

BOLETIM DE LOGÍSTICA **SÉRIE**

VOLUME II

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO

SETOR DE TRANSPORTES

MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E

POLÍTICAS PÚBLICAS



 [infrasaoficial](#)

 [infra.oficial](#)

 [infra-oficial](#)

 [infrasa.oficial](#)

 observatório@infrasa.gov.br

 institucional@infrasa.gov.br

 www.ontl.infrasa.gov.br

 www.infrasa.gov.br

CONTEXTUALIZAÇÃO

A eletrificação do setor de transportes vem crescendo de forma acelerada no Brasil nos últimos anos. Mas será que o sistema elétrico brasileiro está adequado para atender a essa nova demanda? Além da eletrificação dos veículos, a geração de energia elétrica renovável, como a solar e a eólica, também apresenta desafios ao sistema elétrico brasileiro.

O Brasil adotou políticas públicas de incentivo aos veículos elétricos de maneira conjunta às de incentivo à geração de energia solar, distribuída e remota, e à descarbonização de sua economia. Neste boletim, será apresentada a matriz energética brasileira e como ela está se adequando para atender às novas demandas com a eletrificação da frota brasileira, além de políticas públicas para incentivar o uso da eletricidade como fonte de energia no setor de transportes.

A movimentação de pessoas e mercadorias é um tema fundamental para a sustentação e o desenvolvimento de uma economia saudável. Ainda que os avanços tecnológicos tenham trazido inovações em determinadas abordagens, como as reuniões à distância e os veículos autônomos, a continuidade dos fluxos de escoamento das grandes produções agrícolas do país e o aumento do consumo fracionado (ocasionado pela facilidade nos processos de compra e distribuição de bens do varejo) apontam para cenários futuros em que o transporte deve continuar representando um importante papel de sustentação econômica de diversos setores produtivos.

Um dos principais desafios do setor de transportes de carga é o gerenciamento da transição de fontes energéticas de forma abrangente, que compreenda o equilíbrio da oferta e demanda de combustíveis e variações de custo ao longo do tempo.



CONCEITOS BÁSICOS

As atividades humanas demandam energia de fontes diversas e é um grande desafio atual buscar fontes de energia mais limpas e mais eficientes. A matriz energética do Brasil hoje combina diversas fontes primárias, com diferentes graus de eficiência.

Trabalho é o resultado de uma força aplicada em um corpo ao ser deslocado. Ou seja, para calcular o trabalho realizado (**J**) multiplica-se a distância percorrida (**m**) pela força aplicada (**N**).

Potência (W) é a taxa em que o trabalho é realizado. Em outros termos, significa quanto trabalho foi realizado em dado tempo, ou apenas o trabalho dividido pelo tempo gasto.

Energia é a capacidade de realizar **trabalho**. Pode ser calculada como a variação do trabalho, assim exprime-se energia na mesma unidade de trabalho (**W**).

Eficiência energética pode ser entendida por gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obter o mesmo serviço ("realizar trabalho") com menos energia.

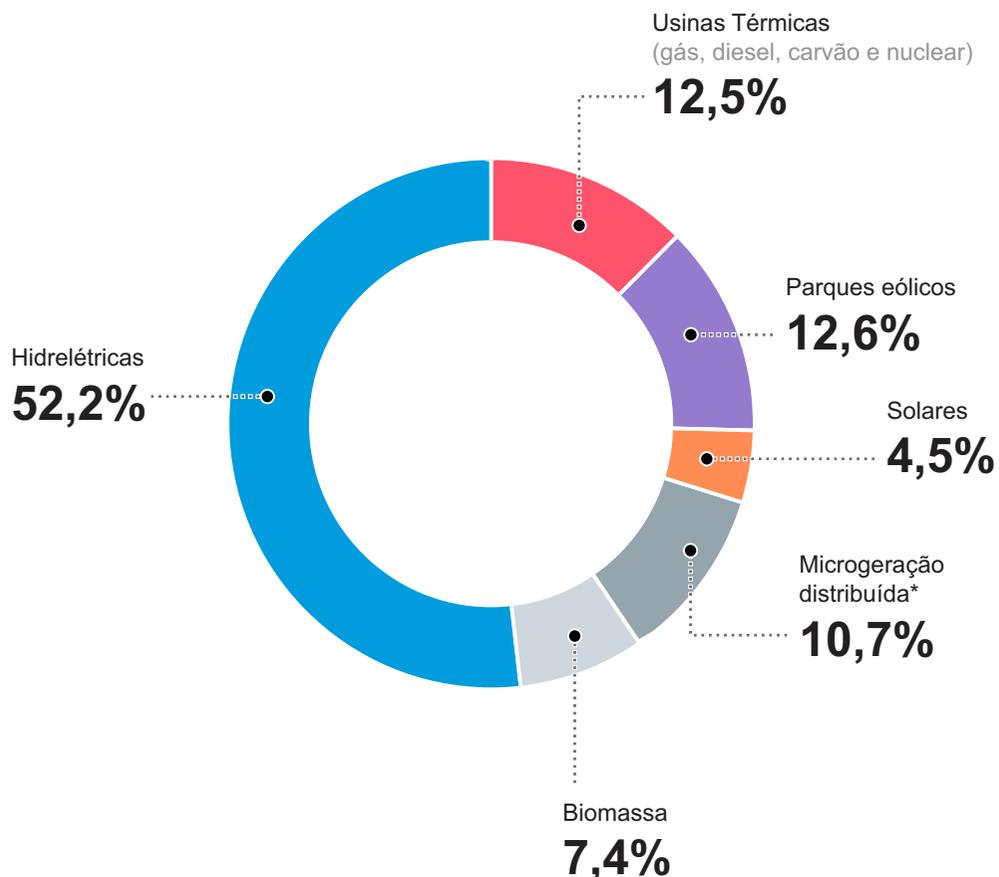
Já a matriz elétrica, ou o mix elétrico, representa a variedade de combustíveis ou fontes que servem para produzir energia elétrica em uma dada região. É um subconjunto da matriz energética. No mundo, a matriz elétrica é baseada em combustíveis fósseis como carvão e derivados de petróleo, óleo combustível e óleo diesel, ou mesmo gás natural.¹ Mas o caso brasileiro é diferente, pois nossa matriz elétrica é majoritariamente renovável. Em 2022, mais de 50% de nossa energia elétrica veio de usinas hidrelétricas e apenas 12,5% de usinas térmicas.²

¹ <https://www.planete-energies.com/fr/media/article/quest-ce-que-mix-electrique>

² <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/08/15/entenda-em-graficos-o-que-pode-ter-causado-o-apagao-e-como-funciona-o-sistema-eletrico-brasileiro.ghtml>

MATRIZ ENERGÉTICA

Gráfico com a geração de energia Sistema Interligado de Energia



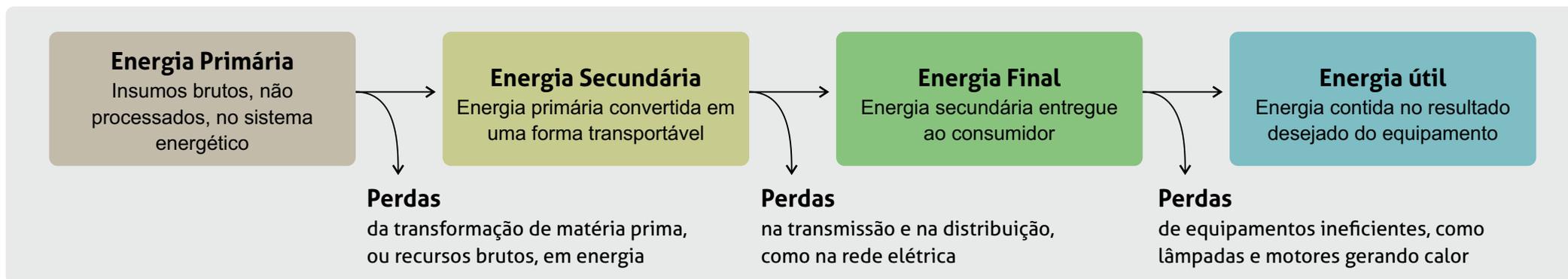
Normalmente, a eficiência energética leva em conta a quantidade de energia que foi convertida em trabalho em relação à energia que foi convertida em calor. Também, pode ser calculada dividindo a energia útil gerada pela energia gasta na máquina ou sistema. Quanto mais calor ou ruído são gerados no processo de transformação energética, menos eficiente é este sistema, a não ser quando o objetivo é gerar calor ou som. Tanto que uma expressão comum para se falar de algo que não foi bem-feito é dizer que algo gerou muito calor e pouco resultado. Vale a pena reforçar que toda transformação energética gera alguma perda, normalmente na forma de calor ou outro tipo de energia.

Esta perda ou geração indesejada de calor decorre do fato que em um sistema fechado, como nosso planeta Terra, ou mesmo um processo produtivo, energia não é criada nem destruída. Ela apenas pode ser transformada de uma forma para outra. Sempre que há uma transformação energética, parte da energia inicial é perdida ou dissipada no ambiente. Isto se trata da primeira lei da termodinâmica.

