0, para a construção de um futuro com o melhor aproveitamento possível dos recursos naturais e de novas tecnologias, sem prejudicar a fonte de toda e qualquer evolução humana: **o meio ambiente**.

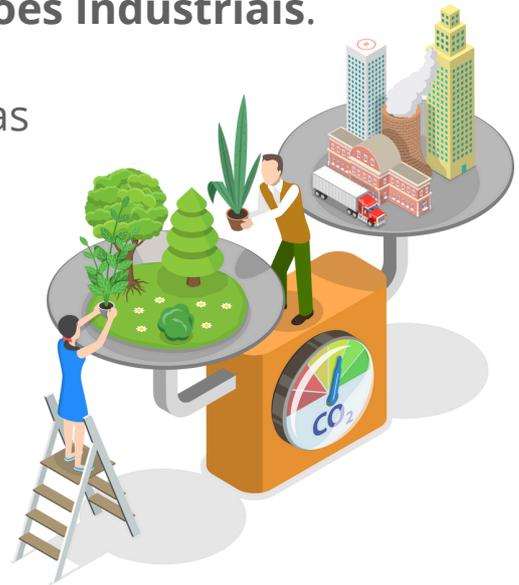
Manufatura Aditiva e seus processos: a construção de um legado.

A **manufatura aditiva** é assim denominada por referenciar um processo produtivo que consiste na adição autônoma de material, com alta precisão, para a obtenção de estruturas desejadas.

- **Mas como esse material é adicionado na formação de peças?**
- **Quais são as etapas necessárias para produzir um protótipo utilizando esse tipo de manufatura?**

Para responder a essas e outras perguntas, é fundamental a compreensão do progresso desse método de produção e de como as tecnologias de suporte foram criadas, com base no contexto histórico das últimas **Revoluções Industriais**.

Nesse sentido, tardiamente, as primeiras discussões sobre o **desenvolvimento sustentável**, a nível internacional, aconteceram apenas no ano de 1972 durante a Primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em Estocolmo, na Suécia.



Na oportunidade mencionada, países de todo o mundo se uniram a fim de **frear um desenvolvimento desordenado e inconsciente**, com relação à **preservação dos recursos naturais**, o qual se tornou um símbolo do início da industrialização social com a ascensão de métodos produtivos em série como o *Fordismo*.



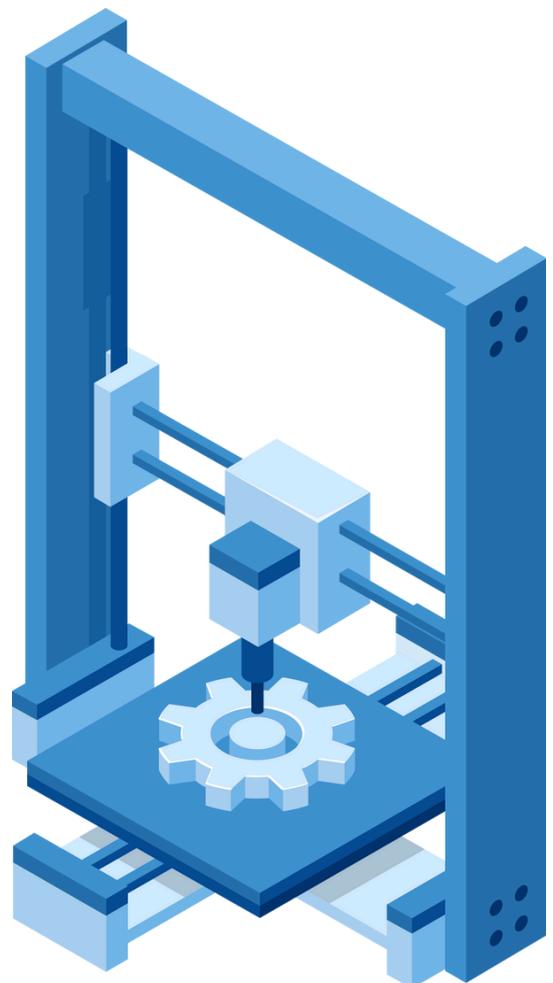
No entanto, com a consolidação da **Terceira Revolução Industrial** em 1950, e posteriormente da Quarta (**Indústria 4.0**) em 2011, embora tenham características divergentes em aspectos como a recente tendência de fabricação autônoma, a utilização e a criação de novas tecnologias de **manufatura sustentável** se tornaram a principal esperança da humanidade no enfrentamento dos problemas ambientais e produtivos.

Por isso, nesse contexto, cria-se o conceito da **manufatura aditiva** o qual coincide com a idealização das primeiras **impressoras tridimensionais**, isto é, máquinas responsáveis pela construção de modelos em três dimensões de maneira personalizada.

Com essa proposta, no **Instituto de Pesquisas de Nagoya no Japão** em 1980, o pesquisador Hideo Kodama buscou concretizar a **impressão 3D** de um objeto a partir de um polímero fotoendurecido, ou seja, um insumo orgânico solidificado por meio de raios luminosos. Apesar dos esforços, Kodama não conseguiu atingir o seu objetivo principal na tentativa de viabilizar uma inédita máquina no mercado.

Entretanto, apenas no período de 1984 a 1988, com as contribuições do cofundador da **3D Systems, empresa pioneira no setor de manufatura aditiva**, e inventor americano Charles W. Hull, viabilizou-se a construção da primeira impressora tridimensional da história: a SLA-1.

Além disso, devido à ascensão e popularização dos **softwares de desenho digital em três dimensões**, a invenção de Hull também contava com a leitura de arquivos STL (*Standard Tessellation Language* ou Linguagem de Mosaico Padrão, em português).



Cabe mencionar que a utilização de arquivos no **padrão STL**, tornou-se um dos pontos mais relevantes para a consolidação da **manufatura aditiva na contemporaneidade**. Sendo assim, devido ao reconhecimento de todas as camadas e pontos estruturais de uma peça, definidos anteriormente na etapa dos esboços 3D, pelo próprio formato do documento, a máquina de impressão é capaz de converter essas informações em material adicionado.

Para a fase seguinte, com o término da modelagem digital do objeto a ser impresso, transfere-se o arquivo para a máquina com a predefinição de alguns parâmetros operacionais programáveis como a velocidade de impressão.

Em detalhes, o processo construtivo ocorre por meio do **fatiamiento das camadas estruturais do componente**, as quais são impressas de modo sequencial ao longo do eixo vertical. Representativamente, apresenta-se a Figura 2:

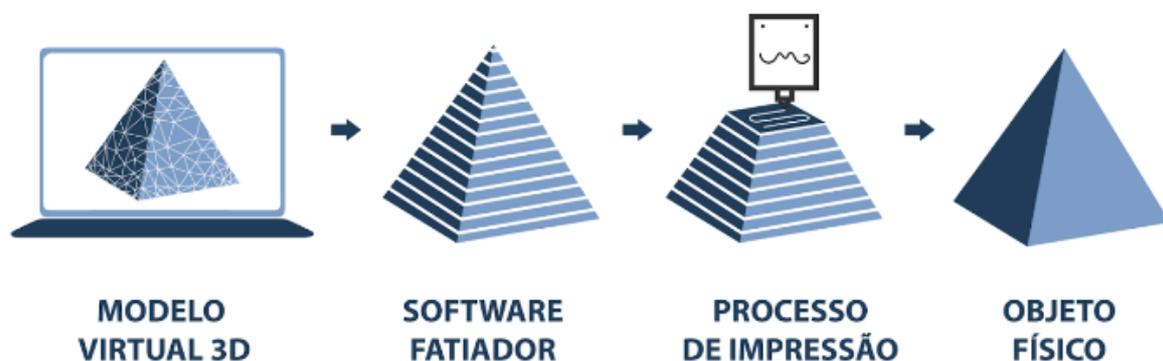


Figura 2: Processo construtivo de uma impressora 3D | Fonte: Moustafa[2]

Desta forma, torna-se possível a **construção autônoma de um protótipo** que, posteriormente, deve ser submetido à etapa de pós-processamento a qual engloba algumas atividades como: a retirada de suportes (material extra adicionado automaticamente em geometrias complexas), a limpeza e a averiguação de dimensões, imperfeições e propriedades físico-químicas da peça.

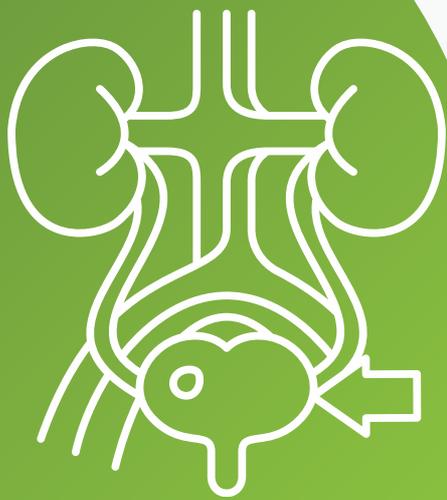
Portanto, finaliza-se a execução de todos os processos da manufatura aditiva proposta por Charles.

ETAPAS PARA PRODUÇÃO POR MANUFATURA ADITIVA



Figura 3: Etapas da Manufatura Aditiva | Fonte: Manufatura Digital [3]

Na década de 90, mais especificamente em 1999, o cientista e médico Anthony Atala entrou para a história da **manufatura aditiva** ao correlacionar o princípio das impressões tridimensionais às novas tendências da área da saúde.



Nessa perspectiva, seus estudos inauguraram o uso de impressoras 3D para a construção artificial de órgãos biocompatíveis com chances praticamente nulas de rejeição. Como resultado, Atala foi capaz de imprimir o primeiro órgão funcional produzido em laboratório e implantado em um ser humano com o uso das próprias células do paciente.

Apenas 9 anos mais tarde, a medicina, mais uma vez, destacou-se no cenário global a respeito do tema com a produção da **primeira prótese impressa em 3D**, a qual revolucionou completamente as tecnologias de suporte a traumas ao garantir a personalização das necessidades dos pacientes.



Nos últimos anos até os dias atuais, nota-se que o impacto da implementação da **manufatura aditiva em processos humanos** não se restringe somente ao setor de ciências da saúde. Pelo contrário, **a diversidade de aplicações desse método é tamanha que se tornou praticamente impossível mensurar toda a sua versatilidade nas áreas do conhecimento humano.**

Como exemplo, mais recentemente em 2018, o **setor da construção civil** ingressou nesse mercado com a primeira casa impressa em 3D. Em detalhes, a **estrutura ecológica** possui 98 metros quadrados e foi construída em apenas 10 dias com **materiais naturais**, tais como os restos de produção de arroz.



Figura 4: Casa impressa em 3D |
Fonte: Minuto Engenharia[4]

Indústria 4.0 e impacto energético da Manufatura Aditiva: projeções de um futuro promissor.

No contexto da **Indústria 4.0**, as noções de desenvolvimento econômico e tecnológico passaram a ser intimamente relacionadas ao quão sustentáveis são os meios de produção contemporâneos.

De acordo com dados do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o número de empresas nacionais que publicaram um relatório de sustentabilidade, em 2022, **cresceu em significativos 3,8% com base no ano anterior**.

Além disso, dos mais de 230 empreendimentos entrevistados que divulgaram o relatório, **86,5% investiram no mercado de inovação[5]**.

Atualmente, empresas que desejam se destacar no mercado e conquistar possíveis consumidores devem **buscar investimentos para amenizar prejuízos ao meio ambiente.**

Prova dessa tendência de mudança nos padrões de consumo, em pesquisa feita pela Confederação Nacional dos Dirigentes Lojistas (CNDL), está no fato de que aproximadamente **75% dos brasileiros prefere comprar de empresas que investem em projetos sociais ou ambientais**[6]



Dessa forma, é notável que a busca por meios de produção sustentáveis apresenta um impacto direto no cenário econômico global ao alinhar os interesses dos consumidores e empresas.

Por isso, inovações que garantem fatores como: a redução de gastos energéticos, automação de processos e otimização de tempo de produção são altamente valorizadas no mercado.



Nessa premissa, devido a sua alta precisão aditiva, as **impressões 3D** surgem como uma alternativa em potencial para a redução da quantidade de matéria-prima utilizada, redução da necessidade de processos de fabricação intensivos em energia, além da minimização de desperdícios e poluentes.

Em números, os pesquisadores Despeisse e Ford[7] afirmam que o uso da **manufatura aditiva** pode promover uma economia de mais de US\$60 bilhões, até 2025, nas fases de produção e uso de recursos.

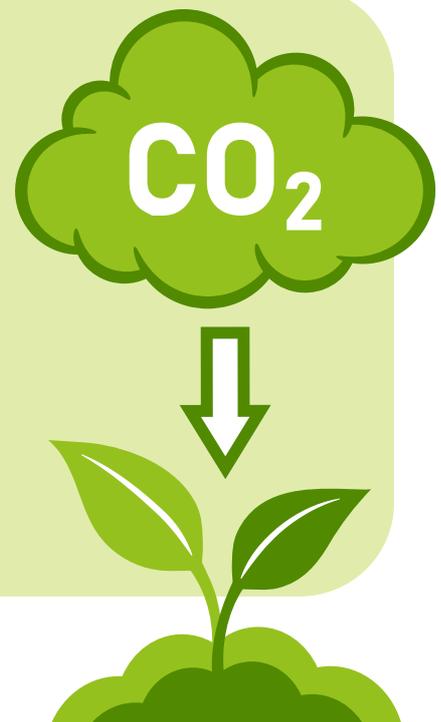
No contexto da **Engenharia Mecânica**, por exemplo, pode-se citar a **impressão tridimensional do Urbee 1** no ano de 2013, o **primeiro automóvel com carenagem impressa em 3D** com plástico ABS. Sobre sua invenção, o engenheiro Jim Kor, em entrevista ao



Figura 5: Urbee 1 da Kor Ecologic I
Fonte: Autoesporte[8]

programa televisivo Autoesporte[8], destaca a leveza e a economia energética do projeto, comprovadas em testes, na obtenção de um consumo médio de incríveis 100 km/l e de uma massa total de apenas 544 kg.

Com relação às emissões de carbono, devido à possibilidade e à facilidade de otimização do design de componentes pela impressão 3D, nota-se o poder da manufatura aditiva em reduzi-las.



Como exemplo, a empresa sueca Siemens Energy, com uma das **maiores unidades produtivas de impressão tridimensional metálica do mundo**, conseguiu imprimir um queimador a gás em uma única peça, o que antes exigia, convencionalmente, a montagem de 13 componentes distintos. Nesse sentido, uma imagem do resultado obtido pode ser vista a seguir:



Figura 6: Cabeça de queimador impressa em 3D | Fonte: FacFox[9]

Na prática, esses queimadores a gás foram impressos com o propósito de realizar um **controle eficiente da combustão em turbinas industriais**. Ademais, a aplicação do mecanismo é diversa por este ser encontrado nas indústrias química, alimentícia e metalúrgica em processos que exigem aquecimento, como a secagem e o tratamento térmico de materiais.

Em decorrência do design otimizado, a estrutura impressa se tornou mais eficiente ao reduzir a quantidade de carbono envolvida durante o processo produtivo. Nesse sentido, Karsten Heuser, o vice-presidente da Siemens, afirma que até 80% do impacto ambiental é determinado pelo design dos produtos e por isso acredita na importância de se investir nesse método.

Além disso, outro ponto positivo da **manufatura aditiva**, é a versatilidade dos insumos utilizados para a criação de protótipos como metais, cerâmicas, polímeros compostos ou plásticos. No caso dos plásticos, existem **opções biodegradáveis**, como o PLA, que é derivado de **recursos naturais como amido de milho e raízes**.



Em alguns casos, até mesmo materiais descartáveis como garrafas PET, após um tratamento adequado, podem ser usados como insumo para a impressão 3D, além de promover o processo de reciclagem.

Mundialmente, esses e outros benefícios da **manufatura aditiva** foram refletidos em uma taxa de crescimento anual do mercado acima de 20%. Segundo uma pesquisa realizada pela SmarTech Analysis [10], a expectativa é que o mercado alcance um valor de aproximadamente US\$42 bilhões até 2027, embora atualmente este seja avaliado em pouco mais de US\$28 bilhões, conforme observado apresentado na **Figura 7**.