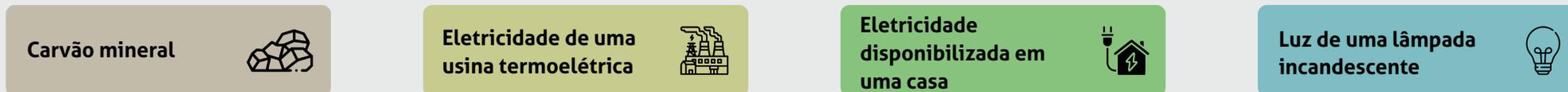
* Quando uma residência ou empresa gera sua própria energia.

Fonte: Arte GLOBO - <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/08/15/entenda-em-graficos-o-que-pode-ter-causado-o-apagao-e-como-funciona-o-sistema-eletrico-brasileiro.ghtml>

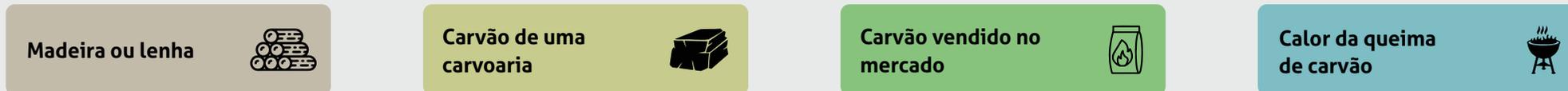
AS QUATRO FORMAS DE MEDIR ENERGIA



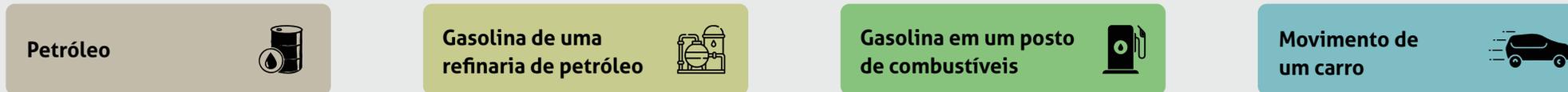
Exemplo: Carvão para acender uma lâmpada



Exemplo: Madeira para gerar calor



Exemplo: Petróleo para movimentar um carro



Fonte: Our World in Data - <https://ourworldindata.org/energy-definitions> (Tradução nossa)

MATRIZ ENERGÉTICA

Assim, sempre que há transformação energética existe perda de energia. Ou seja, sempre que se altera a forma em que a energia se apresenta, ou é armazenada, ocorre uma perda energética. Quanto menos transformações na forma da energia usada, mais eficiente será o processo ou o sistema analisado. Por isso não faz sentido, na maioria dos casos, usar energia solar para gerar energia elétrica para, depois, alimentar um boiler para, só então, aquecer a água, pois é mais eficiente aquecer a água usando placas solares. É melhor captar energia da radiação solar e a transformar diretamente em energia térmica. O que faz sentido é complementar o aquecimento da água com energia elétrica quando a radiação solar não for suficiente para aquecer a água até a temperatura desejada. É assim que funciona a maioria dos aquecedores solares em estabelecimentos residenciais e empresariais.

Por essa razão, quando é viável, prédios e casas usam placas solares para aquecer água e placas com células solares fotovoltaicas para gerar energia elétrica, em vez de gerarem energia elétrica em placas fotovoltaicas, normalmente de silício, e depois aquecerem a água com dispositivos resistivos, boilers, que transformam energia elétrica em energia térmica. Pela mesma razão, aquecedores a gás são mais eficientes do que aquecedores elétricos. A energia térmica gerada pelo aquecedor a gás passa por apenas uma transformação, de energia química a energia térmica. Já o calor gerado pelo aquecedor elétrico passa por pelo menos duas transformações energéticas. Ocorre, portanto, a alteração da energia potencial, solar, eólica ou térmica para energia elétrica que, então, é convertida em energia térmica.

Outra forma de calcular eficiência energética é medindo a relação entre energia consumida, ou captada, e energia gerada. Em sistemas passivos, como placas com células solares e placas de aquecimento de água, esta relação é sempre menor que um. A energia solar incidente na placa é sempre maior do que a energia gerada. Mesmo em centrais hidroelétricas, a energia da queda d'água é maior do que a energia elétrica gerada na usina.

A ENERGIA ÚTIL É APENAS UMA FRAÇÃO DA ENERGIA PRIMÁRIA

ENERGIA PRIMÁRIA

Perdas na transformação: transformar matéria-prima em energia secundária pode ser muito ineficiente. Ex.: na queima de combustíveis fósseis, em torno de dois terços da energia primária é perdida como calor

ENERGIA SECUNDÁRIA

Perdas na transmissão e na distribuição: energia pode ser perdida durante a distribuição. Ex.: na transmissão e na distribuição de energia pela rede elétrica.

ENERGIA FINAL

A maioria das máquinas e eletrodomésticos não convertem toda a energia consumida nos seus resultados desejados.

ENERGIA ÚTIL

Fonte: *Our World in Data*
(Tradução nossa).



Fontes de energia são consideradas primárias se forem extraídas, ou capturadas, diretamente da natureza, sem terem sido transformadas, como carvão ou petróleo.

Fontes secundárias de energia resultam de um processo tecnológico de transformação. Energia elétrica é um exemplo de fonte secundária de energia pois resulta da transformação de energia potencial, térmica, solar, eólica etc. em energia elétrica.

Bomba de calor é uma máquina térmica que trabalha para esfriar o ambiente externo e direciona sua perda na forma de calor para o ambiente interno, ou uma piscina. Funciona como um ar-condicionado ao contrário. É exatamente o que um ar-condicionado tipo split quente frio faz quando funciona como aquecedor.



Energia final é a energia entregue ao consumidor, que este compra e consome. É a energia disponível na tomada ou no posto de combustíveis.

Energia útil é aquela que efetivamente foi aplicada com o fim desejado do sistema ou processo. É a quantidade de luz gerada por uma lâmpada, o movimento ou torque gerado por um motor ou mesmo o calor gerado por um aquecedor ou uma bomba de calor. Nem sempre o calor é indesejado em uma máquina térmica.⁴

Nenhuma máquina térmica ou nenhum equipamento, doméstico, comercial, ou industrial, é perfeito e transforma toda energia final em energia útil. Sempre há perdas. Lâmpadas produzem calor, motores produzem calor e ruído. Muita energia é produzida, mas grande parte desta energia é perdida até sua aplicação final.

As principais fontes de energia em uma matriz energética podem ser classificadas em fósseis, como as oriundas de petróleo, gás natural e carvão; e renováveis como energia hidráulica, eólica, solar, biomassa e geotérmica. A energia atômica não é categorizada como energia renovável nem como oriunda de combustível fóssil.⁵

A conversão de energia primária em energia secundária pode ser muito ineficiente. Usinas termoelétricas costumam perder dois terços da

energia primária consumida na forma de calor.

A importância da descarbonização da geração de energia, ou das fontes renováveis, é subestimada pelo desconhecimento de que apenas um terço da energia química nos combustíveis fósseis é convertida em energia secundária. Cada quilowatt (kW) de energia renovável secundária gerada equivale a pelo menos o dobro da energia primária de um combustível fóssil.

⁴ <https://ourworldindata.org/energy-definitions>

⁵ *Are we advancing in the transition of the energy matrix in Latin America - Policy brief on trade and environment*, p. 3-4, Konrad Adenauer Stiftung, 13/01/2021 - <https://www.kas.de/de/web/energie-klima-lateinamerika>

MATRIZ ENERGÉTICA

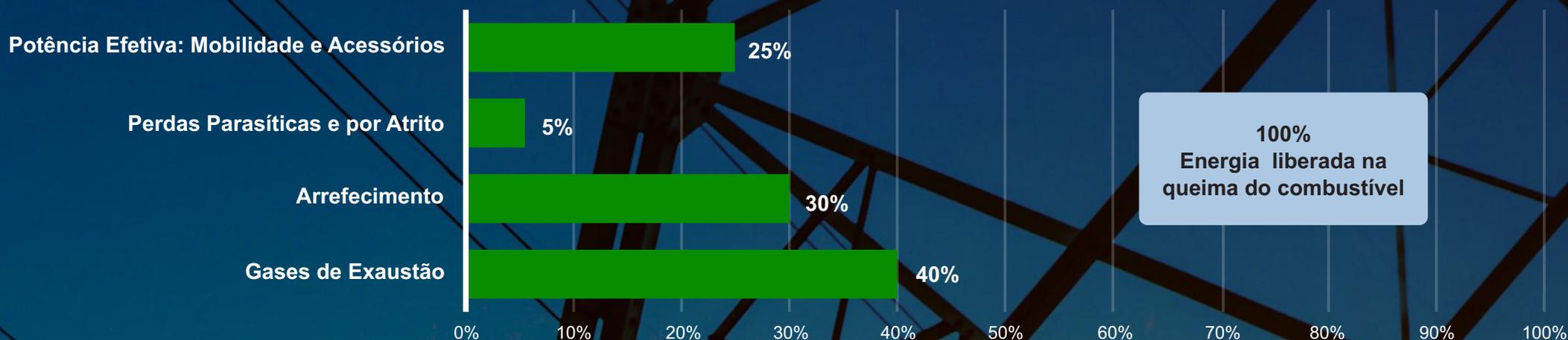
Usa-se a letra V como a unidade tensão, ou voltagem. Os eletrodomésticos costumam operar entre 100 V e 220 V. Os mesmos equipamentos costumam gastar uma certa potência elétrica expressa em watts (W). Um carregador de celular pode ser ligado em tomadas com até 220 V e fornecem corrente elétrica ao celular a uma tensão de 5 V e, normalmente, com potência entre 5 W e 20 W.

A perda na transmissão e distribuição da energia ao consumidor também é relevante. As linhas de transmissão de energia elétrica de longa distância operam em altas tensões, na faixa de centenas de quilovolt (kV), para minimizar perdas quando não é possível instalar usinas elétricas próximas dos centros consumidores. As redes de distribuição metropolitanas operam entre

13,8kV e 100kV com o mesmo objetivo. Quanto maior a tensão, menor é a perda de energia elétrica por calor; e quanto maior o comprimento da linha de transmissão, maior é a perda energética. Por isso que usinas elétricas devem localizar-se perto da fonte de energia ou perto dos centros consumidores.

Por exemplo, o motor de combustão interna é uma máquina ineficiente. No motor a gasolina, apenas 25% da energia química no combustível é transformada em energia mecânica, na forma de movimento rotativo e torque, 5% da energia no combustível é gasta em atrito, 30% é gasta para refrigerar o motor e 40% é expelida na forma de gases pelo cano de descarga, sendo boa parte Gases de Efeito Estufa (GEE).⁶

Decomposição típica da energia na gasolina de motores a combustão interna



Fonte: Green Car Congress (Tradução nossa).⁷

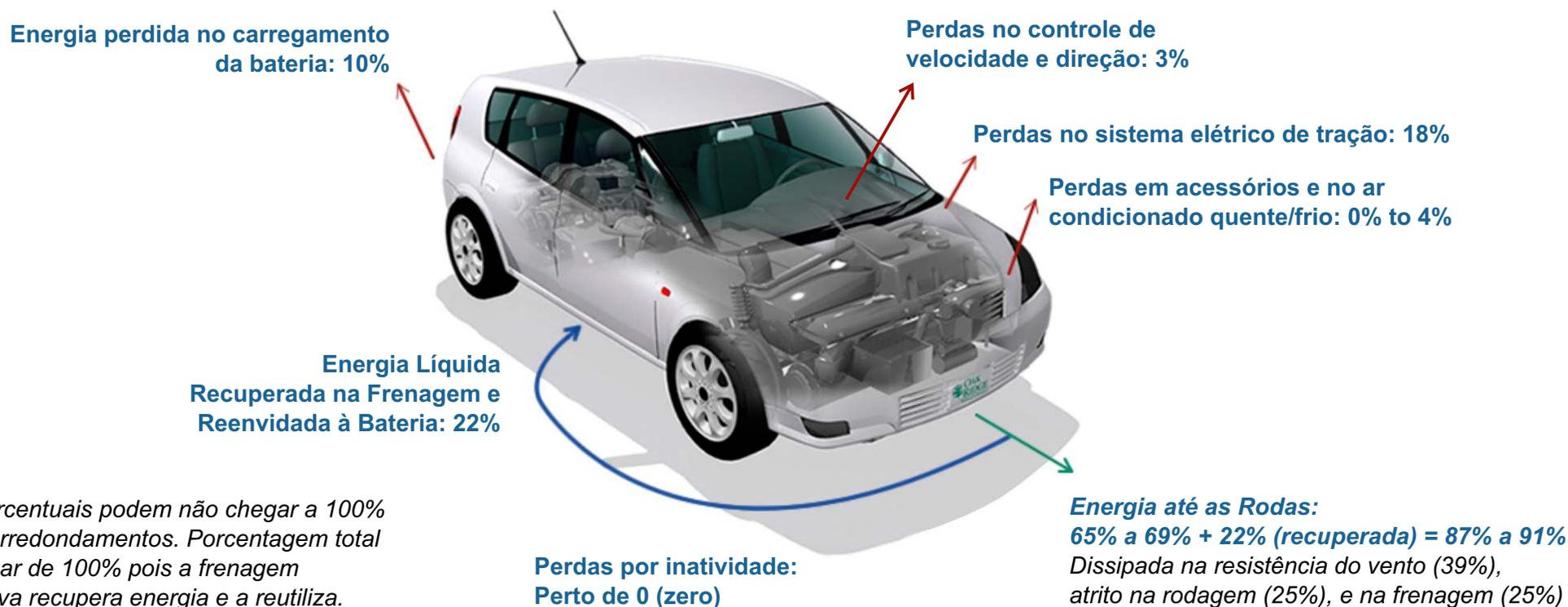
⁶ <https://www.sankey-diagrams.com/tag/energy-loss/page/2/>

⁷ DOE Co-Funds 12 Projects to Increase Engine Efficiency' (16 Feb 2005) found at http://www.greencarcongress.com/2005/02/doe_cofunds_12_.html

Já o motor elétrico é muito mais eficiente. Estes motores têm eficiência média de 77%, e ela tende a aumentar com o tamanho e o peso deles. Quando a análise energética é feita para todo o veículo, as perdas do sistema de tração de veículos elétricos variam entre 15% e 20%. No caso do carro a combustível

fóssil, as perdas variam entre 64% e 75%. O fato de o veículo elétrico conseguir regenerar a bateria de tração com a inércia e a frenagem, eleva sua eficiência para além de 80%. A figura abaixo mostra a distribuição das perdas energéticas estimadas em um carro elétrico.⁸

BALANÇO ENERGÉTICO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO TRÂNSITO URBANO E RODOVIÁRIO



Alguns percentuais podem não chegar a 100% devido a arredondamentos. Porcentagem total pode passar de 100% pois a frenagem regenerativa recupera energia e a reutiliza.

Fonte: Green Car Congress (Tradução nossa).⁹

⁸ e ⁹ <https://www.fueleconomy.gov/feg/atv-ev.shtml>

MATRIZ ENERGÉTICA

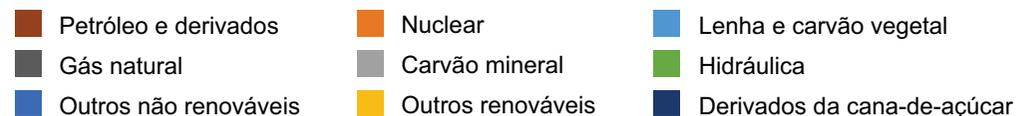
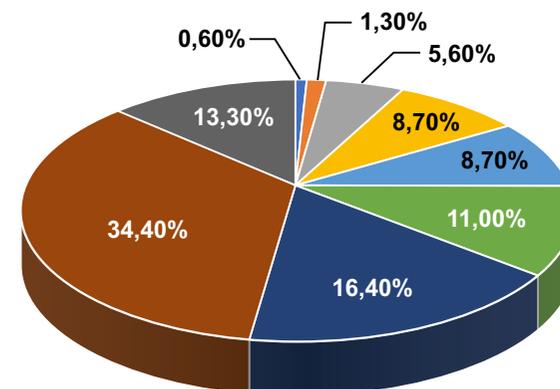
A estrutura da matriz energética de um país é determinada pela disponibilidade de recursos nacionais ou pela capacidade de importação, pelo tipo de energia demandada e por opções de desenho de política energética determinadas por escolhas geopolíticas, restrições geográficas, econômicas e sociais entre outras considerações.

Matriz energética é a combinação de diversas fontes primárias de energia usadas para satisfazer a necessidade de energia em uma região geográfica específica.



A título de contextualização, a matriz energética do Brasil é bem distinta da mundial em virtude de utilização de maior quantidade de fontes renováveis (lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana, dentre outras). Tais fontes totalizam 44,8% da nossa matriz energética, como se pode ver no gráfico abaixo.

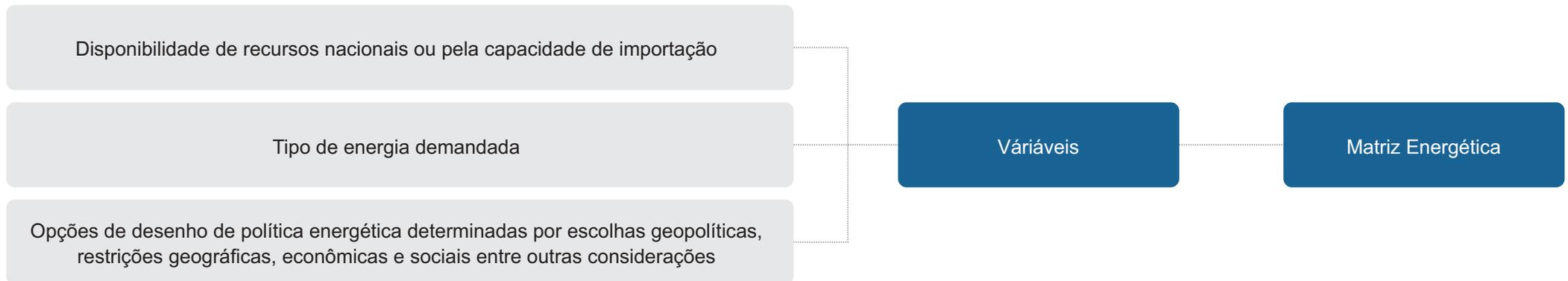
Matriz Energética Brasileira



Fonte: EPE¹⁰ (2023). **Elaboração:** Infra S.A.