Tamanho Total do Mercado de Manufatura Aditiva, por possíveis segmentos, em todas as tecnologias (Somente em ambientes profissionais), 2014-2027

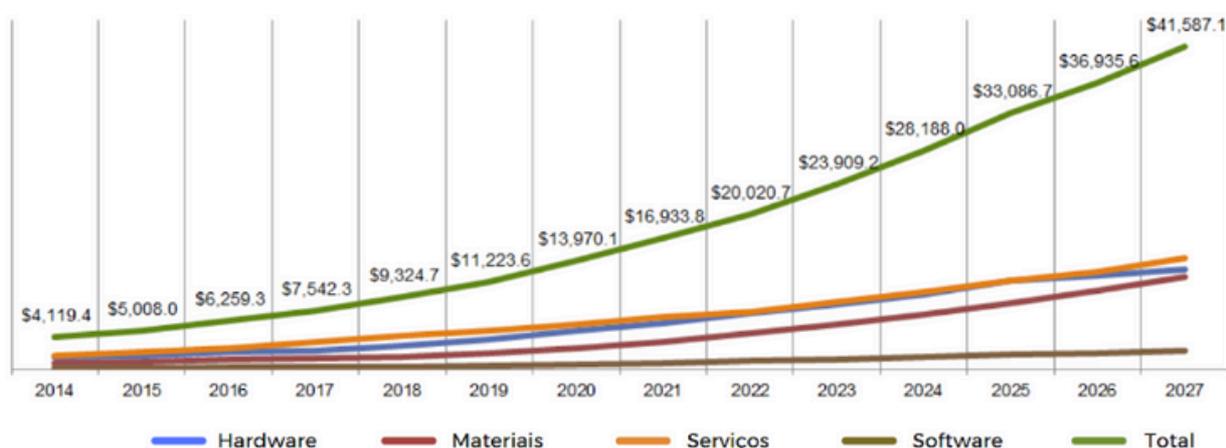


Figura 7: Crescimento da Manufatura Aditiva total e por setor |
Fonte: SmarTech Analysis[10]

Em adição, destaca-se que nem mesmo no cenário de caráter recessivo para a economia global, o qual foi a **Pandemia de Covid-19** durante os anos de 2019 a 2022, o mercado das impressoras tridimensionais apresentou retrocesso. Em detalhes, de acordo com a pesquisa realizada pela Makerbot[11], por mais que esse período tenha impactado os negócios de quase 70% dos entrevistados, **mais de 50% deles mantiveram seus interesses de investimento em manufatura aditiva.**

Cabe mencionar que o mercado de **manufatura aditiva**, em pesquisa de 2018 da empresa Statisa[12], é dominado pelos Estados Unidos com mais de 422.000 unidades implantadas e com uma participação global de aproximadamente 40%. Em seguida, como observado no gráfico a seguir, pode-se citar as regiões Europeia e Asiática, como referências e **líderes de crescimento no setor**, com um domínio conjunto que supera os 38% em representatividade internacional.

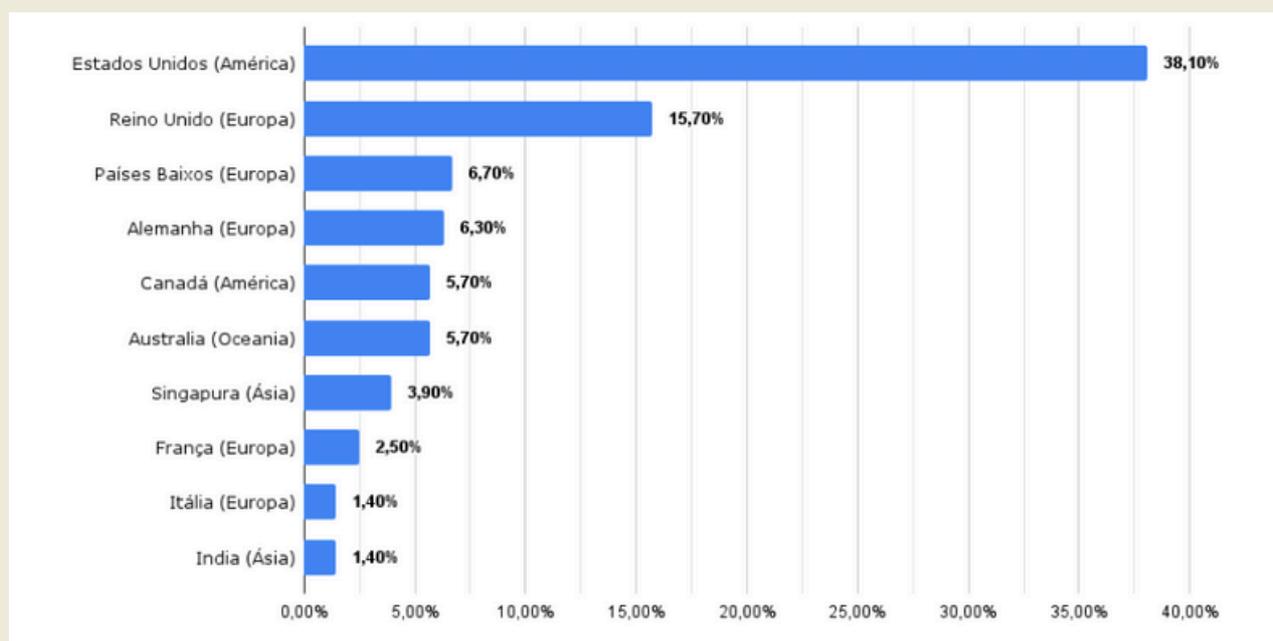


Figura 8: Gráfico da taxa mundial de implementação da Manufatura Aditiva | Fonte: Statisa[12]

Sobre a participação nacional, o Brasil se enquadra em um cenário regular e enfrenta dificuldades econômicas para a popularização e uso das **impressoras 3D** em seus métodos produtivos, embora apresente um **crescimento de 24,1% ao ano**, de acordo com a empresa 3D Lab[13].



De fato, ao considerar todo esse cenário e as tendências de inovação contemporâneas, é natural que a **manufatura aditiva tenha um futuro promissor em discussões sobre métodos produtivos.**

Isso porque, se nós, enquanto responsáveis diretos pela construção dos novos paradigmas sociais, quisermos uma **sociedade mais eficiente, sustentável e tecnológica**, devemos transformar as nossas relações com o meio ambiente por meio inovações, como as **impressões 3D**, pois afinal, são elas que determinam os próximos passos da humanidade rumo ao desenvolvimento.



REFERÊNCIAS

1. PETCH, M. **The State of resin 3D printing: Dr. Edwin Hortelano, SVP, Materials Engineering and Development**, 3D SYSTEMS. Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/news/the-state-of-resin-3d-printing-dr-edwin-hortelano-svp-materials-engineering-and-development-3d-systems-203660/>>
2. MOUSTA. **O que é impressão 3D? Guia definitivo**. Disponível em: <<https://www.mousta.com.br/o-que-e-impressao-3d/>>;
3. SALDANHA, L. **Etapas do Processo de Manufatura Aditiva**. Disponível em: <<https://www.manufaturadigital.com/etapas-do-processo-de-manufatura-aditiva/>>;
4. MINUTO ENGENHARIA. **Veja como são as casas construídas com impressão 3D**. Disponível em: <<http://www.minutoengenharia.com.br/postagens/2020/08/27/veja-como-sao-as-casas-construidas-com-impressao-3d/>>;
5. VALOR ECONÔMICO. **Empresas que publicaram relatório de sustentabilidade cresceram para 15,8% em 2022, diz IBGE**. Disponível em: <<https://valor.globo.com/brasil/noticia/2024/03/20/empresas-que-publicaram-relatorio-de-sustentabilidade-cresceram-para-158percent-em-2022-diz-ibge.ghtml>>;
6. GRUPO MB. **Empresas sustentáveis são preferência do cliente**. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150](https://grupomb.ind.br/empresas-sustentaveis/#:~:text=Atualmente%2C%2075%25%20dos%20brasileiros%20prefere,ao%20Crédito%20(SPC%20Brasil)>>7. DESPEISSE, M.; FORD, S. Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. Journal of Cleaner Production, v. 137, p. 1573-1587, 2016. ISSN 0959-6526. Disponível em: <



REFERÊNCIAS

8. AUTOESPORTE. **Urbee é carro impresso em 3D que roda 100 km com 1 litro de combustível.** Disponível em: <<https://autoesporte.globo.com/carros/noticia/2014/02/urbee-e-carro-impresso-em-3d-que-roda-100-km-com-1-litro-de-combustivel.ghtml>>;
9. FACFOX. **3 D Impressão: Criando a turbina a gás para serviço pesado mais eficiente do mundo 9 HA.** Disponível em: <<http://m.pt insta3dm.com/news/3d-printing-creating-the-world-s-most-eficie-33663081.html>>;
10. SMARTECH ANALYSIS. **3D Printed Electronics 2023: Market Study & Forecast.** Disponível em: <<https://additivemanufacturingresearch.com/reports/3d-printed-electronics-2023-market-study-forecast/>>;
11. MAKERBOT. **MakerBot Additive Impact 2021 3D Printing Conference.** Disponível em: <<https://www.makerbot.com/stories/makerbot-additive-impact-2021-3d-printing-conference/>>;
12. STATISA. **Global 3D printing market share by country, 2018.** Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/800356/worldwide-3d-printing-market-by-country/>>;
13. 3DLAB. **O mercado de impressão 3D e como as empresas precisam se preparar!** Disponível em <<https://3dlab.com.br/o-mercado-de-impressao-3d/>>;

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:

9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO
E INFRAESTRUTURA



12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



13 AÇÃO CONTRA A
MUDANÇA GLOBAL
DO CLIMA





Válvula inteligente - Um potencial na tecnologia assistiva promovendo autonomia



Autor:

Brendow Hatschbach da Silva (graduando de Engenharia Elétrica na UEM)

Prof. Dr. Sandro Lautenschlager (docente da UEM)

Válvula inteligente - Um potencial na tecnologia assistiva promovendo autonomia

Nos últimos anos, observou-se um crescimento exponencial no desenvolvimento tecnológico em diversas esferas da sociedade, desde avanços impressionantes em **inteligência artificial** até a proliferação de dispositivos conectados em rede.



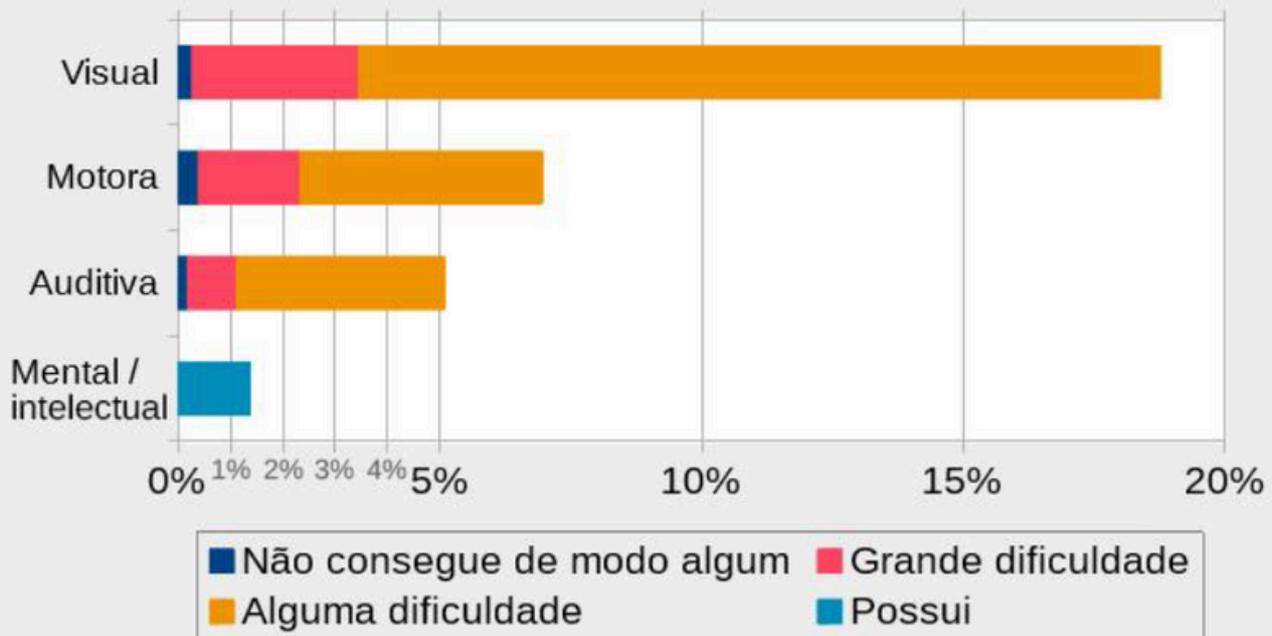
É cada vez mais essencial que esse progresso seja direcionado também às pessoas com deficiência, uma vez que, enquanto a tecnologia torna as atividades mais fáceis para pessoas sem deficiência, **para pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis** (RADABAUGH, [s.d.]).



Segundo dados do Censo de 2010, 46 milhões de brasileiros, ou cerca de 24% da população, afirmaram enfrentar algum grau de dificuldade para enxergar, ouvir, caminhar, subir degraus ou possuem deficiência mental ou intelectual.

Se contarmos apenas aqueles com dificuldades severas ou perda total de alguma habilidade, além daqueles com deficiência mental ou intelectual, são **mais de 12,5 milhões de brasileiros com deficiências**, o que equivale a 6,7% da população (IBGE, 2010). A Figura 1 ilustra essas informações.

Porcentagem da população, por tipo e grau de dificuldade e deficiência (Brasil - 2010)



Observação: mesma pessoa pode ter mais de uma deficiência.

Figura 1 – Porcentagem da população, por tipo e grau de dificuldade e deficiência. Fonte: IBGE Educa.

Uma das formas de **inclusão para pessoas com deficiência é por meio do desenvolvimento de tecnologias assistivas**, que consistem em um conjunto de recursos e serviços desenvolvidos com o objetivo de proporcionar maior acessibilidade e autonomia.

O objetivo é garantir que essa parcela da população esteja **plenamente integrada na sociedade** e seja capaz de realizar suas atividades diárias de forma equitativa em relação às pessoas sem deficiência.





Pessoas com deficiência motora enfrentam desafios significativos em suas atividades diárias, incluindo tarefas tão simples quanto **abrir e fechar uma torneira** para controlar o fluxo de água.

A falta de autonomia nessas atividades básicas pode resultar em dependência de cuidadores ou em dificuldades adicionais na realização de tarefas cotidianas, **afetando negativamente sua qualidade de vida e independência.**



Com o intuito de atender essa parcela da população, a **Smart Sensor Design** está desenvolvendo um dispositivo inovador: uma válvula eletrônica que pode ser acionada por meio de um aparelho remoto ou até mesmo por um assistente virtual, como a Alexa.



Esse dispositivo visa auxiliar pessoas com algum tipo de incapacidade motora no controle do fluxo de água através de uma válvula.

Com o desenvolvimento deste projeto, sistemas de irrigação, torneiras hospitalares, filtros domésticos, entre outros, seriam **adaptados para que pessoas com deficiência pudessem utilizar esses recursos de forma mais acessível.**

Isso promoveria **maior inclusão** para uma parcela da população frequentemente excluída, proporcionando-lhes mais autonomia em suas atividades diárias. Além disso, **para pessoas sem deficiência, este produto tornaria as atividades cotidianas mais práticas e ágeis.**



REFERÊNCIAS

1. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência.** 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9749&t=sobre>.