A análise da matriz energética permite compreender a dinâmica do fluxo energético ligado às principais atividades econômicas e sociais de um país. Esta compreensão permite desenvolver políticas públicas que contribuam para a transformação social e ambiental de forma a atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável e socialmente responsável.

¹⁰ <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>



A matriz energética de um país é fortemente influenciada por suas políticas energéticas, que são justificadas para atacar, ou resolver, falhas de mercado. O mercado de energia sofre com muitas falhas como monopólio natural, tragédia dos comuns, externalidades negativas e concentração de poder de mercado, e por isso necessita de regulação estatal e de políticas públicas específicas para a área energética. Externalidades são os efeitos ou consequências de atividades que afetam partes interessadas ou pessoas de fora do empreendimento e que não são refletidos nos custos ou nos preços.

A tragédia dos comuns é uma falha de mercado em que fontes de recursos como lagos, rios, fauna marinha e florestas são explorados sem a determinação de garantir a sustentabilidade destes recursos para uso futuro. Nestas circunstâncias, indivíduos e empresas podem se beneficiar no curto prazo se aumentarem o uso do recurso em comum, apesar que todos perderão no longo prazo em razão da exaustão deste.

O monopólio natural ocorre em indústrias que precisam de muito capital e

obtem altos ganhos de escala que incentivam a dominação do mercado por uma única empresa. Em setores da economia como concessionárias de energia, saneamento básico e ferrovias a primeira empresa a implantar a infraestrutura tem vantagens econômicas que torna muito difícil para outras empresas competirem no mesmo mercado usando a mesma tecnologia, como uma barreira de entrada, se a regulação não for efetiva.¹¹

A falta de competição pode levar a perda de bem-estar da sociedade se forem cobrados preços monopolísticos pelos bens e serviços. O governo pode minimizar estas perdas com regulação adequada de preços, de desempenho e de características técnicas das entregas das empresas monopolistas. Especialmente em questões ambientais e de segurança.

O mercado de energia também tem suas peculiaridades. A entrada em operação de usinas e linhas de transmissão pode demorar vários anos desde sua concepção, levantamento de recursos, construção e operação. Por isso, as políticas energéticas e a regulação estatal devem ser flexíveis para se adequa-

¹¹ HOWLET, Michael, *Studying Public Policy: Policy Cycles & Policy Subsystems* 3ª ed, Oxford, Oxford University Press, 2009.

MATRIZ ENERGÉTICA

rem às tendências de demanda e às mudanças no comportamento do consumidor, para evitar falta ou excesso de capacidade. Estas políticas são mais susceptíveis a pressões políticas tanto do público como de grupos de pressão e partidos políticos, como setores industriais e defensores do meio ambiente, que muitas vezes tem interesses opostos.

Riscos ambientais, inclusive de acidentes em larga escala, podem afetar grandes áreas perto de usinas hidrelétricas, térmicas ou termonucleares. Por isso, as políticas energéticas devem procurar minimizar externalidades negativas incentivando economia de energia, eficiência energética, uso de fontes renováveis e prevenção de acidentes nos empreendimentos energéticos.

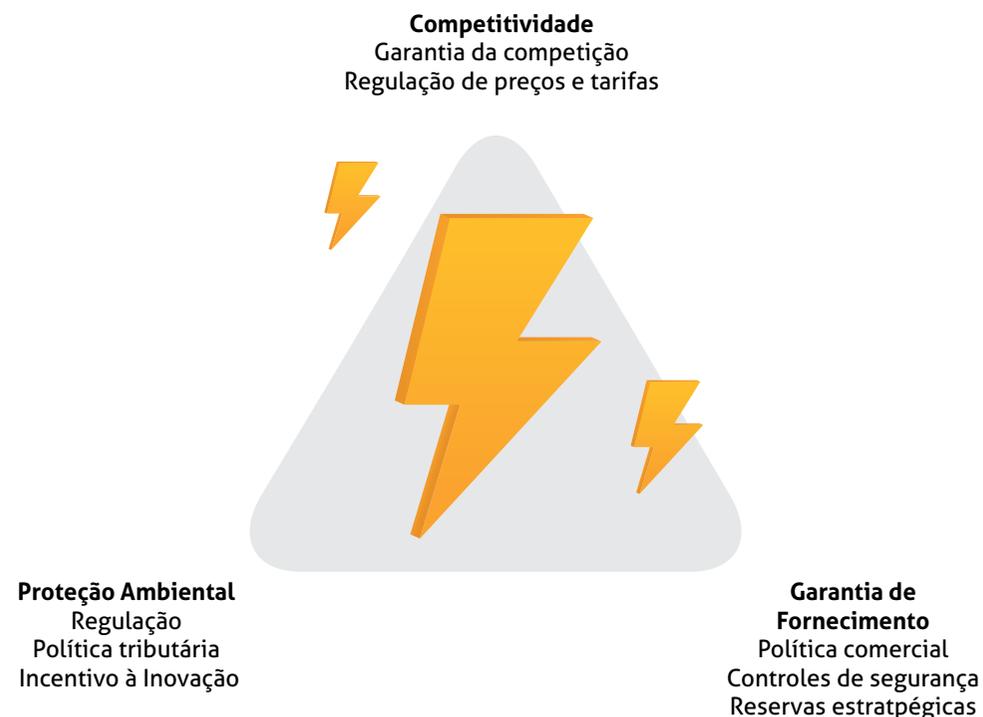
As políticas energéticas eram bem diferentes antes dos choques de petróleo de 1973 e 1979. Antes destas crises, políticas energéticas visavam garantir fontes de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás, construir usinas e linhas de transmissão e distribuição. Nesta época, a regulação estatal fixava preços, rentabilidade, qualidade e chegava até a estimular monopólios.

Depois do primeiro choque de petróleo, políticas públicas passaram a fomentar o desenvolvimento de fontes de energias renováveis como álcool combustível, usinas hidrelétricas e outros biocombustíveis, incentivar eficiência energética, economia de energia e desestimular desperdícios.

A partir dos anos 90, as políticas energéticas focaram na liberalização de mercados, privatizações, redução de emissões de GEE e desenvolvimento sustentável. Tudo isso sempre procurando corrigir as falhas de mercado. Com esta intenção, as políticas energéticas passaram a ter três objetivos:

- garantir o suprimento de energia;
- garantir a competição econômica; e
- garantir que o sistema energético seja compatível com os objetivos ambientais.¹²

Estes três objetivos da política energética nem sempre caminham na mesma direção. A relação destes objetivos poder ser complementar, neutra e antagônica.



¹² ZWEIFEL Peter, Energy Economics, Berlin, Springer-Verlag, p. 9, 2017.

Quando eles são complementares, o avanço em um objetivo contribui para o atingimento de outro. Como exemplo, a garantia de competição e incentivos fiscais com exigências ambientais podem levar a maior eficiência energética e favorecer a segurança no fornecimento de energia ao gastar menos combustíveis ou outras fontes de energia e, ao mesmo tempo, emitir menos poluentes e GEE.

No caso da relação de neutralidade, o progresso em um objetivo não tem impacto no atingimento de outro objetivo.

Mas, quando há antagonismo entre os objetivos, o avanço na direção de um objetivo pode prejudicar o atingimento de outro. É comum que seja necessário valorizar mais um objetivo do que outro, e isto pode levar o regulador a fazer escolhas difíceis, mas que devem seguir os valores e objetivos de cada sociedade. Mas, mesmo em sociedades democráticas que levam em consideração os desejos de seus cidadãos, o agregado de escolhas individuais pode levar a preferências sociais incongruentes ou inconsistentes como o bloqueio de decisões, por falta de consenso na sociedade.

Outro problema a ser levado em conta nas políticas públicas é que a intervenção estatal não vem sem custos. Elas demandam coleta e análise de informações, impõem controles que custam caro e podem não serem executadas como previsto ou de forma satisfatória, sem falar nos problemas como a captura por grupos de pressão, o insulamento burocrático, a porta giratória em entidades governamentais, e os problemas de governança como na relação agente-principal.

O problema na relação agente-principal ocorre quando os interesses destes dois atores entram em conflito. O agente representa o principal em uma entidade governamental ou mesmo uma grande empresa. O "principal" é o cidadão, ou o acionista, que deseja que ele trabalhe para atingir os interesses

da sociedade ou dos acionistas. O agente é o gestor, regulador, ou autoridade que trabalha, em uma situação ideal, pelos interesses do principal. Espera-se que o agente atue sem ser influenciado pelos seus próprios interesses, mas isso nem sempre acontece. Interesses diferentes entre o agente e o principal podem ser uma fonte de conflito organizacional se algum agente não agir perfeitamente alinhado com os do principal. Isso pode causar ineficiências e perdas financeiras ao principal.



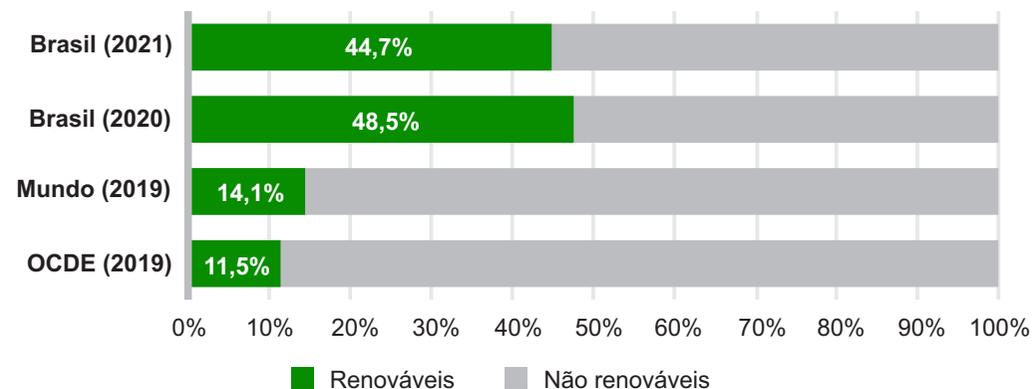
MATRIZ ENERGÉTICA

MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

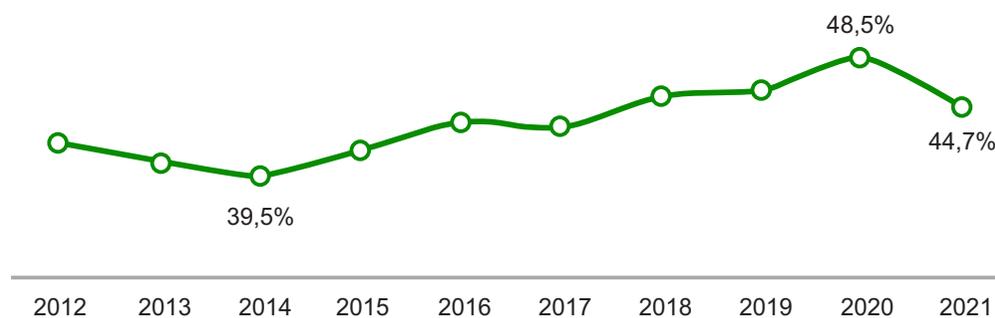
Segundo informações do Relatório Síntese da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) de 2022¹³, em 2021 o Brasil gerou 301,5 milhões de tonelada equivalente de petróleo (Mtep) de energia, um aumento de 4,5% em relação ao ano anterior. Com o incremento da geração de fontes eólicas e solares, além do biodiesel, a matriz energética brasileira manteve participação de fontes renováveis em 44,7%, porcentagem muito superior às outras economias mundiais. Em 2021, houve queda na participação de fontes renováveis em razão de baixas chuvas que levaram a uma menor geração das usinas hidroelétricas e o consequente acionamento de usinas termoeletricas. No mesmo ano em questão, a geração solar atingiu 16,8 TWh (terawatt-hora) com crescimento de 55,9% em relação ao ano anterior. A geração eólica atingiu 72 TWh, o que significa aumento de 26,7% em relação à 2020.

Tonelada equivalente de petróleo (tep) é uma medida que representa a quantidade de energia contida em uma tonelada de petróleo bruto, ou seja 41,87 GJ, que é usada para expressar o valor energético de diversas fontes de energia em uma unidade comum. Segundo as convenções internacionais, uma tonelada equivalente de petróleo significa a energia de 954 kg de gasolina, 1.616 kg de carvão e de 11,6 Mwh (megawatt hora) de energia elétrica.¹⁴ Assim, em 2021, as fontes renováveis representaram 78.1% da energia elétrica gerada no Brasil, com forte participação de usinas hidroelétricas.

Participação das renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE)



Participação de Fontes Renováveis na Matriz Energética Brasileira



Fonte: Relatório Síntese de 2022 EPE, 2023.¹⁵

¹³ e ¹⁵ https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf, consulta em 01/09/2023.

¹⁴ <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1355>

A energia elétrica é medida em watts hora (Wh), pois é calculada multiplicando a potência efetivamente medida pelo tempo decorrido, normalmente em horas (h).

Mwh = 1.000 kWh
Gwh = 1.000 MWh = 1.000.000 Wh
Twh = 1.000 GWh = 1.000.000 MWh

Consumo de Energia por Setor

O setor de transportes é o principal consumidor de energia no Brasil, seguido dos setores industriais, residenciais e da geração de energia elétrica.



Transportes
32,5%



Indústrias
32,3%



Residências
10,9%



Setor Energético
9,5%



Agropecuárias
5,0%



Serviços
4,8%

Fonte: EPE.

Em 2021, o total de emissões por atividades humanas associadas à matriz energética brasileira atingiu 445,4 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂eq), sendo a maior parte – 197,8 Mt CO₂eq – gerada no setor de transportes.¹⁶ A unidade de medida tonelada equivalente de dióxido de carbono (tCO₂-eq) é usada para comparar as emissões de vários GEE levando em conta seu potencial aquecimento global, convertendo a quantidade de outros gases para a quantidade equivalente de CO₂ que favorece o aquecimento global. O metano possui 25 MtCO₂eq e o óxido nítrico possui 298 MtCO₂eq, por exemplo. A forma de calcular a equivalência de uma substância em CO₂ pode variar, inclusive no período de análise.¹⁷

Emissões totais (2021) em Mt CO₂-eq



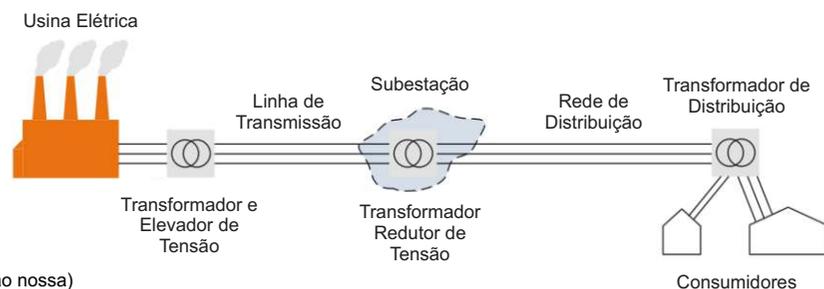
Fonte: EPE.

¹⁶ Relatório Síntese de 2022, EPE, 2023.

¹⁷ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent

SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL

Um sistema elétrico nacional típico é composto de três subsistemas: geração, transmissão e distribuição. A energia é gerada em usinas cuja fonte pode ser carvão, nuclear, gás natural, hidráulica, eólica, solar ou biomassa. A geração pode ser em grandes usinas com potência de mais de 1.000 MW (Megawatt) ou mesmo em pequenas usinas, hidroelétricas, solares e eólicas, funcionando como geração distribuída, que costumam ficar perto ou dentro das cidades.



(Tradução nossa)

A energia elétrica gerada nas grandes usinas costuma ter tensão de 10 kV a 30kV, que precisa ser elevada em subestações conectadas às linhas de transmissão.¹⁸ A tensão, ou voltagem, das linhas de transmissão varia de 100 kV a mais de 750kV e seu comprimento pode superar milhares de km, especialmente no caso brasileiro. Sistemas elétricos nacionais integrados e confiáveis operam em rede com várias linhas de transmissão em paralelo até as subestações de abaixamento de tensão. A tensão das linhas de distribuição no Brasil varia de 13,8 kV a algumas dezenas de kV e são conectadas a transformadores que rebaixam a tensão a valores compatíveis com usos domésticos e industriais como 110 V, 127 V, 220 V e 380V.¹⁸

O Brasil possui um sistema elétrico de alcance nacional em rede que interliga todos os estados menos Roraima. Ele é dividido em quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte.