2. RADABAUGH, M. P. **Tecnologia assistiva: inclusão e autonomia para pessoas com deficiência.** [s.d.]. Disponível em: <https://www.each.usp.br/petsi/jornal/?p=2844#:~:=%E2%80%9CTecnologia%20Assistiva%20%C3%A9%20uma%20%C3%A1rea,incapacidades%20ou%20mobilidade%20reduzi%20visando>.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:



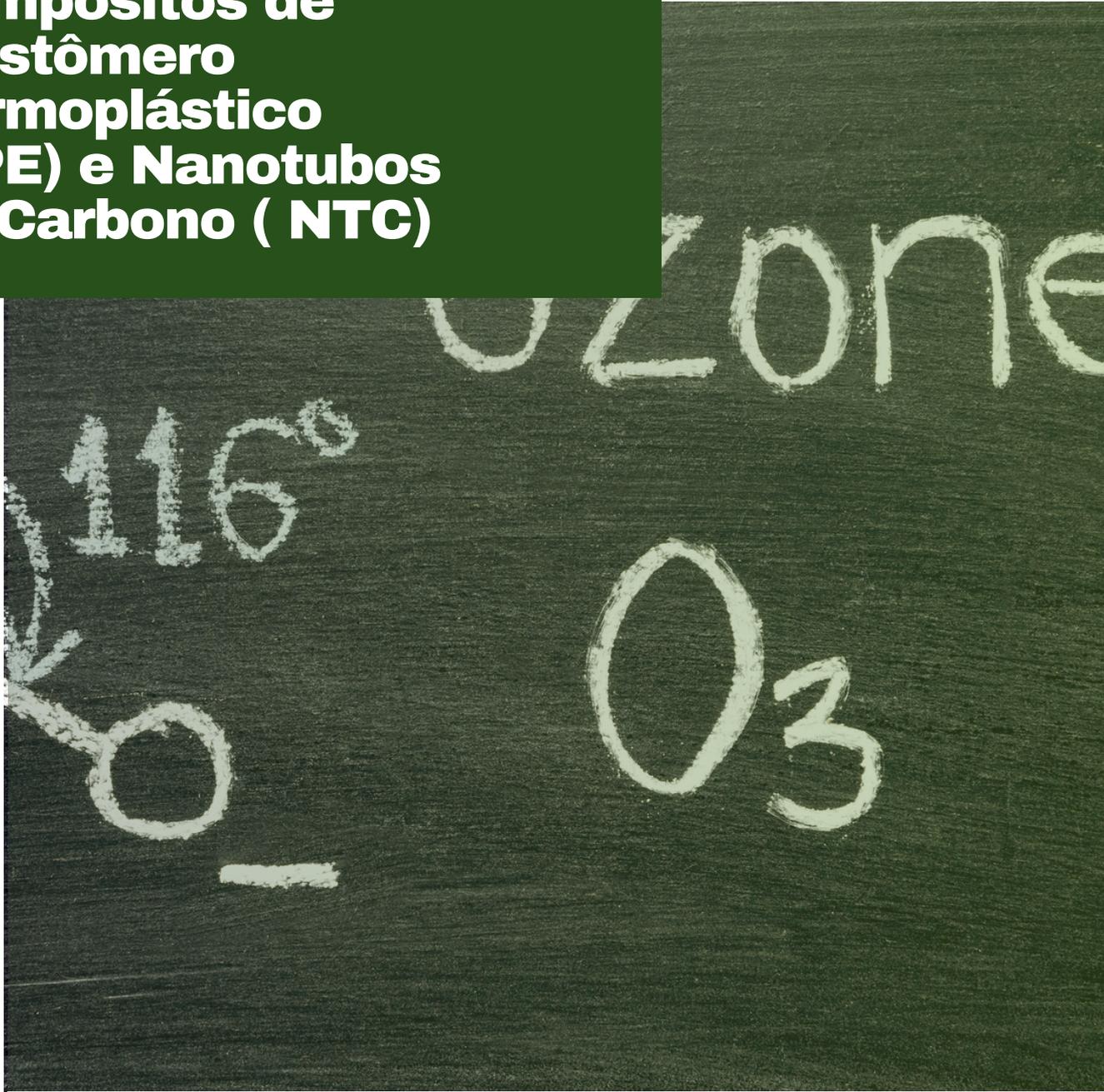


MATERIAIS INOVADORES E NOVAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS





Avaliação do Efeito Barocalórico em Compósitos de Elastômero Termoplástico (TPE) e Nanotubos de Carbono (NTC)



Autores:

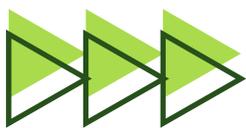
Daniel Ruivo Costa (graduando de Engenharia Mecânica na UEM)

Prof^a. Dr^a. Sílvia Luciana Fávaro (docente da UEM)

Avaliação do Efeito Barocalórico em Compósitos de Elastômero Termoplástico (TPE) e Nanotubos de Carbono (NTC)

Os sistemas de refrigeração modernos são uma maravilha tecnológica cada dia mais requisitada, devido, principalmente, ao **aumento da temperatura média global**, que, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial, **chegou a 1,2 °C no último século**.

Entretanto, existem complicações singulares dos fluidos refrigerantes que vêm sendo discutidas desde o **Protocolo de Montreal**, em 1987.



Nesse evento, foram definidos prazos para eliminar o uso de fluidos refrigerantes da época, como os clorofluorcarbonetos (CFCs), que causavam a depreciação da camada de ozônio.



Hoje, fluidos modernos, como R22 e R134a, já não possuem um impacto significativo na camada de ozônio, mas têm altos valores de Global Warming Potential (GWP), sendo que o próprio R134a possui o valor de 1430, o que significa um impacto no efeito estufa 1430 vezes maior que o CO₂.

Pesquisas na área de refrigeração em estado sólido vêm crescendo significativamente, com o intuito de substituir e, portanto, solucionar esses desafios dos fluidos refrigerantes, devido ao amplo leque de possibilidades de materiais e efeitos a serem estudados nesse campo.



Dado o panorama apresentado, novas tecnologias de refrigeração baseadas em efeitos calóricos ganharam destaque nas últimas décadas, o que culminou no desenvolvimento de novos **materiais e máquinas térmicas ambientalmente amigáveis.**

O **sistema calórico de refrigeração** substitui o fluido refrigerante e o compressor de um sistema convencional de refrigeração por um refrigerante no estado sólido (material i-calórico) e uma fonte externa de campo "i", que deve ser aplicada, respectivamente, causando uma variação na temperatura e na entropia do material.

Dentre as tecnologias calóricas desenvolvidas, o **efeito mecanocalórico** pode ser subdividido em três efeitos: (Figura 1)

- O **Elastocalórico**, que utiliza de uma tensão axial,
- O **Torsionalcalórico**, que utiliza de uma tensão de cisalhamento torcional simples,
- O **Barocalórico**, utilizando de uma pressão hidrostática,

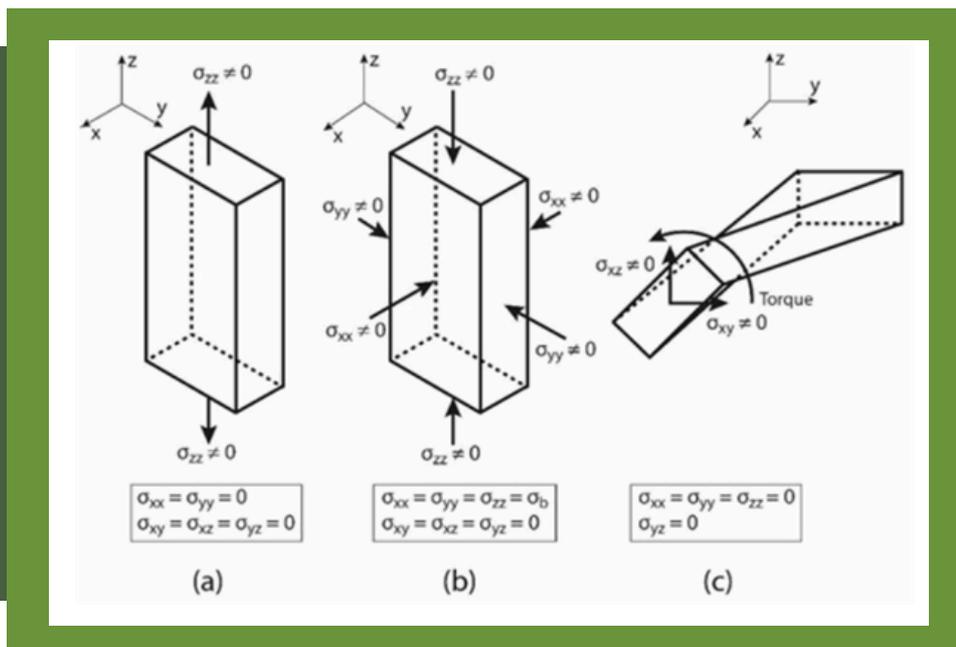
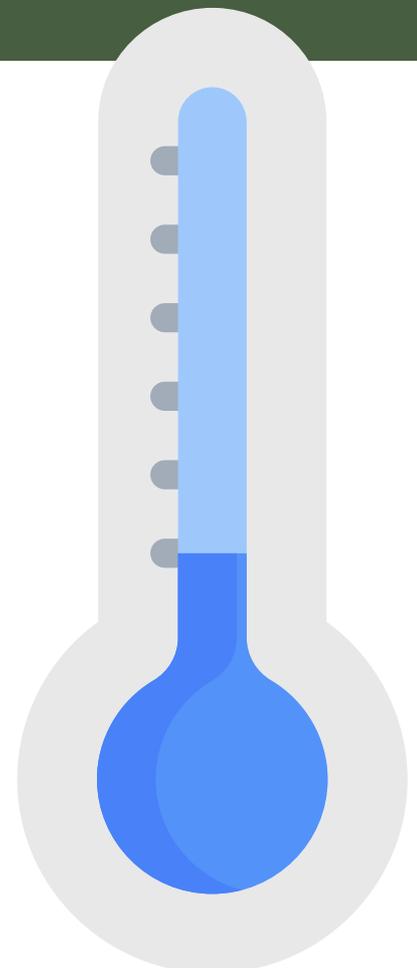


Figura 1. Efeitos Mecanocalóricos: (a) Elastocalórico, (b) Barocalórico, (c) Torsionalcalórico. Adaptada de Imamura et al. 2018 (1)

Desta forma, este trabalho contempla a **pesquisa e o desenvolvimento de um material compósito com matriz de um elastômero termoplástico (TPE)**

com a adição de nanotubos de carbono, a fim de melhorar suas propriedades térmicas para aplicação em sistemas de refrigeração em estado sólido.



O **efeito barocalórico** do TPE já foi investigado por Weerasekera N. e colaboradores (2), onde foi observada uma variação de temperatura de até 28°C.



Porém, como é característico dos polímeros serem isolantes, sua condutividade térmica é reduzida. Por isso, escolheu-se, neste trabalho, acrescentar nanotubos de carbono, advindos de um material comercial de polietileno de baixa densidade (PE), como base para os nanotubos de carbono (NTC), desenvolvendo, assim, um compósito com propriedades barocalóricas e elevada condutividade térmica.

Espera-se, com esse estudo, desenvolver um material que seja comercialmente viável para aplicações em máquinas.

Resultados preliminares para amostras do TPE puro e para os compósitos contendo 1% de nanotubos de carbono podem ser observados nas Figuras 2 e 3, onde foi possível **verificar que o compósito apresentou variação de temperatura ainda mais elevada do que o polímero puro.**

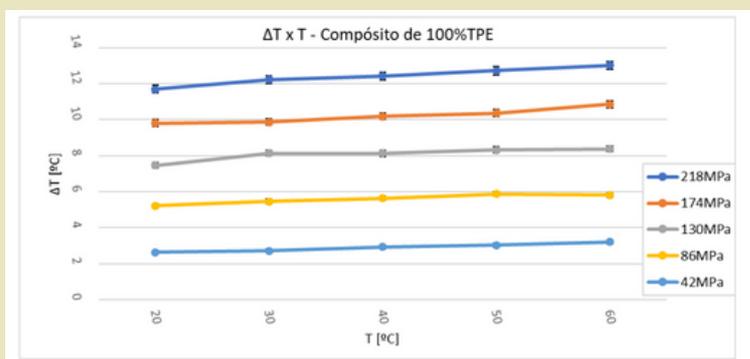


Figura 2. $\Delta T \times T$ para o TPE.

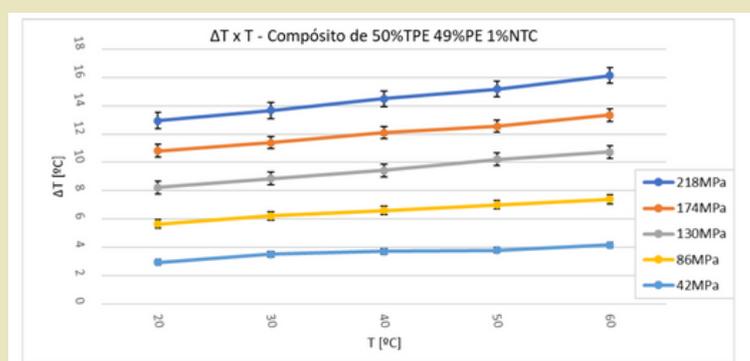


Figura 3. $\Delta T \times T$ - Compósito contendo 1% NTC.



REFERÊNCIAS

1. WEERASEKERA, N.; AJJARAPU, K. P. K.; SUDAN, K.; SUMANASEKERA, G.; KATE, K.; BHATIA, B. **Barocaloric Properties of Thermoplastic Elastomers**. Front. Energy Res., [s.l.], v. 10, 30 maio 2022. Seção: Process and Energy Systems Engineering. Disponível em: doi:10.3389/fenrg.2022.887006.
2. IMAMURA, W.; PAIXÃO, L. S.; USUDA, E. O.; BOM, N. M.; GAMA, S.; LOPES, E. S. N.; CARVALHO, A. M. G. **i-caloric effects: a proposal for normalization**. 8th International Conference on Caloric Cooling (Thermag VIII), p. 29, 2018.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Materiais Barocalóricos: Uma nova perspectiva para refrigeração



Autor:
Emilly Ramos Freitas da Silva (graduanda de Engenharia Mecânica na UEM)
Prof. Dr. Flavio Clareth Colman (docente da UEM)

Materiais Barocalóricos: uma nova perspectiva para refrigeração

No mundo globalizado, as políticas internacionais estão voltadas para a crescente preocupação com a **mudança climática global**.

A compreensão de que o planeta Terra é o único lar viável para a humanidade intensifica a pressão para **combater o aquecimento global**, tornando este o foco central da 26ª Conferência das Partes (COP 26) das Nações Unidas.



Uma abordagem empregada para avaliar o **impacto ambiental** de todo o **ciclo de vida dos equipamentos de refrigeração doméstica** no aquecimento global é conhecida como **Total Equivalent Warming Impact (TEWI)**.

Este método abrange desde a **fabricação dos componentes e gases refrigerantes** até o seu **descarte**, incluindo eventos indesejáveis, como vazamentos, que são comuns durante o uso desses equipamentos^{1 2}.



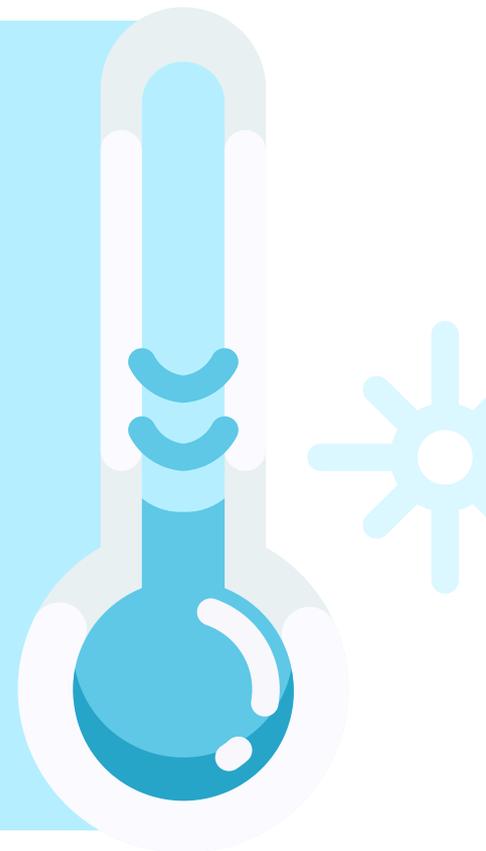
Análises sobre o efeito dos refrigerantes utilizados destacaram que **melhorar a eficiência desses equipamentos é uma das melhores formas de reduzir o aquecimento global** na refrigeração por compressão a vapor.

Todavia, os dispositivos de refrigeração modernos possuem eficiência menor que 60%³, e grande parte dessa limitação se deve ao fluido refrigerante utilizado, pois o rendimento e a faixa de temperatura de operação do dispositivo são dependentes das propriedades termofísicas desses fluidos⁴.

Nesse contexto, a busca por **tecnologias alternativas à refrigeração por compressão de vapor**, que sejam ecologicamente sustentáveis e mais eficientes, ganha destaque.

Os sistemas de refrigeração em estado sólido têm sido objeto de estudo há décadas e estão demonstrando resultados cada vez mais promissores para aplicação na refrigeração.

Esses sistemas **substituem os compressores** e os fluidos refrigerantes por **materiais em estado sólido** que respondem termicamente a um estímulo externo, eliminando, assim, a necessidade de usar gases como CFCs, HCFCs e HFCs, que têm um impacto significativo no aquecimento global^{5 6}



Dentre estas alternativas promissoras, destacam-se as tecnologias i-calóricas.

Nestas tecnologias, a fonte externa de campo “i” pode ser magnética, elétrica ou mecânica, classificando o efeito como **magnetocalórico** ($E_h - C$), **eletrocalórico** ($E_e - C$) ou **mecanocalórico** ($E_\sigma - C$), respectivamente.

O $E_\sigma - C$ pode ainda ser subdividido de acordo com os diferentes campos de tensão mecânica aplicados em:

- ▶ **Efeito elastocalórico** ($E_{\sigma e} - C$), resultante da aplicação de uma tensão uniaxial;
- ▶ **Efeito barocalórico** ($E_{\sigma b} - C$), em que o material é submetido a uma variação de pressão hidrostática (Δp);
- ▶ **Efeito torsional** ($E_{\sigma t} - C$), decorrente da aplicação de tensão de cisalhamento torcional pura ao material^{6 7}

No que concerne aos artigos científicos relacionados ao $E_{\sigma b} - C$, os estudos reportam o potencial barocalórico de novos materiais promissores, subdivididos em diferentes classes como:

- Polímeros⁸;
- Compostos intermetálicos⁹;
- Materiais ferrielétricos e ferroelétricos¹⁰;
- Fluoretos e oxifluoretos¹¹;
- Condutores superiônicos¹²;
- Compostos híbridos orgânicos-inorgânicos¹³;
- Cristais plásticos¹⁴;
- Spin-crossover¹⁵;
- n-alcenos¹⁶

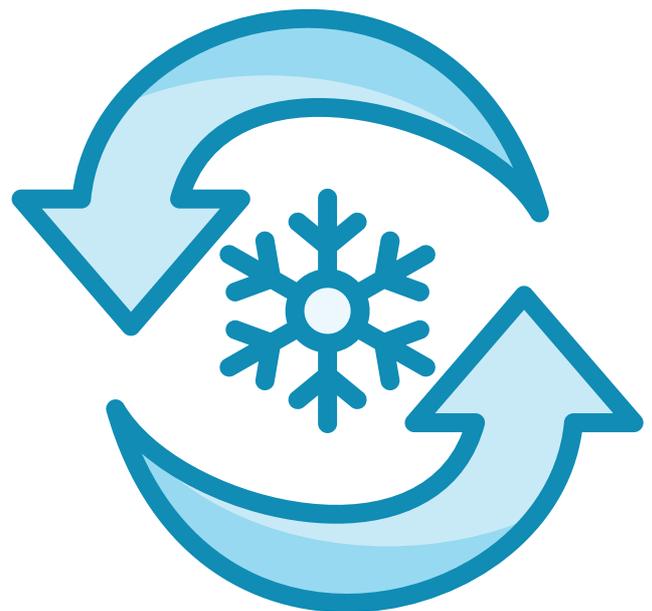
Dentre os materiais barocalóricos, destacam-se os polímeros que, em seus primeiros estudos sistemáticos, foram capazes de evidenciar algumas das características sugeridas por Lloveras e Tamarit¹⁷ para o sucesso de sua aplicação como refrigerantes em estado sólido.

Essas características incluem: valores gigantes de ΔTS e ΔST para uma ampla faixa de temperaturas sob aplicação de pressões moderadas, boa reversibilidade e boa disponibilidade com baixo custo.

Essa afirmação pode ser facilmente observada nos artigos previamente publicados para **elastômeros**, como o poli(dimetilsiloxano)¹⁸.

Neste trabalho, para compreender o comportamento do **efeito barocalórico em polímeros**, realizou-se uma verificação experimental do **efeito barocalórico** em uma amostra de TPU.

Como resultado, foram obtidas curvas de temperatura em função do tempo, com partida em uma determinada temperatura inicial (T_0) de ensaio.



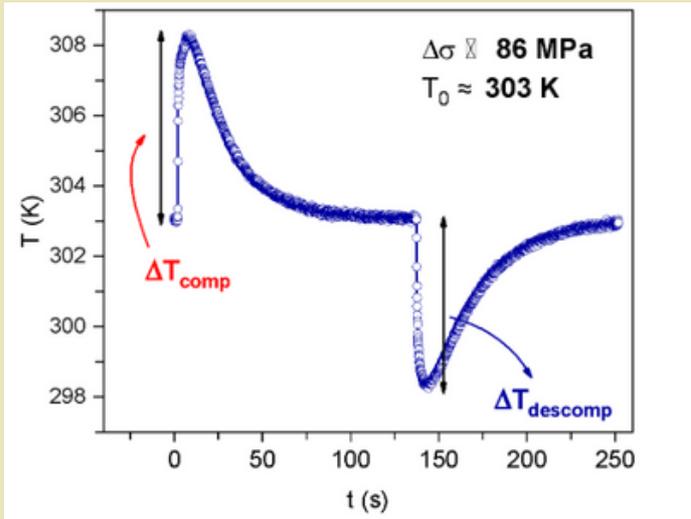


Figura 1 – Ensaio Barocalórico – curva de T (K) vs t (s) em 86 MPa e 303 K

Quando a amostra foi submetida a uma variação de pressão ($\Delta\sigma$), o TPU apresentou uma resposta térmica que é notada nos dois picos de temperatura mostrados na **Figura 1**. Esses picos foram associados às fases de aplicação e alívio da pressão.

A variação **adiabática de temperatura** (ΔT_S) é obtida ao se efetuar a diferença entre as temperaturas máximas de cada pico e a temperatura inicial de ensaio, podendo ser visualizadas como ΔT_{comp} ($0 \rightarrow \sigma$) e $\Delta T_{descomp}$ ($\sigma \rightarrow 0$).

O **efeito barocalórico** foi observado a partir das curvas de TS (medida direta) versus T (diferentes temperaturas iniciais). A diferença de temperatura máxima alcançada foi de $\Delta T_S = 11,97$ K em 333 K para uma $\Delta\sigma = 218$ MPa.

Na **Figura 2**, são mostradas as curvas obtidas para o TPU, medidas na faixa de temperatura entre 293 K e 333 K (passo de 10 K) e variação de pressão de 42 a 218 MPa.

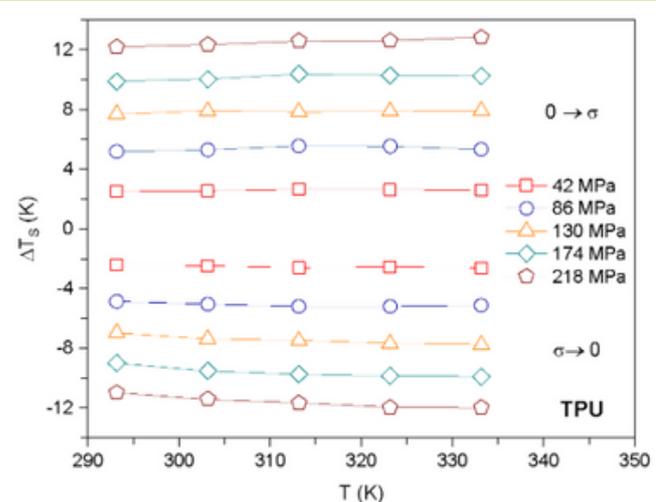


Figura 2 – Curva de propriedade barocalórica em diferentes $\Delta\sigma$. Dados de TS vs T.

Os valores obtidos para o efeito barocalórico foram expressivos, mas como desenvolver um regenerador em estado sólido capaz de utilizar um polímero como refrigerante?

Primeiramente, deve-se apresentar o **conceito de regenerador**. Regeneradores são trocadores de calor de armazenamento de energia térmica, nos quais uma quantidade de fluido, quente ou frio, escoam pela mesma matriz regenerativa em períodos diferentes, caracterizando um processo de transferência de calor intermitente^{19 20 21 22 23}.



O ciclo térmico de um regenerador inicia-se com o período de escoamento quente, que ocorre quando um fluido quente escoam pela matriz. Durante essa etapa, a matriz remove e armazena uma quantidade de calor cedida pelo fluido, que, por sua vez, é resfriado e deixa o leito do regenerador a uma temperatura mais baixa.

O próximo período do ciclo é o escoamento frio, quando um fluido frio passa pela mesma matriz que trocou calor com o escoamento quente no período anterior. Nesta etapa, a matriz cede o calor armazenado na etapa anterior do ciclo ao fluido frio que, por sua vez, é aquecido e deixa o regenerador a uma temperatura mais elevada.



Desse modo, o calor não é transferido continuamente, e a energia térmica é alternadamente armazenada e cedida pela matriz²³.

O **ciclo termodinâmico** de um **Regenerador Barocalórico Ativo** (AbR) é baseado no ciclo de Brayton, apresentado na Figura 3.

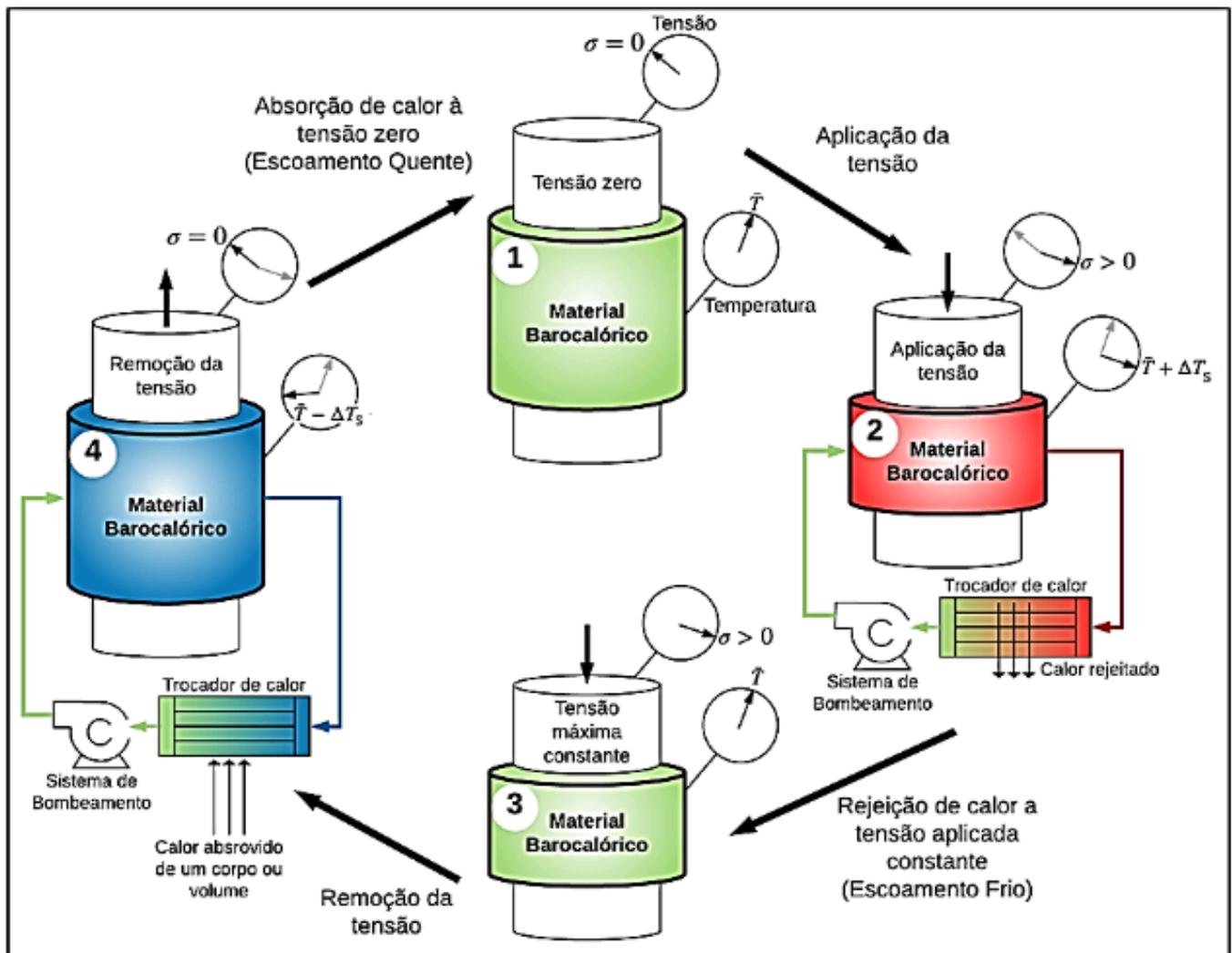


Figura 3 – Funcionamento de um Refrigerador Barocalórico. Adaptado de Faria et al. (24)

Como observado na **Figura 3**, o ciclo pode ser descrito nas etapas:

01

Tensionamento adiabático (1-2): O campo de tensão mecânica é aplicado ao regenerador mantido a uma temperatura intermediária (T) e sob condições adiabáticas. Logo, a temperatura do material barocalórico é aumentada devido ao $E_{\sigma} = C(+\Delta T_S)$.

02

Escoamento frio à campo de tensão constante (2-3): O fluido de trabalho é deslocado do trocador de calor frio ao trocador de calor quente, mantendo-se o campo de tensão mecânica aplicado ($\sigma > 0$). Nesse processo, o fluido de trabalho remove o calor do regenerador, que, por sua vez, retorna a uma temperatura intermediária e rejeita esse calor para o ambiente no trocador de calor quente.

03

Alívio de tensionamento adiabático (3-4): O campo de tensão mecânica é removido do regenerador mantido a uma temperatura intermediária (T) e sob condições adiabáticas. Logo, a temperatura do material é reduzida devido ao $E_{\sigma} = C(-\Delta T_S)$.

04

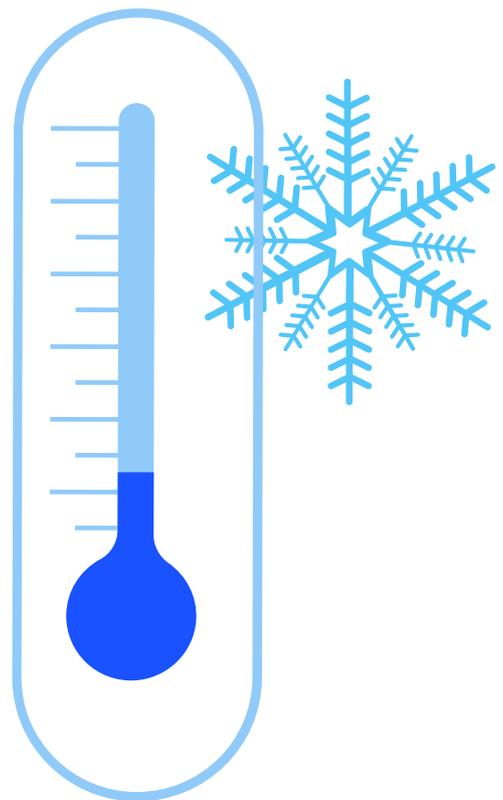
Escoamento quente a campo de tensão nulo (4-1): O fluido de trabalho é bombeado do trocador de calor quente para o trocador de calor frio sob a condição de campo de tensão mecânica nulo ($\sigma = 0$). Nesse processo, o regenerador remove o calor do fluido de trabalho. Deste modo, o fluido sai da matriz regenerativa a uma temperatura menor do que a temperatura de um volume ou corpo a ser refrigerado, absorvendo calor dele.

O maior desafio para a construção de um **protótipo de regenerador barocalórico** está no fato de que o material polimérico utilizado como refrigerante deve estar confinado em um invólucro.

Neste caso, com base no que foi previamente mostrado, considerou-se um conceito de regenerador de múltiplos tubos, com troca térmica realizada por meio de um fluido de trabalho (Heat Transfer Fluid - HTF).

A otimização da troca de calor entre o HTF, o invólucro e o **material barocalórico** é essencial para o projeto de um refrigerador inovador. Assim, a utilização de métodos numéricos se faz necessária.

O foco deve ser o de se projetar uma matriz regenerativa que garanta altas taxas de transferência de calor entre o sólido e o fluido de trabalho, com mínimas perdas hidrodinâmicas.



Em uma primeira análise o método dos elementos finitos foi utilizado para o estudo da influência de parâmetros como velocidade de entrada do HTF, espessura da parede do tubo, pressão aplicada sobre o refrigerante no rendimento de um regenerador com 5 tubos (ou invólucros).

Os resultados iniciais para um ciclo de temperatura são mostrados para o **material barocalórico** (MB) e para os seus revestimentos de acordo com a sua posição no regenerador considerando uma pressão de 130 MPa.

Como esperado, o invólucro possui uma temperatura inferior à do MB disponível para realizar a troca térmica com o HTF.

Assim, entende-se que não somente a **espessura da parede do invólucro**, mas também as suas **propriedades térmicas** são determinantes para um bom rendimento do equipamento proposto.