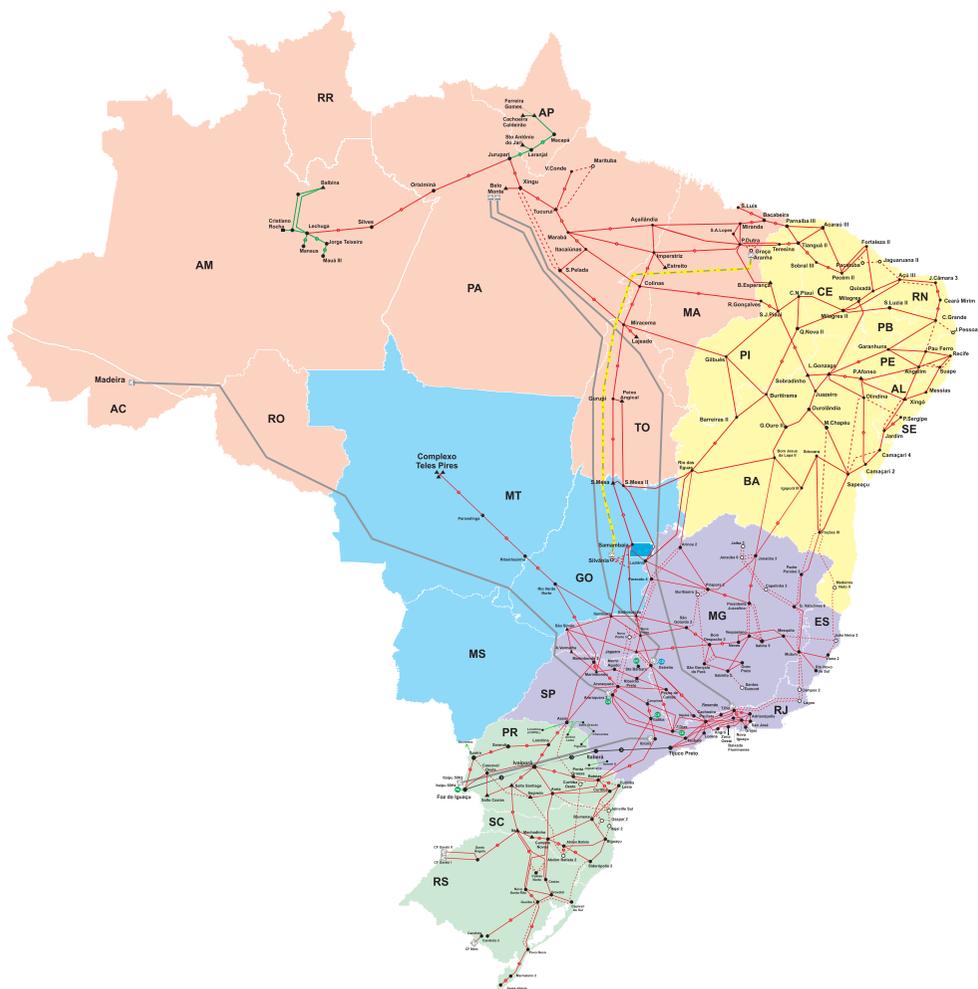
A interconexão dos sistemas elétricos, por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento ao mercado com segurança e economicidade.

A capacidade instalada de geração do Sistema Integrado Nacional (SIN) é composta, principalmente, por usinas hidrelétricas distribuídas em dezesseis bacias hidrográficas nas diferentes regiões do país.¹⁹ Nos últimos anos, a instalação de usinas eólicas, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, apresentou um forte crescimento, aumentando a importância dessa geração para o atendimento do mercado. As usinas térmicas, em geral localizadas nas proximidades dos principais centros de carga, desempenham papel estratégico relevante, pois contribuem para a segurança do SIN. Essas usinas são despachadas em função das condições hidrológicas vigentes, permitindo a gestão dos estoques de água armazenada nos reservatórios das usinas hidrelétricas, para assegurar o atendimento futuro. Os sistemas de transmissão integram as diferentes fontes de produção de energia e possibilitam o suprimento do mercado consumidor.¹⁹ O mapa da próxima página mostra as principais linhas de transmissão brasileiras interligando diversas usinas e distribuidoras em quase todo o território nacional.

¹⁸ HENRY Louie, *Off-grid Electrical Systems in Developing Countries*, p. 16, Berlin, Springer-Verlag, 2018.

¹⁹ <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>

Mapa do Sistema de Transmissão - Horizonte 2027



Legenda

	138 kV
	230 kV
	440 kV
	500/525 kV
	765 kV
	Elo CC

Com o baixo crescimento do país nos últimos anos, está havendo sobre oferta de energia elétrica no Brasil.²⁰ Em 2023, o excedente de oferta está em torno de 27% e pode chegar a 30% em 2025, tendo sido causado pelo elevado nível de água nos reservatórios das hidrelétricas, pelo aumento da oferta de energia renovável e pelo crescimento da economia menor do que o projetado quando foram licitadas as ofertas de energia elétrica.

O custo elevado da energia elétrica no mercado regulado incentivou o crescimento da autogeração e da geração distribuída, além dos incentivos a consumidores de energia solar. Hoje, estes consumidores se beneficiam de subsídios das tarifas de transmissão e distribuição e as novas linhas de transmissão estão sendo direcionadas para a atender a novos projetos de energia renovável.

Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

²⁰ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/06/excesso-de-oferta-de-energia-preocupa-e-setor-ja-prega-suspensao-de-novos-projetos.shtml>

MATRIZ ENERGÉTICA

Principais estatísticas energéticas do Brasil	Unidades	2020	2021	21/20
Produção de Petróleo	10 ³ bbl/dia	2.951,8	2.908,3	-1,5%
Produção de Gás Natural	10 ⁶ m ³ /dia	127,8	133,8	4,7%
Geração de Energia Elétrica	Twh	628,8	656,1	4,3%
Consumo de Combustíveis Líquidos	10 ⁶ l/dia	342,3	359,4	5,0%
Consumo de Energia Elétrica	Twh	547,7	570,8	4,2%
Oferta Interna de Energia (OIE)	10 ⁶ tep	288,5	301,5	4,5%
Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE)	Twh	653,5	679,2	3,9%
População	10 ⁶ hab	212,5	214,1	0,7%
PIB (2010)	10 ⁹ U\$\$	2.077,4	2.173,4	4,6%

Fonte: Relatório Síntese de 2022, EPE, 2023.

Segundo a Diretora do Centro de Regulação em infraestrutura da Fundação Getúlio Vargas (FGV), Joisa Dutra, o sistema de transmissão de energia elétrica não tem gargalos significantes; estão ocorrendo novos investimentos em linhas de transmissão e os investimentos recentes estão adequados.²¹

Ainda, segundo Edvaldo Santa, ex-diretor da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e professor emérito da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), existe um excedente de geração e transmissão no sistema elétrico nacional, mas em razão do aumento da participação das fontes renováveis, a qualidade de confiabilidade do suprimento de energia elétrica depende cada vez mais da gestão do sistema e do acionamento de usinas mais flexíveis como as hidrelétricas.²²

Os pontos críticos do sistema tendem a ser: a gestão e a operação do sistema. Com a geração distribuída cada vez mais relevante, o fluxo de potência da rede de distribuição está sendo invertido. A rede foi projetada para enviar energia das subestações para os consumidores, mas como muitos consumidores também estão gerando energia, os excedentes estão sendo enviados para a rede de distribuição, o que pode prejudicar a qualidade da energia suprida pelas empresas distribuidoras. Por outro lado, a geração distribuída pode permitir baixar a capacidade mínima da rede de transmissão, uma vez que a energia está sendo gerada mais perto da carga, ou do consumo.

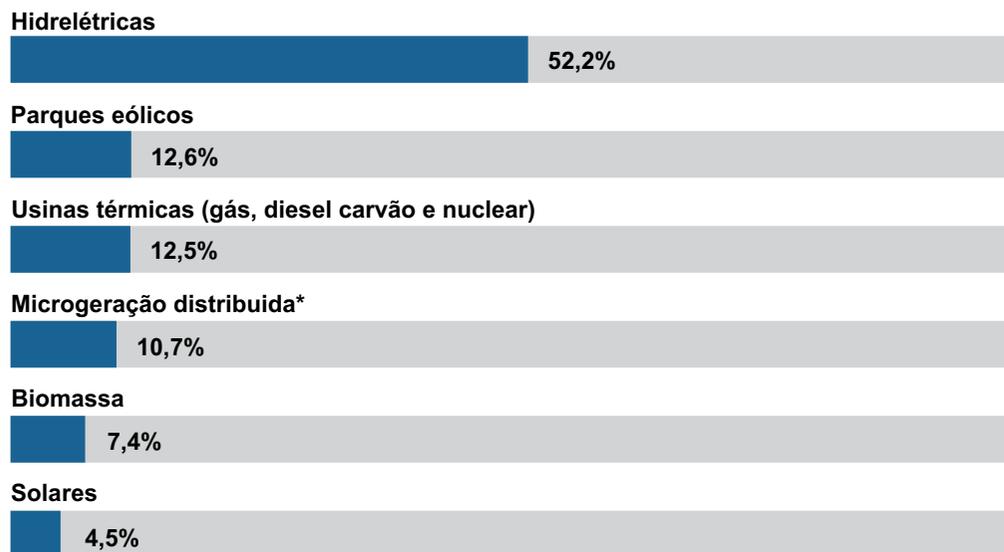
²¹ <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/08/15/nao-ha-razao-para-acreditar-que-transmissao-de-eletricidade-tenha-gargalos-importantes-diz-especialista.ghtm>

²² <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/08/15/folga-de-capacidade-deveria-evitar-propagacao-de-apagao-para-todo-brasil-diz-especialista.ghtm>

SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL

Nos últimos anos, o Sistema Integrado Nacional incorporou quantidade significativa de fontes renováveis como parques eólicos, usinas a biomassa, geradores solares de médio a grande porte e a geração distribuída, que é composta majoritariamente de painéis solares nas dependências e nos telhados de casas, prédios e instalações comerciais e industriais. Em 2023, a energia eólica respondeu por 12,6% da geração; a microgeração distribuída por 10,7%; a biomassa por 7,4% e solar fora da geração distribuída por 4,5%.²³

A geração de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN)



Fonte: O Globo. ²⁴

As fontes hidráulicas e térmicas geram energia constantemente e podem ser acionadas rapidamente sob comando do Operador Nacional do Sistema (ONS). Já os geradores eólicos e solares, incluindo grande parte da geração distribuída, dependem de condições climáticas para operar. Isso significa que cerca de 28% da geração de energia é inconstante, o que aumenta significativamente a necessidade de gestão e coordenação do sistema elétrico nacional que precisa, sempre, equilibrar geração e demanda sem sobrecarregar as linhas de transmissão.