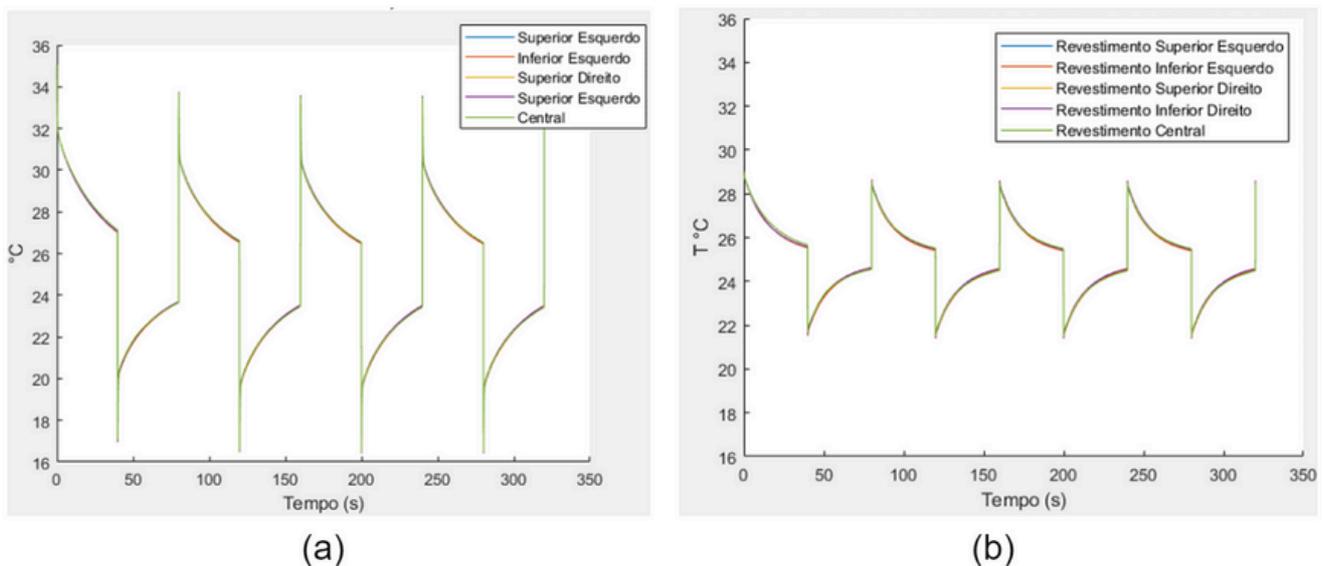


Figura 4 – Comportamento no Ciclo de Temperatura (a) MB e (b) Invólucros (ou revestimentos). De acordo com a sua posição no regenerador.

Nestas simulações, o banco de tubos foi constituído de **Aço-Niquel 9%** com espessura estimada de 1,72 mm para a pressão de 130 MPa.

Novos estudos estão sendo contemplados utilizando para a simulação ferramenta computacional do tipo CAE.

O fluido de trabalho um mistura de 50% de água e 50% de etilenoglicol. Na Figura 5 são ilustradas a malha e uma resposta numérica para o escoamento.

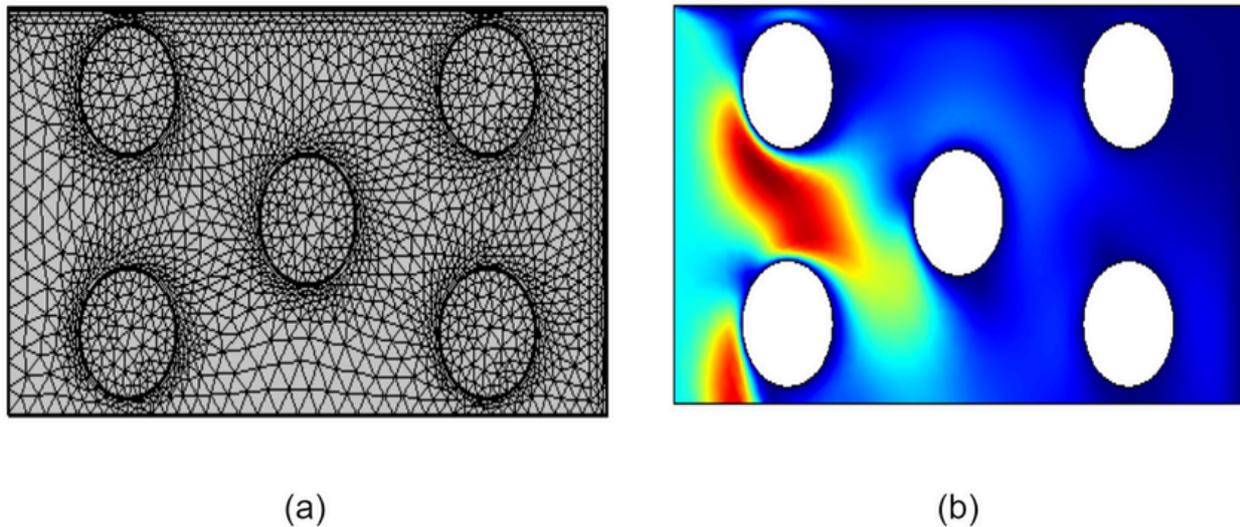


Figura 5 – Simulação em software. (a) malha inicial (b) resposta nos primeiros segundos para a velocidade de escoamento.

Estudos adicionais estão sendo conduzidos a **fim de melhorar o escoamento do fluido entre o banco de tubos**, bem como, para tornar mais eficiente a troca de calor entre as diferentes regiões do regenerador.

O modelo momentaneamente considera apenas a temperatura da parede externa do tubo (após a troca de calor por condução com o MB) e do tempo de escoamento do fluido ao passar na matriz de banco de tubos. Contudo análises multifísicas estão em desenvolvimento.



REFERÊNCIAS

1. PASSARINHO, N. COP26: **os principais fracassos e vitórias do acordo final da cúpula sobre mudança climática**. 2021. p. 1–9.
2. PAPASAWA, S.; MOOMAW, W. R. **Life-Cycle Global Warming Impact of CFCs and CFC substitutes for Refrigeration**. *Journal of Industrial Ecology*, v. 1, p. 71–91, 1997.
3. CAZORLA, C. **Novel mechanocaloric materials for solid-state cooling applications**. *Applied Physics Reviews*, v. 6, n. 4, p. 041316–16, 26 dez. 2019.
4. COULOMB, D. **Refrigeration: the Challenges associated with Sustainable Development. Interlinked Challenges, Interlinked Solutions: Ozone Protection and Climate Change**, v. 12, p. 12–14, 2006.
5. TAKEUCHI, I.; SANDEMAN, K. **Solid-state cooling with caloric materials**. *Physics Today*, v. 68, n. 12, p. 48–54, 1 dez. 2015.
6. IMAMURA, W. et al. **I-Caloric effects: a proposal for normalization**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CALORIC COOLING (THERMAG VIII), 8., 2018, Darmstadt, Germany. Proceedings. Darmstadt, 2018. p. 179–184.
7. MOYA, X.; KAR-NARAYAN, S.; MATHUR, N. D. **Caloric materials near ferroic phase transitions**. *Nature Materials*, v. 13, n. 5, p. 439–450, 22 maio 2014.
8. COLMAN, F. C. et al. **On the mechanocaloric effect of natural graphite/thermoplastic polyurethane composites**. *Journal of Materials Science*, v. 58, n. 27, p. 11029–11043, 6 jul. 2023.
9. MATSUNAMI, D. et al. **Giant barocaloric effect enhanced by the frustration of the antiferromagnetic phase in Mn₃GaN**. *Nature Materials*, v. 14, n. 1, p. 73–78, 26 jan. 2015.
10. STERN-TAULATS, E. et al. **Inverse barocaloric effects in ferroelectric BaTiO₃ ceramics**. *APL Materials*, v. 4, n. 9, p. 091102, 19 set. 2016.



REFERÊNCIAS

11. FLEROV, I. N. et al. **Barocaloric effect in ferroelastic fluorides and oxyfluorides.** *Ferroelectrics*, v. 500, n. 1, p. 153–163, 8 ago. 2016.
12. SAGOTRA, A. K.; CHU, D.; CAZORLA, C. **Room-temperature mechanocaloric effects in lithium-based superionic materials.** *Nature Communications*, v. 9, n. 1, p. 3337, 20 ago. 2018.
13. BERMÚDEZ-GARCÍA, J. M.; SÁNCHEZ-ANDÚJAR, M.; SEÑARÍS-RODRÍGUEZ, M. A. **A new playground for organic-inorganic hybrids: Barocaloric materials for pressure-induced solid-state cooling.** *The Journal of Physical Chemistry Letters*, v. 8, n. 18, p. 4419–4423, 21 set. 2017.
14. AZNAR, A. et al. **Reversible and irreversible colossal barocaloric effects in plastic crystals.** *Journal of Materials Chemistry A*, v. 8, n. 2, p. 639–647, 2 jan. 2020.
15. VON RANKE, P. J. et al. **Large barocaloric effect in spin-crossover complex [CrI₂(depe)₂].** *Journal of Applied Physics*, v. 127, n. 16, p. 165104, 30 abr. 2020.
16. MILIANTE, C. M. et al. **On the colossal barocaloric effect in higher n-alkanes.** *Journal of Materials Chemistry A*, v. 10, n. 15, p. 8344–8355, 12 abr. 2022.
17. LLOVERAS, P.; TAMARIT, J.-L. **Advances and obstacles in pressure-driven solid-state cooling: A review of barocaloric materials.** *MRS Energy & Sustainability*, v. 8, p. 3–15, 12 fev. 2021.
18. IMAMURA, W. et al. **Giant barocaloric effects in natural graphite/polydimethylsiloxane rubber composites.** *Journal of Materials Science*, v. 57, n. 1, p. 311–323, 1 jan. 2022.



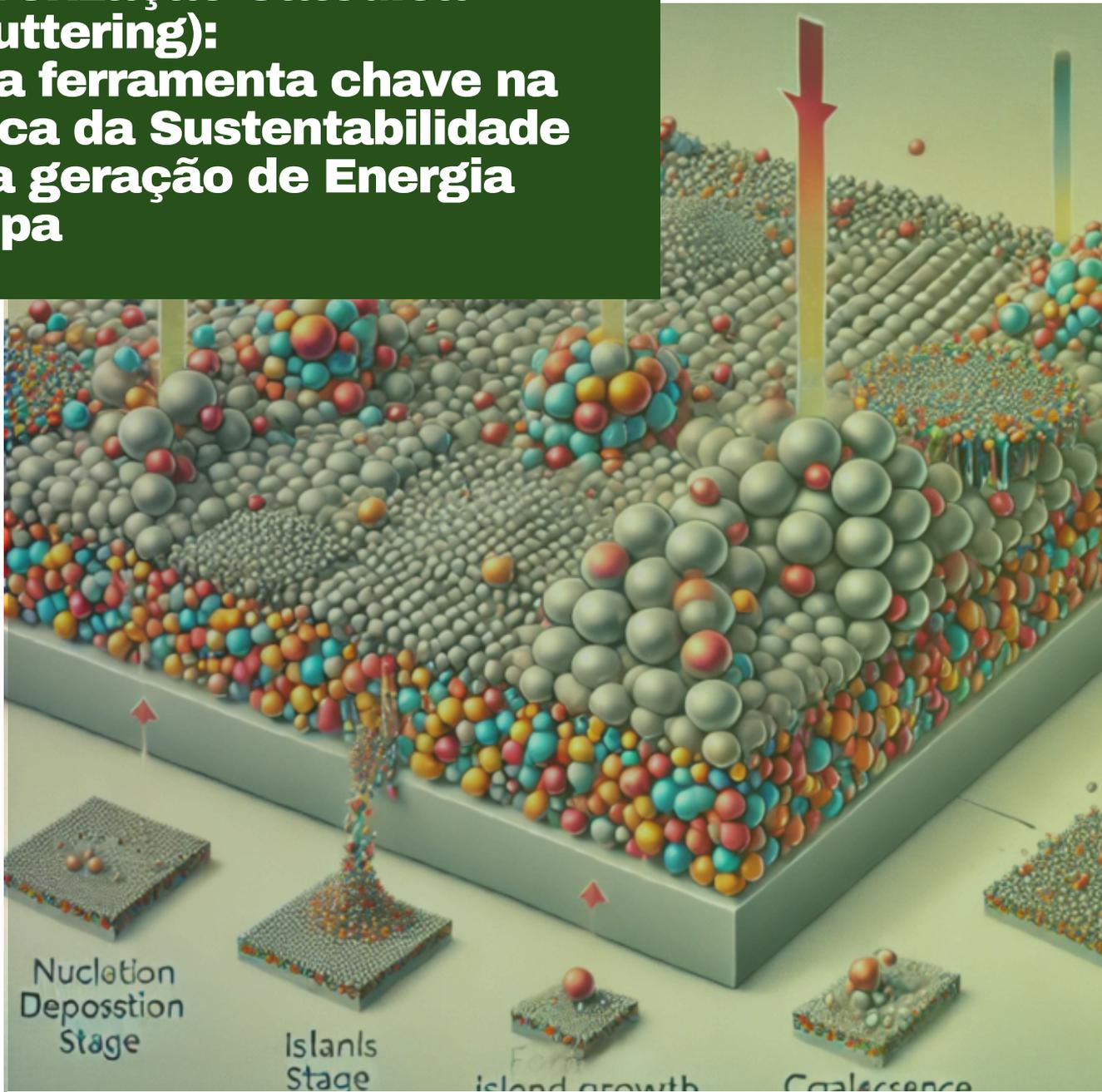
REFERÊNCIAS

19. MAÑOSA, L. et al. **Barocaloric effect in metamagnetic shape memory alloys**. *Physica Status Solidi (b)*, v. 251, n. 10, p. 2114–2119, 2014
20. SCHMIDT, F. W.; WILLMOTT, A. J. **Thermal Energy Storage and Regeneration**. New York: Hemisphere Publishing Co, 1981. 352 p.
21. SHAH, R. K.; SEKULIC, D. P. **Fundamentals of Heat Exchanger Design**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 941 p.
22. NELLIS, G.; KLEIN, S. **Heat Transfer**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 1011 p.
23. TREVIZOLI, P. V. **Development of thermal regenerators for magnetic cooling applications**. 2015. Tese (Doutorado) — Federal University of Santa Catarina, Florianópolis-SC.
24. FARIA, P. et al. **Numerical analysis of the thermodynamic performance of an active barocaloric regenerator using PDMS rubber for refrigeration applications**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING, 26., 2021, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Proceedings [...]. ABCM, 2021. p. 1–10.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:



Formação de filmes finos pelo método de Pulverização Catódica (Sputtering): Uma ferramenta chave na busca da Sustentabilidade e na geração de Energia Limpa



Autores:

João Eugênio Andrade de Souza (mestrando em Nanociências e Biociências)

Prof. Dr. Valdirlei Fernandes Freitas (docente da UNICENTRO)

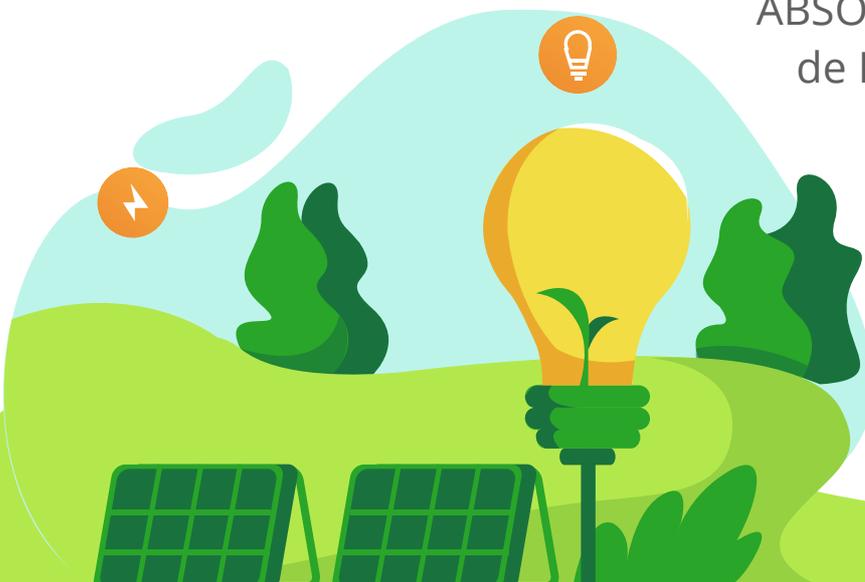
Formação de filmes finos pelo método de pulverização catódica (Sputtering): Uma ferramenta chave na busca da Sustentabilidade e na geração de Energia Limpa

Com o crescimento constante da população mundial e o **aumento do consumo de recursos naturais**, é natural que a cada dia sejam propostos novos avanços tecnológicos, buscando uma maneira mais sustentável de conservar o planeta.



Com a **demanda energética** cada vez mais exigida mundialmente, nos últimos anos, tem-se discutido uma **transição energética para fontes renováveis**, sendo algumas delas a eólica, solar, hídrica, biomassa, entre outras [1].

A fonte que vem ganhando mais destaque nos últimos anos é a **solar**, que tem vantagem sobre as demais pela sua **eficiência, custo e impacto ambiental**. Estudos apresentados pela ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica) mostram que a matriz energética por meio da produção solar ainda representa uma pequena fatia da matriz elétrica global [1].



No entanto, por mais que a **energia solar** tenha um custo inferior para ser produzida em relação às demais, **ainda é um investimento de alto valor para uma pessoa comum**. Por isso, formas de produção mais baratas e eficientes de painéis solares vêm sendo discutidas.

Neste estudo, abordaremos o **método de pulverização catódica**, também conhecido como *sputtering*.

A técnica de *sputtering*, ou **pulverização catódica**, é basicamente empregada para a obtenção de filmes finos sobre substratos planos e na deposição de nanopartículas sobre substratos em pó [7].

Essa técnica envolve a **ejeção de átomos e aglomerados atômicos** (conjuntos de átomos que formam estruturas menores do que sólidos convencionais, geralmente variando de alguns átomos a milhares de átomos) de um material de alta pureza, condensando-os e formando filmes finos ou nanopartículas sobre a superfície de um substrato.

Em geral, a **deposição catódica** é utilizada para a disposição de filmes finos em substratos planos, que estão presentes em células fotovoltaicas, baterias, entre outros [8].

De acordo com os estudos realizados por Greene et al., 2017, e Son et al., 2017, o crescimento de filmes finos em substratos planos ocorre nas seguintes etapas:

1 .Início do crescimento:

- O substrato é mostrado na parte inferior da imagem, representado por uma superfície retangular plana de cor cinza;
- Acima do substrato, pequenas partículas (átomos ou moléculas) podem se depositar. Essas partículas são representadas como pequenas esferas de diferentes núcleos, representando os átomos que se ligam ao substrato;

2. Crescimento das ilhas ao decorrer da deposição:

- À medida que as partículas começam a se depositar, elas formam pequenas ilhas ou aglomerados;
- As ilhas são mostradas como agrupamentos de esferas conectadas entre si, indicando que os átomos estão começando a se juntar e a formar estruturas;

3. Processo de coalescência, originando um filme fino contínuo do material alvo sobre o substrato:

- À medida que o processo de deposição continua, as ilhas crescem e começam a se coalescer, formando uma camada mais uniforme;
- A imagem mostra uma transição onde as ilhas começam a se fundir, eventualmente cobrindo completamente o substrato;

- A camada final é representada como uma superfície contínua de esferas interligadas, cobrindo totalmente o substrato, representando o filme fino completo;

Elementos adicionais:

- Setas indicam o movimento dos átomos/moléculas em direção ao substrato;
- Notas explicativas no texto ao lado de cada seção descrevem as fases de nucleação, crescimento das ilhas e coalescência;
- O fundo da imagem é claro, com um esquema de cores que facilita a compreensão.

A **figura 1** ilustra esse processo.

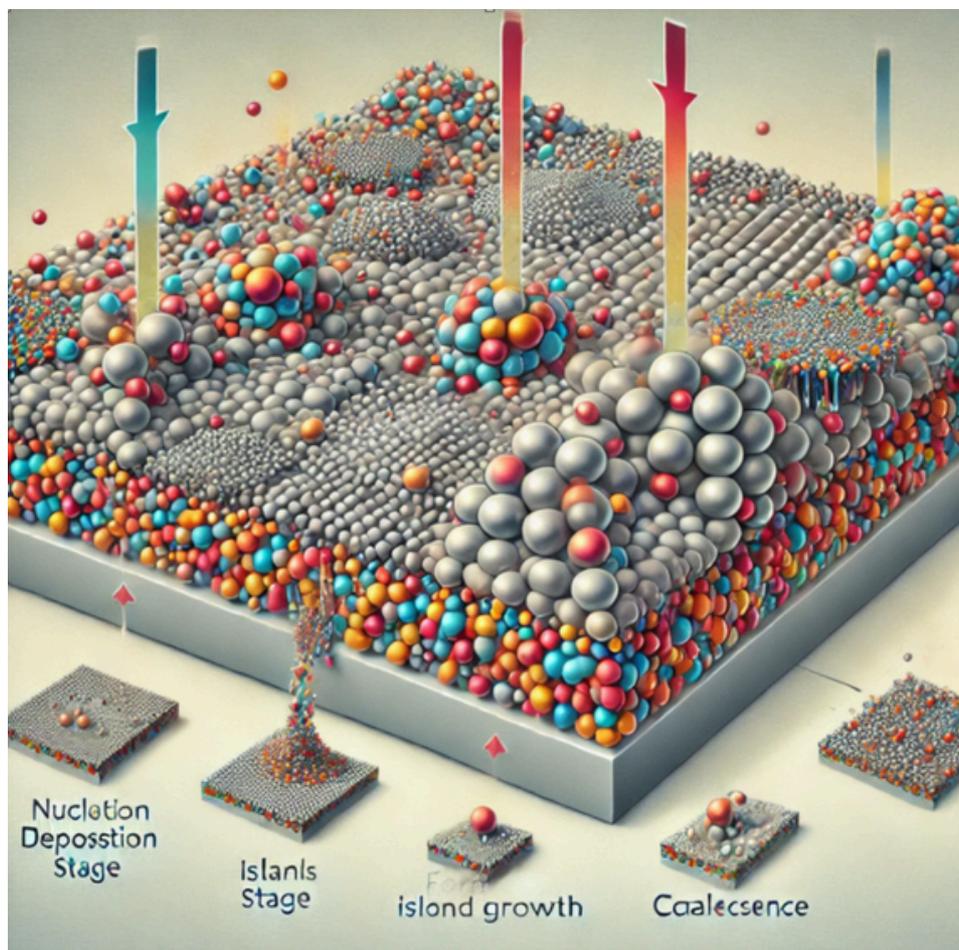


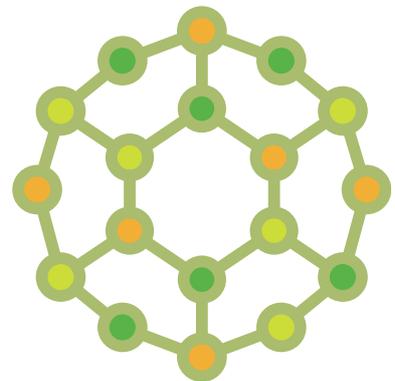
Figura 1: Processo de deposição de filmes finos por deposição catódica (Gerada por IA).

Embora o primeiro trabalho reportado sobre a **deposição catódica de nanopartículas** tenha ocorrido no ano de 1977, só houve uma proposta para explicar o mecanismo físico envolvido no processo no ano de 2015.

Gonçalves et al., 2015, propuseram que a **formação de nanopartículas sobre substratos ocorre de forma totalmente análoga à deposição de filmes finos**; no entanto, as velocidades dos processos de nucleação e o crescimento das ilhas são significativamente reduzidos, pois os átomos ou aglomerados do material alvo são depositados em diferentes áreas da superfície do substrato com igual probabilidade.

Como resultado, evita-se o crescimento de ilhas próximas e a fusão entre elas, o que garante a **formação de nanopartículas (NPs) separadas e unidas** [2].

O sistema mais simples de **pulverização catódica** é composto por uma câmara de vácuo, um par de eletrodos, um material alvo servindo como cátodo e um substrato servindo como ânodo, além de uma fonte de alimentação [4, 5, 10].



Os sistemas de *sputtering* são classificados de formas diferentes de acordo com o tipo de alimentação, sendo de **corrente contínua** (DC) e **radiofrequência** (RF), geralmente alimentados por uma **corrente alternada** (AC).

Suas principais diferenças são os materiais comumente depositados: **enquanto na alimentação DC se utiliza geralmente materiais eletricamente condutores, o método por alimentação AC ou RF é utilizado tanto para materiais condutores quanto para materiais não condutores [11].**

O processo de realização da pulverização catódica ocorre da seguinte maneira [4]:

01 Preparação do substrato:

a. Limpeza do substrato: Antes de iniciar o processo de pulverização, o substrato deve ser rigorosamente limpo para remover qualquer contaminante, como óleos, poeira ou outros resíduos que possam afetar a aderência do filme.

b. Posicionamento no suporte: Coloca-se o substrato no suporte dentro da câmara de sputtering, garantindo que esteja fixo e posicionado adequadamente para receber o material depositado

02 Preparação da câmara de sputtering:

a. Escolha do material alvo: Seleciona-se o material alvo (geralmente um metal ou óxido) que será pulverizado e posiciona-se o alvo dentro da câmara.

b. Selamento da câmara: Fecha-se a câmara de *sputtering*, garantindo que todas as vedações estejam bem ajustadas para evitar vazamentos.

03

Bombeamento

a. Bombeamento: Utiliza-se uma bomba de vácuo para evacuar a câmara, removendo o ar e qualquer outro gás indesejado. Isso é essencial para garantir que o plasma seja formado corretamente.

b. Alcançar o vácuo desejado: Continua-se o bombeamento até atingir o nível de vácuo necessário, geralmente em torno de 10^{-3} a 10^{-7} Torr, dependendo do processo.

04

Introdução do gás inerte:

a. Adição do gás de trabalho: Introduce-se um gás inerte, como argônio (Ar), na câmara. O gás será ionizado para formar o plasma.

b. Controle da pressão: A pressão do gás é ajustada dentro da câmara para um nível específico, geralmente entre 1 a 10 mTorr, para controlar a taxa de pulverização.

05

Formação do plasma:

a. Aplicação de tensão: Aplica-se uma alta tensão negativa ao alvo, geralmente utilizando uma fonte de alimentação DC ou RF, dependendo do material alvo e do tipo de sputtering.

b. Ionização do gás: A tensão aplicada ioniza o gás de argônio, criando um plasma composto de íons positivos e elétrons livres.

06 Pulverização do material alvo:

a. Bombardeamento do alvo: Os íons de argônio, acelerados pelo campo elétrico, colidem com o alvo, arrancando átomos ou moléculas do material alvo.

b. Deposição no substrato: Os átomos arrancados viajam em direção ao substrato e se depositam sobre sua superfície, formando um filme fino e uniforme.

07 Conclusão do processo:

a. Desligamento da fonte de energia: Desliga-se a fonte de alimentação que gera o plasma para interromper o processo de pulverização.

b. Liberação do vácuo: Gradualmente, reintroduz-se o ar na câmara, aumentando a pressão de volta ao nível atmosférico.

c. Remoção do substrato: Abre-se a câmara e remove-se cuidadosamente o substrato, agora coberto com o filme desejado.

Para termos uma noção melhor do funcionamento da técnica, a **figura 2** a seguir nos dá um exemplo de como o processo ocorre dentro da **câmara de pulverização**.

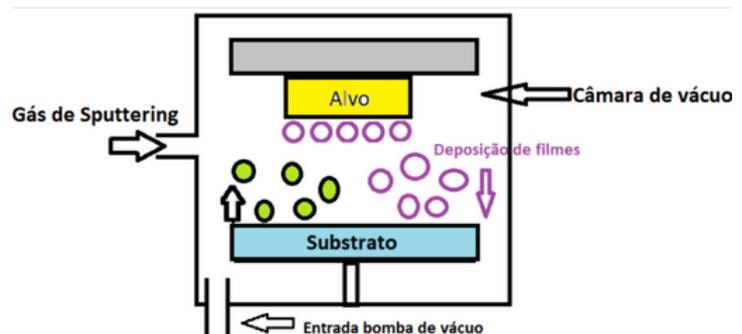


Figura 2: Representação do processo de deposição de filmes finos pela técnica de sputtering. Fonte:[6]

Para verificar se o filme foi depositado corretamente ou se as propriedades almeçadas foram atingidas, é interessante usar técnicas de caracterização como DRX, **técnicas de microscopia e espectroscopia** [10].

Conclui-se que a técnica de *sputtering* apresenta uma **alta reprodutibilidade e simplicidade na preparação de filmes finos e deposição de nanopartículas**. No entanto, a relação entre a configuração dos parâmetros experimentais e as propriedades do material alvo no substrato ainda precisa ser muito explorada, já que depende de uma série de fatores que envolvem condições específicas de cada processo.



REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia Solar no Brasil: fonte de economia, oportunidades e investimentos.** Disponível em: ANÁLISE das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil. [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/02/SEEG11-RELATORIO-ANALITICO.pdf>.
2. **DESAFIOS e oportunidades para redução das emissões de metano no Brasil.** [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/03/SEEG-METANO.pdf>.
3. RCGI. **Estudo avalia alternativas ao diesel para os caminhões de carga.** Disponível em: <https://sites.usp.br/rcgi/br/estudo-avalia-alternativas-ao-diesel-para-os-caminhoes-de-carga/#:~:text=Pela%20perspectiva%20econ%C3%B4mica%2C%20as%20melhores>.
4. GONÇALVES, R. V. et al. **Easy access to metallic copper nanoparticles with high activity and stability for CO oxidation.** ACS Applied Materials & Interfaces, v. 7, n. 15, p. 7987-7994, 2015.
5. GREENE, J. E. **Tracing the recorded history of thin-film sputter deposition: From the 1800s to 2017.** Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films, v. 35, n. 5, p. 05C204, 2017.
6. WASA, K. **Sputtering Systems.** 2. ed. Elsevier Inc., 2012
7. MAHAN, J. E. **Physical vapor deposition of thin films.** New York: Wiley-VCH, 2000. 336 p.



REFERÊNCIAS

8. QUIROZ, Heiddy; CALDERÓN, Jorge; DUSSAN CUENCA, Anderson. **Nanomateriales que revolucionan la tecnología: Perspectivas y aplicaciones en espintrónica.** 10.36385/FCBOG-7-0, 2020.
9. RABELO, Lucas Gabriel. **Deposição de nanopartículas sobre substratos em pó através da técnica de pulverização catódica (Sputtering): uma revisão dos conceitos físicos, aplicações e perspectivas.** São Carlos, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2020. Orientador: Renato Vitalino Gonçalves.
10. SIGMUND, P. **Sputtering by ion bombardment: theoretical concepts.** In: **Sputtering by particle bombardment I.** Berlin, Heidelberg: Springer, 1981. p. 9-71.
11. SIMON, A. H. Sputter processing. In: SESHAN, K.; SCHEPIS, D. (org.). **Handbook of the film deposition.** 4. ed. New York: Elsevier Inc., 2018. p. 195-230.
12. SON, M. K. et al. **Characteristics of crystalline sputtered LaFeO₃ thin films as photoelectrochemical water splitting photocathodes.** *Nanoscale*, v. 12, n. 17, p. 9653-9660, 2020.
13. VPI TECHNOLOGIES. **What is DC and RF Sputtering.** Disponível em: <https://www.vpi2004.com/pt/whatisrfanddcspatteringcoating>. Acesso em: 18 ago. 2024.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Medindo para conservar: A importância de uma aferição precisa na conservação de água potável



Autor:

Bruno Navarro Salvador (graduando de Engenharia Elétrica na UEM)

Prof. Dr. Sandro Lautenschlager (docente da UEM)

Medindo para conservar: A importância de uma aferição precisa na conservação de água potável

Nas últimas décadas, o **consumo mundial de água tem aumentado significativamente**, impulsionado pelo crescimento populacional, urbanização e desenvolvimento industrial.

Esse aumento no consumo é acompanhado por um **alarmante desperdício de água**, o que agrava a escassez hídrica global,

apesar dos avanços tecnológicos em eficiência no uso da água e dos esforços para melhorar a gestão dos recursos hídricos.

No Brasil, um estudo do Instituto Trata Brasil demonstra que, entre 2018 e 2022, a perda de água durante a distribuição foi, em média, de 39% (Figura 1).