Neste cenário, produção de energia elétrica renovável está em pleno crescimento no Brasil. A capacidade instalada de geração de energia fotovoltaica em 2023 é maior que 26 GW (Gigawatts), mais do que a de Itaipu que possui 14 GW de potência instalada. É notável a diferença da construção e do financiamento destas fontes de energia. Enquanto usinas hidroelétricas demandam obras faraônicas, a construção de geradores de energia solar ocorre em escala micro e distribuída. Famílias, pequenas e médias empresas e, também grandes conglomerados, constroem geradores fotovoltaicos de forma individual, gradual e sem necessitar de grandes financiamentos. ²⁵

²³ e ²⁴ <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/08/15/entenda-em-graficos-o-que-pode-ter-causado-o-apagao-e-como-funciona-o-sistema-eletrico-brasileiro.ghtml>

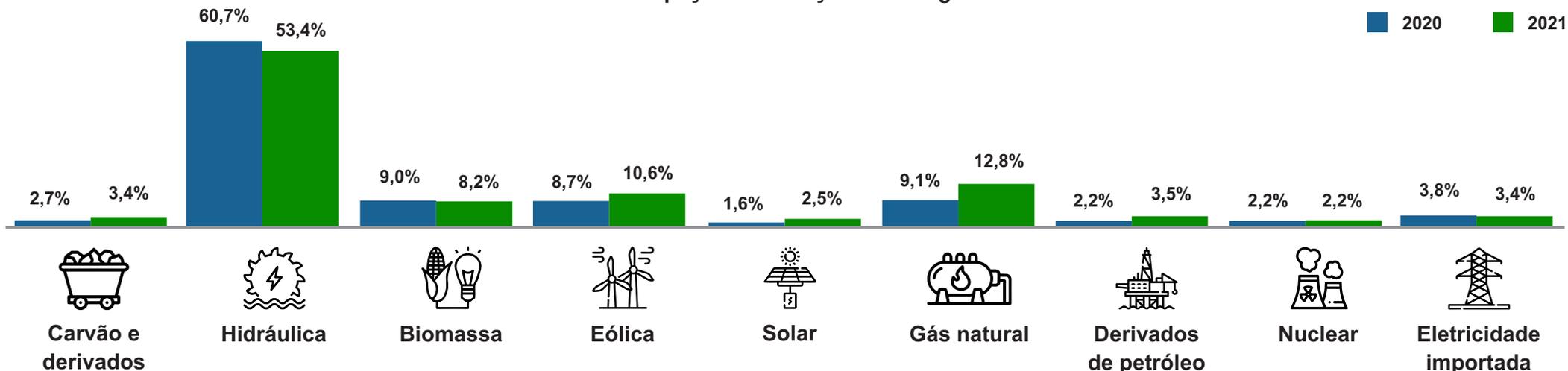
²⁵ <https://www.estadao.com.br/economia/celso-ming/investimento-formiga-e-energia-solar/>

MATRIZ ENERGÉTICA

Segundo a Empresa de Planejamento Energético (EPE), em 2021 o Brasil gerou 679,2 TWh (Terawatts hora) de energia elétrica, sendo que 542,1 TWh

foram gerados por centrais elétricas de serviço público, 114 TWh foram produzidos para consumo próprio por autoprodutores e 23,1 TWh foram importados.

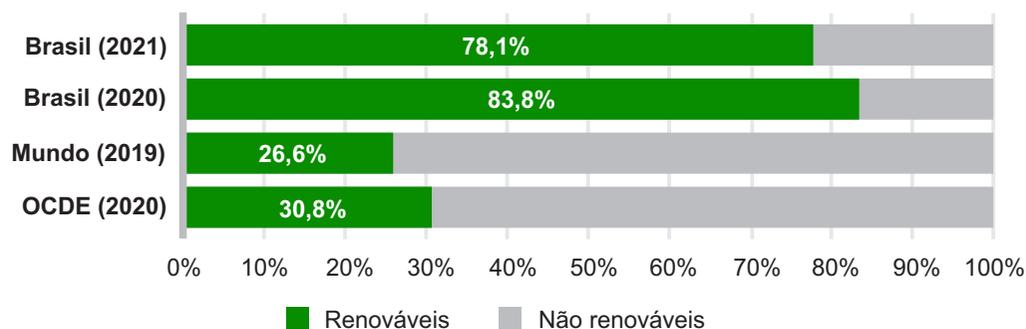
Participação da Geração de Energia



Fonte: EPE.

A matriz elétrica brasileira teve 78,1% de participação de fontes renováveis em 2021. A queda da porcentagem de produção de energia renovável de 2021 em comparação com 2022 foi em decorrência do baixo nível dos reservatórios em 2021, que levou a menor participação de energia hidrelétrica na matriz de 2021.

Participação das renováveis na OIE



Fonte: EPE.

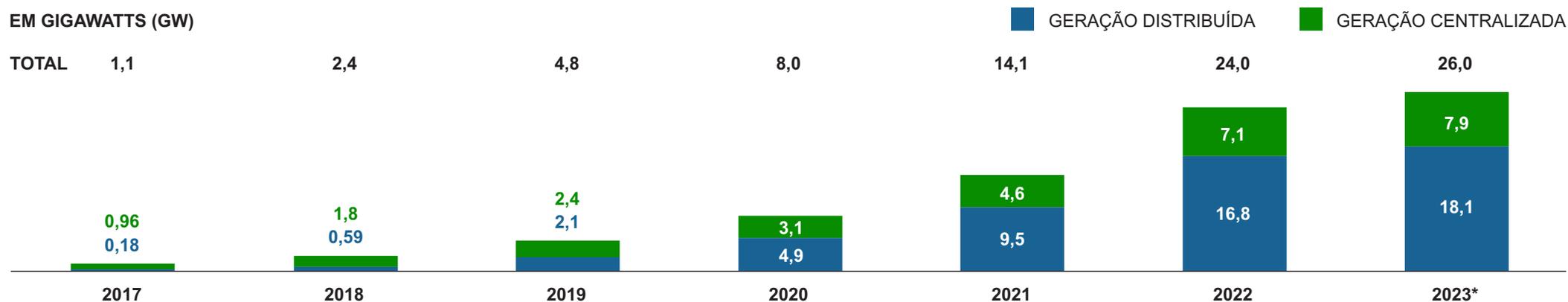
A geração eólica vem crescendo constantemente nos últimos dez anos. Em 2020 gerou-se 57 TWh de energia eólica e em 2021 foram gerados 72 TWh, um acréscimo de 15 TWh (26,3%).

O Brasil possui hoje, até março de 2023, 26 GW de potência instalada de

geração fotovoltaica, sendo que 8GW são gerados em usinas de grande porte, também conhecidas como fazendas solares. Os outros 18 GW estão distribuídos em 1,7 milhão de instalações em telhados residenciais, comerciais ou terrenos de condomínios.²⁶

Energia Limpa

Evolução da potência instalada da energia solar no Brasil



*Até março

Fonte: Aneel/Absolar

A geração distribuída de energia elétrica está revolucionando a matriz elétrica brasileira e permite que pequenos geradores compensem e vendam seu excedente de geração de energia elétrica mantendo a segurança de estar conectados à rede de distribuição. O sucesso dos incentivos à geração distri-

buída de energia elétrica foi tanto que foi necessário repensar esses incentivos e por isso foi aprovada a Lei nº14.300, de 6 de janeiro de 2022, que prevê a retirada gradual dos incentivos tarifários como as tarifas de utilização da rede de distribuição de energia elétrica.

²⁶ <https://www.estadao.com.br/economia/celso-ming/investimento-formiga-e-energia-solar/>

A regulação de emissões de veículos a combustão é a principal política pública para incentivar o uso de veículos de emissão zero. Esta regulação inclui a qualidade dos combustíveis, níveis de emissões de gás carbono e outros poluentes e níveis de economia de combustível. Políticas de incentivo ao uso de veículos de emissão zero vão de regulações rígidas de emissões a incentivos fiscais e subsídios à aquisição de carros elétricos e de veículos de transporte público de emissão zero, tanto elétricos como movidos a hidrogênio. Regulações rígidas de emissões de poluentes e metas de uso de veículos não poluentes são fundamentais para que incentivos fiscais e financeiros permitam o desenvolvimento de um mercado de veículos com emissão zero e o alcance dos objetivos de políticas públicas de incentivo ao uso destes veículos.²⁷

Um documento do *International Council on Clean Transportation* (ICCT) identificou as cinco principais colunas que promovem uma transição acelerada para veículos de emissão zero nos principais mercados automotivos, que são:

Dados alvo para a eliminação da produção de veículos de combustão interna;

Regulação;

Incentivos;

Infraestrutura; e

Políticas de incentivo à demanda.