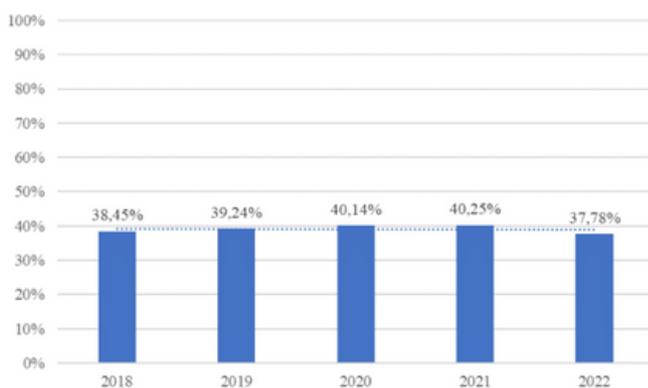


Figura 1: Evolução das perdas na distribuição no Brasil entre 2018-2022. Adaptado de “Estudo de perdas de água de 2024 (SNIS, 2022): Desafio na eficiência do saneamento básico no Brasil”.



Além disso, dados da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que os **brasileiros consomem, em média, 154 litros de água por dia**, valor superior em 44 litros ao limite de 110 litros considerados necessários pelo órgão.

Para resolver o problema da **conservação de água** e da **redução do desperdício no Brasil**, é necessário que as empresas fornecedoras desse recurso melhorem suas infraestruturas e que o consumidor final seja conscientizado sobre o uso racional desse recurso valioso.

Parte do desperdício exorbitante deve-se ao fato de que o consumidor comum não tem noção de seu gasto diário e do quanto ele é elevado. **Ferramentas que permitam ao consumidor visualizar e entender esse gasto podem ser suficientes para conscientizá-lo.**



Medidores de água inteligentes, por exemplo, podem fornecer informações em tempo real sobre o consumo doméstico, permitindo que as pessoas identifiquem hábitos que levam ao desperdício e façam os ajustes necessários.

Além disso, incentivos financeiros, como **descontos na conta de água decorrentes da redução do consumo**, podem beneficiar aqueles que adotam práticas sustentáveis, motivando mudanças de comportamento.

Um dispositivo desse tipo está atualmente em desenvolvimento na **Smart Sensor Design**. Trata-se de um projeto conjunto que integra um hidrômetro capaz de enviar dados de volume e vazão à nuvem e um aplicativo móvel que torna esses dados acessíveis aos usuários.



Essa solução oferece uma forma simples, completa e eficaz de conscientização, **permitindo ao usuário visualizar claramente o custo que seus hábitos acarretam junto à concessionária de água**, além de oferecer um histórico de consumo em intervalos de tempo variáveis.

A proposta é que o dispositivo seja **acessível**, robusto para operar em diversas condições e pequeno o suficiente para ser utilizado sozinho em tubulações ou como parte de outros produtos, como filtros ou máquinas industriais.





REFERÊNCIAS

1. INSTITUTO TRATA BRASIL. **Estudo de perdas de água de 2024 (SNIS, 2022): Desafio na eficiência do saneamento básico no Brasil.** 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/06/Estudo-da-GO-Associados-Perdas-de-Agua-de-2024-V2.pdf>.
2. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Consumo médio de água por habitante no Brasil.** 2023. Disponível em: <https://www.un.org/water/consumo-medio-brasil-2023>.
3. SMART SENSOR DESIGN. **Projeto de medidores inteligentes de água.** 2024. Disponível em: <https://smartsensordesign.com/projeto-medidores-agua-2024>.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



6 ÁGUA POTÁVEL
E SANEAMENTO





RECICLAGEM E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS





Utilização de análise térmica para valorização e reciclagem de polímeros



Autores:

Leonardo Cavalheri (graduando de Engenharia Mecânica na UEM)

Prof. Dr. Eduardo Radovanovic (docente da UEM)

Utilização de análise térmica para valorização e reciclagem de polímeros

CONSUMO DE POLÍMEROS: Uma visão geral

Os **polímeros** desempenham um papel fundamental em nossa sociedade moderna, sendo amplamente utilizados em uma variedade de aplicações, desde **embalagens até componentes eletrônicos**.



No entanto, o **descarte inadequado** desses materiais tem gerado preocupações ambientais significativas, contribuindo para a poluição do solo, da água e do ar.

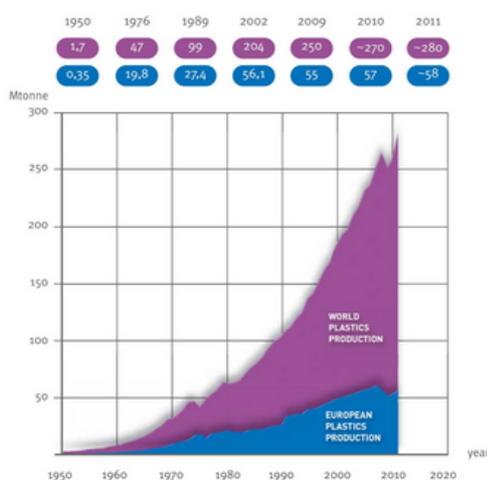


Figura 1 – Produção mundial de plásticos de 1950 a 2011 (inclui termoplásticos, poliuretanos, termoendurecíveis, elastômeros, adesivos, revestimentos e selantes e PP-fibras; não inclui PET, PA e fibras de poliacrílico). Fonte: [1]

Neste contexto, a valorização e a reciclagem de polímeros emergem como estratégias essenciais para mitigar os impactos negativos e promover a **sustentabilidade ambiental**.

A **produção de plásticos aumentou em cerca de 10 milhões de toneladas** (3,7%) de 2010 para 2011, totalizando aproximadamente 280 milhões de toneladas em 2011, conforme ilustrado na **Figura 1**.

Com base nos dados apresentados na **Tabela 1**, é evidente que os polímeros possuem um tempo significativo necessário para degradação.

Essa característica implica que, após o término de sua vida útil, **esses materiais permanecem por longos períodos como resíduos**, contribuindo para um impacto ambiental negativo.

PET	400 a milhares de anos
PE	100 a 400 ano
PLA	1 semana a 24 meses

TABELA 1: Tempos de degradação de alguns polímeros

Nesse contexto, a **urgência da reciclagem** desses resíduos e embalagens é ressaltada. A transformação desses materiais em novos produtos por meio da reciclagem não apenas **reduz a quantidade de resíduos** enviados para aterros sanitários, mas também diminui a pressão sobre os recursos naturais, promovendo, assim, um **ciclo mais sustentável e eco eficiente**.



A **reciclagem de polímeros** é o procedimento de coleta, separação, tratamento e conversão de resíduos poliméricos em novos materiais ou produtos, visando mitigar o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado desses materiais.

ANÁLISE TÉRMICA: Um panorama atualizado

A análise térmica é uma ferramenta essencial na caracterização de **polímeros**, fornecendo insights valiosos sobre suas propriedades físicas e químicas em diferentes condições de temperatura.

Com base nos dados apresentados na **Tabela 1**, é evidente que os polímeros possuem um tempo significativo necessário para degradação.

Calorimetria Diferencial de Varrimento (DSC)

A DSC é uma **técnica experimental analítica**, direta e quantitativa de medição de fluxo de calor e mudança de entalpia em função da temperatura, permitindo assim caracterizar o comportamento térmico dos polímeros.

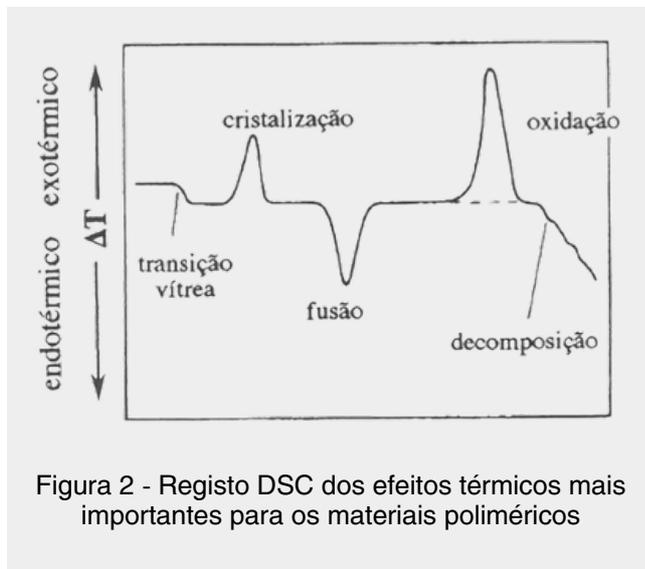


Figura 2 - Registo DSC dos efeitos térmicos mais importantes para os materiais poliméricos

Na **valorização e reciclagem de polímeros**, a análise térmica desempenha um papel crucial na seleção de **materiais adequados para processos de reciclagem**, no monitoramento da qualidade dos produtos reciclados e na otimização de parâmetros de processamento.

Por meio da DSC, é possível identificar a composição e pureza dos **polímeros**, bem como detectar contaminantes e impurezas que possam comprometer a reciclabilidade do material.

A análise térmica oferece uma abordagem poderosa e versátil para caracterizar e entender os polímeros, desempenhando um papel fundamental na valorização e **reciclagem desses materiais**.





REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, Paula Maria Dias de Castro. **Reciclagem de Polímeros – Uma Abordagem em Contexto Escolar**. Dissertação (Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores, Área de Especialização em Física e Química) – Universidade do Minho, Escola de Ciências, Braga, 2012.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Reciclagem de resíduos de etiquetas e rótulos com BOPP em compósitos para uso comercial



Autores:

Matheus Lima Camarotto (graduando de Engenharia Mecânica na UEM)

Rafael Henrique Bogo Bexiga (graduando de Engenharia Mecânica na UEM)

Profª. Drª. Silvia Luciana Favaro (docente da UEM)

Reciclagem de resíduos de etiquetas e rótulos com BOPP em compósitos para uso comercial

A **flexografia** é um processo de impressão que utiliza uma chapa em relevo, denominada **clichê**, para determinar quais áreas do filme plástico serão cobertas com tinta.

O processo possui esse nome devido a sua aplicação na impressão em materiais flexíveis, como plásticos, papéis, alumínio e outros, sendo um processo muito eficiente em larga escala e com boa definição de impressão (Figura 1).



Figura 1: Exemplo de impressão flexográfica. Adaptado de <<https://www.futuraexpress.com.br/blog/flexografia/>>

As **empresas flexográficas são responsáveis por fornecer adesivos, rótulos e etiquetas** para diversos produtos e serviços, e apresentam um crescimento acelerado nos últimos anos devido a diversos fatores, como o aumento no consumo de bens e produtos embalados.

O aumento da demanda por adesivos e etiquetas personalizadas e a adoção de novas técnicas e tecnologias de impressão flexográfica estão tornando a prática cada vez mais barata.

Segundo a Associação Brasileira de Cartuchos e Rótulos Flexográficos (ABER), o atual mercado brasileiro de produtos flexográficos movimentava cerca de R\$ 1,5 bilhões, com expectativa de crescimento anual composto de 6,5% entre 2022 e 2027.

Uma das matérias-primas mais comuns empregadas na flexografia é o **Polipropileno Biorientado** (BOPP). Seu principal uso é na fabricação de filmes plásticos utilizados em **embalagens e etiquetas plásticas**, sendo empregado principalmente pela indústria alimentícia devido à sua alta qualidade como embalagem para os produtos, além de permitir a impressão direta no filme plástico, garantindo um forte apelo visual ao consumidor.

As aplicações na área alimentícia são extremamente diversas, abrangendo desde embalagens de café, salgadinhos, bolachas, frutas, massas instantâneas, sucos em pó até etiquetas envoltentes.



A Associação Brasileira de Distribuidores de Resinas Plásticas e Afins publicou, em 2022, um estudo que apontou um crescimento de 5,5% no uso de plásticos em embalagens comparado ao ano anterior, sendo o uso de BOPP o que mais cresceu, atingindo 13,3%.

A produção de adesivos e embalagens por meio do processo de **flexografia** gera uma **alta quantidade de resíduos plásticos** e de papéis misturados com cola. Atualmente, a quantidade aceitável de resíduos produzidos no processo gira em torno de 5% do peso total de papel utilizado na impressão.



Esse resíduo dentro da indústria é conhecido como aparas e não possui nenhum tipo de reciclagem ou reaproveitamento, devido à grande dificuldade na sua moagem e separação, principalmente por conta da cola existente nesse material.

Atualmente, sua única forma de descarte é a separação e a coleta para destinação em aterros sanitários ou incineração.

Além disso, há uma grande sobra de aparas, o que gera um alto custo para a empresa, visto que são vendidas para empresas de reciclagem. **No Brasil, paga-se, em média, por volta de R\$ 0,40 por quilo de papel destinado à reciclagem.**

Um estudo propõe aproveitar essas **aparas em compósitos**, de forma a reciclar os resíduos das empresas flexográficas, especialmente para uso em tubetes. Dessa forma, as aparas seriam reutilizadas na própria indústria, **substituindo o papelão dos tubetes e fechando o ciclo de reciclagem**, como indicado na Figura 2.

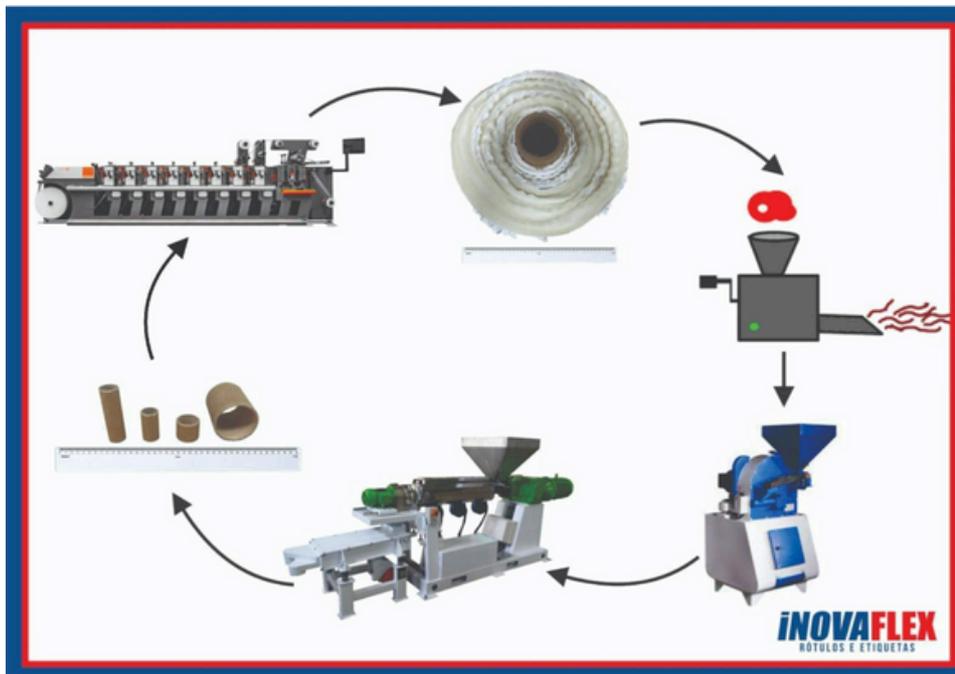


Figura 2 - Esquema do ciclo de reciclagem proposto.

De acordo com a **Inovaflex**, empresa de rótulos e adesivos de Maringá, PR, e parceira do estudo, há uma geração mensal de aparas de aproximadamente 5 toneladas.

Olhando para um panorama geral, a Associação Brasileira da Indústria Gráfica fez um levantamento em 2020 no Brasil que mostrava mais de 15 mil empresas gráficas no país. Essa estatística nos dá um parâmetro de que há uma enorme geração de resíduos autoadesivos que não possuem uma destinação final adequada. Dessa forma, esse estudo prevê um apoio a essas empresas e uma finalidade a essa alta quantidade de resíduos.

O compósito proposto foi fabricado com matriz de BOPP, misturado com 10% em peso de aparas, processado por meio de extrusão e injeção. Esse material foi submetido a ensaios de tração, flexão, dureza, impacto e absorção de água, e os resultados obtidos foram comparados com as propriedades mecânicas do BOPP puro.

Os resultados obtidos mostram que a adição de aparas ao BOPP **resulta em uma pequena diminuição no limite de escoamento, no limite de resistência à tração e no módulo elástico**. Em contrapartida, a tenacidade apresentou uma queda considerável, indicando um comportamento frágil em contraste com o BOPP puro, que apresenta comportamento dúctil (Figuras 3 e 4).

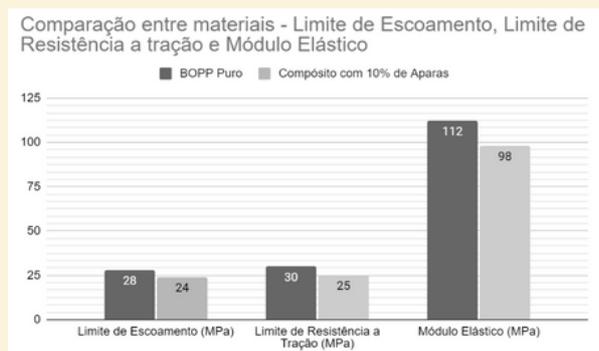


Figura 3 - Comparação entre materiais - Limite de Escoamento, Limite de Resistência a tração e Módulo Elástico

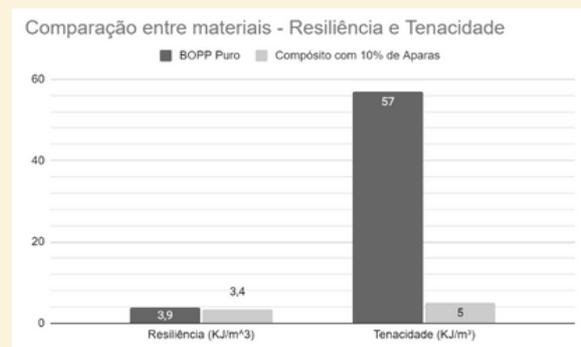


Figura 4 - Comparação entre materiais - Resiliência e Tenacidade

As outras propriedades mecânicas da flexão, sendo elas **Tensão de Flexão** e **Módulo Elástico de Flexão**, e a **Dureza** também sofreram uma pequena diminuição com a adição de aparas ao compósito.

Em contrapartida, a resistência ao impacto caiu significativamente, e a capacidade de absorção de água sofreu um leve aumento (**Tabela 1**).

Material	Resistência ao Impacto (J/m)	Tensão de Flexão (MPa)	Módulo Elástico de Flexão (MPa)	Dureza	Absorção de água (%)
BOPP Puro	37	46	1138	52,5	0,045
Compósito com 10% de Aparas	22	42	1097	48	0,066

Tabela 1 - Comparação entre resultados dos ensaios de Impacto, Flexão, Dureza e Absorção de água entre amostras. Feita pelos autores.

Pode-se concluir que, embora o **compósito tenha apresentado propriedades diminuídas em comparação ao polímero original**, essa diminuição não é significativa para a aplicação em questão, demonstrando grande potencial para uso em tubetes.

Outros estudos serão desenvolvidos com outras frações de peso de aparas, de forma a determinar a melhor quantidade para a confecção dos tubetes. **No entanto, resultados preliminares indicam que o processo proposto pode ser um método viável para a reciclagem desses resíduos.**



REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARTUCHOS E RÓTULOS FLEXOGRÁFICOS (ABER). **Relatório Anual de 2022**. Disponível em: <https://www.aber.com.br>. Acesso em: 19 ago. 2024.
2. FUTURA EXPRESS. **Exemplo de impressão flexográfica**. Disponível em: <https://www.futuraexpress.com.br/blog/flexografia>. Acesso em: 19 ago. 2024.
3. INOVAFLEX. **Dados sobre a geração de aparas em processos flexográficos**. Maringá, PR, 2024.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





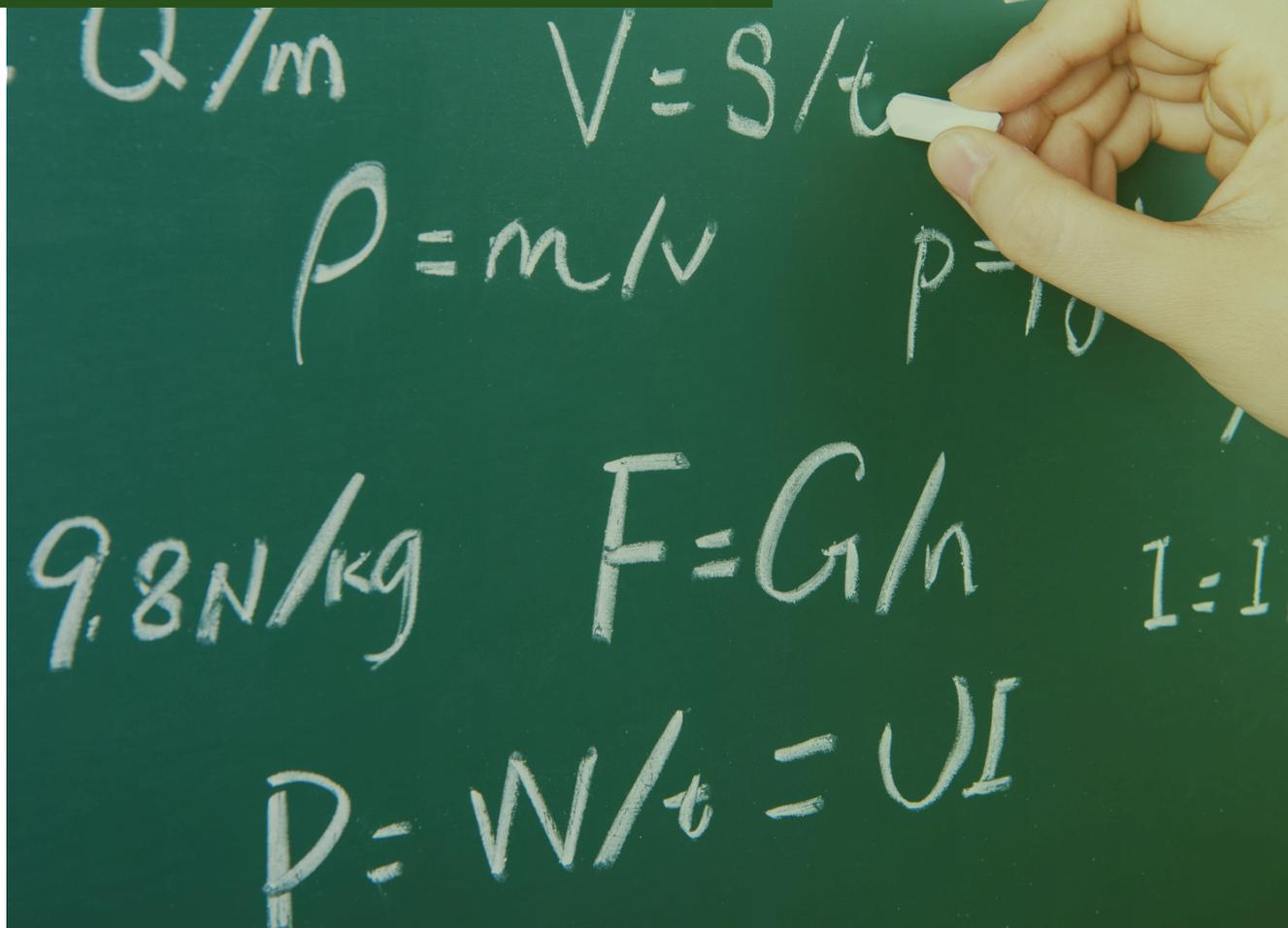
SUSTENTABILIDADE E EDUCAÇÃO



Sustentabilidade
&
Educação



Experimentos Didáticos como Ferramenta para o Ensino de Energias Sustentáveis e Física Moderna



Autor:

Arthur Roberto de Sousa (graduando de Engenharia Mecânica na UEM)

Prof. Dr. André Marino Gonçalves (docente da UEM)

Experimentos Didáticos como Ferramenta para o Ensino de Energias Sustentáveis e Física Moderna

No cenário atual, é recorrente a discussão sobre a utilização de **energias renováveis** na matriz energética global como forma de **preservar o meio ambiente**. Diante dessa questão de grande importância e complexidade, é essencial a formação de **indivíduos conscientes e engajados na causa ambiental**.



Um dos caminhos para atingir este objetivo é por meio do ensino, sendo os **experimentos didáticos** uma das ferramentas mais eficazes para explorar o tema **energias renováveis**.

Em contraste com o conhecimento técnico robusto que geralmente compõe a grade curricular dos estudantes brasileiros, os experimentos didáticos são alternativas que propõem um acesso prático, acessível e empírico, os quais não apenas informam, mas também estimulam a criatividade e a curiosidade. Isso torna a aprendizagem sobre energias renováveis, por exemplo, mais atraente e envolvente.

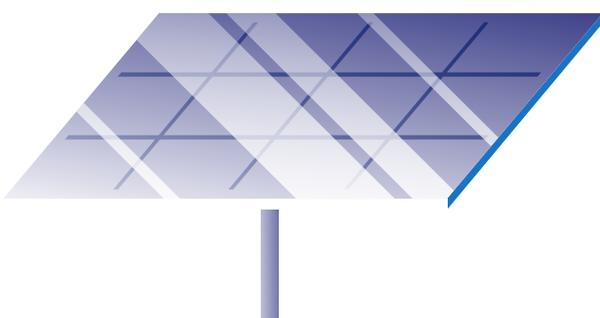
Outro fator de interesse ao aplicar essa estratégia de ensino é o fato de que a ciência que explica os métodos de exploração de energias renováveis se baseia em aspectos de **Física Moderna**, como é o caso das **placas fotovoltaicas** utilizadas para captação de energia solar. **A grande questão é que o ensino de Física Moderna ainda é pouco explorado no Brasil.**

Segundo pesquisas realizadas [1-3], percebe-se que, apesar de estarmos no século XXI, **o currículo do Ensino Médio ainda se concentra predominantemente na Física anterior ao século XX**, de modo que o estudo de Física Moderna e Contemporânea permanece restrito a poucos cursos de Ensino Superior.

Dessa forma, quando os conhecimentos atualmente produzidos não são incluídos na Educação Básica, os estudantes perdem a percepção dos avanços que estão ocorrendo e, conseqüentemente, o interesse em temas relevantes e atuais, como a exploração de energias renováveis, é reduzido [2].

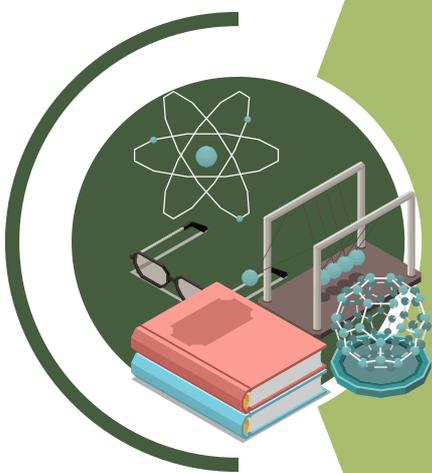
Neste contexto, os **experimentos didáticos** podem atuar na raiz do problema, possibilitando o ensino dos princípios de **Física Moderna** de forma prática e acessível, bem como divulgando o conhecimento sobre energias renováveis.

Um exemplo notável da eficácia desses métodos é exposto por um estudo realizado na Faculdade Poli Disciplinar de Larache [4]. Nele, foi utilizado um **kit didático para o ensino dos princípios**



básicos do funcionamento de placas fotovoltaicas, o qual consistia em caracterizar painéis solares de baixa potência e comparar diferentes tecnologias de painéis solares.

Os alunos puderam **medir os efeitos da irradiação, temperatura, ângulo de incidência e sombreamento no desempenho dos sistemas fotovoltaicos**. Além disso, foi criada, em paralelo ao modelo real, uma simulação computacional para comparação e validação experimental dos resultados. O experimento aplicado preparou os estudantes para lidar com o tema energia solar, ensinando habilidades práticas para um futuro sustentável.



Apesar dos pontos positivos, este experimento apresenta um conflito que poderia reduzir sua eficácia se aplicado no contexto atual do Brasil: a abordagem extremamente técnica. Os processos de análise exigem que os alunos interpretem dados para caracterizar as placas fotovoltaicas, algo inviável para uma turma de Ensino Médio.

No entanto, uma simples **adaptação no processo didático**, tornando a análise de dados mais visual e palpável ou o procedimento experimental mais “mão na massa”, poderia **aumentar sua absorção na Educação Básica brasileira**.

Entre os experimentos propostos atualmente no Brasil [5-9], muitos apresentam essa mesma problemática, além de outras. Ora as abordagens propostas são muito complexas para o estudante, ora os experimentos são apenas idealizados como projetos, mas não são efetivamente aplicados em sala de aula.

Ocorre também a existência de **ótimas ideias idealizadas e construídas, mas que não são suficientemente divulgadas**. Assim, o potencial de alcance e efetividade dos projetos depende diretamente do seu valor didático e da sua divulgação.

Simplificar as abordagens e garantir a implementação prática, além de investir na divulgação, são **essenciais** para que esses experimentos tenham um **impacto significativo no ensino de energias renováveis**.

Portanto, é importante o desenvolvimento de mais **práticas e experimentos didáticos**, uma vez que atuam como ferramentas valiosas para educar, conscientizar e capacitar sobre o tema das energias renováveis.

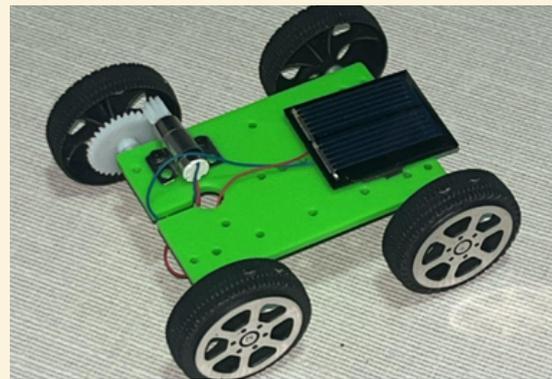


Figura 1 – Exemplo de um experimento didático em que o lúdico (o carrinho de brinquedo) se une ao científico (carrinho alimentado por energia solar) no estudo de conceitos de Física Moderna (efeito fotovoltaico).

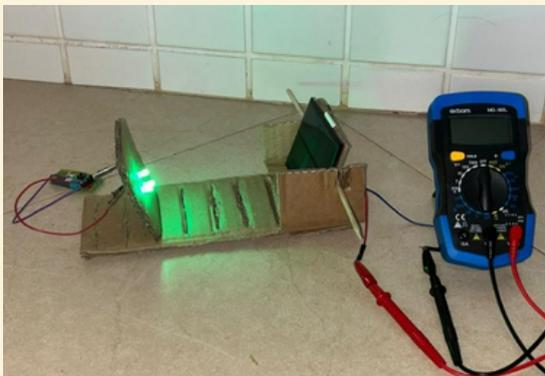


Figura 2 – Exemplo de protótipo de experimento didático no qual uma placa fotovoltaica (que, por meio do Efeito Fotovoltaico, transforma a energia luminosa do Sol em energia elétrica) é alimentada por um banco de LEDs.

Os **experimentos didáticos**, além de transmitir conhecimentos técnicos que, em uma abordagem de aula convencional, poderiam não **despertar interesse**, também têm o poder de **promover a consciência ambiental**.

A testemunha em primeira mão do potencial das **energias limpas e renováveis** é um ótimo catalisador para o pensamento crítico dos alunos quanto à importância da discussão recorrente sobre a utilização de energias renováveis e não renováveis.



REFERÊNCIAS

1. NETO, Jonas Guimarães Paulo et al. **O ensino de física moderna e contemporânea na concepção de alunos no ensino médio.** In: Anais IV CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/57019>. Acesso em: 24 maio 2024, às 13:18.
2. OLIVEIRA, F. F. de; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447–454, 2007.
3. KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. S. C. de S.; COIMBRA, D. **Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 105–114, 2007.
4. EL HASSOUNI, B. et al. **Realization of an educational tool dedicated to teaching the fundamental principles of photovoltaic systems.** Journal of Physics: Conference Series, v. 1399, p. 022044, 2019.
5. OLIVEIRA, F.; PAIXÃO, J. A. **Atividade experimental “hands-on” para o estudo das características de um gerador (pilha voltaica) e de um receptor (voltômetro) com material simples, de fácil acesso e baixo custo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 1, 2017.



REFERÊNCIAS

6. ALVES, E. G.; SANTOS, A. L. M. **Efeito fotoelétrico: desenvolvimento de um experimento quantitativo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, p. e20210146, 2021.
7. PEDROSO, L. S. et al. **Construção de um luxímetro de baixo custo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 38, n. 2, p. e2503, 2016.
8. ROCHA FILHO, J. B. da; SALAMI, M. A.; HILLEBRAND, V. **Construção e caracterização de uma célula fotoelétrica para fins didáticos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 555–561, 2006.
9. FÍSICA MODERNA. Disponível em: <https://youtube.com/playlist?list=PLOfj-7VL-6Jlz2H8HG8jEACAn63yp27Oc>. Acesso em: 24 maio 2024.

Essa pesquisa
contribui para as
seguintes ODS:





Almanaque EZC

E-book - 1º edição

2024

Ilustrações: Canva
Capa: Freepik
Edição e adaptação: Viviane Guimarães