INFRAESTRUTURA

Uma infraestrutura adequada é necessária para garantir a capacidade e disponibilidade de carregadores de baterias e de manutenção de veículos de emissão zero. Também é necessária uma política nacional para a disponibilização de carregadores de bateria e do uso de energia renováveis para estes carregadores. A adoção de parcerias público privadas é uma forma de aumentar a capacidade do Estado de garantir a disponibilidade destes carregadores.

INCENTIVOS

Incentivos são catalisadores que aumentam a procura por veículos de emissão zero em comparação aos de combustão interna. Incentivos monetários podem ser na forma de subsídios ou reembolsos, deduções da renda tributável, reduções ou carências para o pagamento de taxas e tributos além de benefícios ao uso destes veículos como isenção de tarifas de estacionamento, irrestrições de circulação ou mesmo do custo da energia para carregar baterias. É uma boa política priorizar os incentivos para segmentos que promovem a adoção de mais veículos de emissão zero, como ônibus urbanos, frotas governamentais ou mesmo carros para locadoras.

Tributários

Redução ou isenção de cobrança de contribuições, taxas e impostos tanto para a produção quanto para a venda de veículos de emissão zero são necessárias para incentivar a indústria nascente de veículos elétricos e a hidrogênio até que

²⁷ KHAN, Tanzila, *A Critical Review of ZEV Deployment in Emerging Markets*, p. 6, BID, 2022

seja atingida a paridade do custo de produção entre veículos de combustão interna e de emissão zero.

A indústria automobilística brasileira possui uma participação importante na arrecadação de tributos no Brasil, em especial no Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), por isso essa indústria está em constante tratativas com o Governo Federal para discutir critérios de tributação e possíveis reduções de alíquotas, ou gastos tributários, para incentivar novas tecnologias ou categorias específicas de veículos.

A redução do IPI para veículos com motores menores de mil cilindradas foi criada para permitir a volta da produção do Volkswagen Fusca no governo Itamar Franco, favorecendo a criação da categoria de carros populares e acabou incentivando a produção de carros mais sofisticados com motor 1.0 L, ou mil cilindradas, para se beneficiar do IPI reduzido. Por isso que existem tantos modelos de carros 1.0 esportivos, potentes, ou mesmo turbinados, disponíveis à venda no mercado brasileiro. A escolha das alíquotas incidentes sobre a produção de veículos pode direcionar os tipos de veículos produzidos ou adotados no país.

Para incentivar a instalação de infraestrutura necessária à utilização de veículos elétricos, o Ministério da Fazenda, por meio da Receita Federal do Brasil, reduziu os impostos na importação de veículos elétricos. Mas agora, em 2023, a importação de veículos elétricos já é significativa e a indústria automobilística nacional já discute o aumento destas alíquotas, prometendo a produção nacional destes veículos.²⁸

Atualmente, a importação de carros elétricos se concentra em modelos de luxo de marcas como Mercedes-Benz, BMW e Volvo, mas a indústria nacional está

preocupada com a importação de carros elétricos mais baratos da China, que concorrem com os carros a combustão nacionais. A indústria automotiva nacional é protegida com altas tarifas na importação de veículos, mas também é prejudicada com altas alíquotas de impostos de importação incidentes sobre o conjunto de todos os tributos federais e estaduais na cadeia de importação, inclusive na incidência de IPI de peças automotivas e de máquinas e equipamentos necessários à produção. Vale lembrar que o IPI na importação incide três vezes: no desembaraço aduaneiro, na saída do estabelecimento do importador e na saída do estabelecimento nacional comercializador.

Mas empresas industriais entrantes alegam que o passo inicial para a implementação de novas instalações industriais automotivas é a importação de número razoável de veículos da mesma marca para testar a aceitação dos modelos no mercado nacional e para montar a rede de concessionárias e oficinas para a venda e a manutenção destes carros. Por isso a eliminação precoce de incentivos tributários para a venda de carros elétricos pode desincentivar que novas indústrias estrangeiras de carros elétricos se instalem no país.

A calibração das alíquotas de IPI e de Imposto de Importação (II) também pode influenciar na escolha da decisão de produção de carros híbridos ou de carros elétricos, sendo que várias marcas nacionais já produzem carros híbridos flex, que aceitam tanto álcool como gasolina.

A alíquota do II para carros a combustão é de 35%, uma das mais altas do mundo, apesar de que na maioria das importações de carros a combustão seja aplicada a alíquota de 20% devido a alíquotas reduzidas ou a acordos comerciais. A partir de 2020, a alíquota na importação de carros elétricos passou a variar entre 0% e 4%, dependendo de sua eficiência energética.

²⁸ <https://valor.globo.com/politica/coluna/a-arte-de-seduzir-um-ex-metalurgico.ghtml>

O IPI na produção de carros a combustão já chegou a 30%, mas agora está limitado a 20,38%. O IPI de carros elétricos varia de 5,3% a 16,3%, de acordo com seu peso e eficiência energética. Entretanto, do jeito que o IPI foi regulamentado, os carros elétricos ou híbridos mais pesados e mais caros acabam tendo maior redução de alíquota do que os mais baratos. Com isso o IPI incidente nos carros elétricos, ou híbridos, mais populares é semelhante ao dos carros a combustão interna. Desta forma, o IPI, atualmente, não funciona como incentivo para ampliar a adoção massiva de carros elétricos, ou híbridos, o que dificulta a transição energética do setor de transporte automotivo individual.²⁹

Outro imposto relevante no preço de aquisição de veículos é o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA). Para incentivar a compra de carros elétricos, e por consequência diminuir as emissões de poluentes no transporte individual, várias Unidades da Federação (UF) reduziram significativamente sua alíquota ou diferiram seu pagamento. Distrito Federal, Maranhão, Paraná, Pernambuco, Piauí, Sergipe, Rio Grande do Sul e Rio Grande do Norte isentam o IPVA na aquisição de carros elétricos. Rio de Janeiro, Ceará e Mato Grosso do Sul concedem isenções parciais. Como a arrecadação do IPVA é parcialmente distribuída para os municípios de cada UF, algumas cidades do Estado de São Paulo garantem isenção total ou parcial da parcela destinada ao seu município.

Outro fator que pode influenciar a tributação sobre carros elétricos é a pressão de sindicatos que temem a redução dos postos de trabalho nas fábricas de automóveis, ou mesmo nas oficinas que passem a consertar carros elétricos. O motor de carros elétricos tem muito menos peças e suas fábricas são muito mais automatizadas. Tanto a produção e a manutenção são mais simples, resultando em menos empregos na fabricação e na manutenção destes

veículos. Como exemplo, para fabricar a camionete F-150 nos Estados Unidos, a Ford emprega 4.200 operários para produzir determinado número de unidades do modelo a combustão e apenas 720 para produzir o mesmo número de unidades do modelo elétrico. Políticos são sempre sensíveis ao aumento do desemprego e isto pode influenciar suas decisões quanto à tributação de veículos elétricos.

Não tributários

Metas de produção

A interrupção da produção de veículos de combustão interna em uma data alvo é a consequência lógica da adoção de objetivos de eletrificação em 100% de novas vendas de veículos de emissão zero. Estas datas alvo mostram a determinação e a ambição do governo em descarbonizar a frota de veículos e de ser consistente com metas de longo prazo para o clima. As metas também servem de guia para que produtores de automóveis planejem o aumento da sua produção de veículos de emissão zero, desenvolvimento de infraestrutura e a redução gradativa da venda de veículos de combustão interna no longo prazo. É recomendado o uso de políticas públicas para incentivar o desenvolvimento de fábricas de peças e baterias, centros de pesquisa e até da extração de terras raras e minerais como o lítio.

Recentemente, a União Europeia fechou acordo para acabar com a produção de carros a combustão, de diesel ou de gasolina, até 2035 para conseguir atingir a neutralidade climática até 2050, com zero emissão líquida de GEE.³⁰

²⁹ <https://www.levysalomao.com.br/publicacoes/boletim/veiculos-eletricos-e-tributacao-a-importancia-de-instituir-incentivos-efetivos>

³⁰ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/03/ue-fecha-acordo-para-acabar-com-producao-de-carros-a-gasolina-e-diesel-ate-2035.shtml>

Lítio é o elemento químico de número atômico 3, com 3 prótons. É um metal macio, prateado e alcalino ou básico. É o metal sólido com menor densidade dentre os elementos químicos. É altamente reativo, corrosivo e inflamável.

Terras raras, ou metais raros, são um conjunto de 17 metais macios e pesados, com alta densidade, importantes na produção de componentes eletrônicos, lasers, insumos para indústria nuclear, lâmpadas, vidros e ímãs e em processos industriais.

Apesar do nome, esses metais não são escassos, mas não costumam ser encontrados em grandes jazidas minerais e demoraram a serem isolados. Por serem encontrados em jazidas de baixa concentração e com impurezas, é necessário processar grandes quantidades de minério bruto em processos caros e por isso ficaram conhecidos como terras raras, ou metais raros.

Um dos metais raros chamado de Neodímio é usado na produção de um tipo de ímã muito usado em tweeters – alto falantes para sons agudos em caixas de som –. Também é usado em outros alto-falantes, televisores e discos rígidos de computadores, motores e geradores elétricos. Os ímãs feitos de Neodímio-ferro-boro são os mais potentes em produção atualmente.

Outros metais raros importantes na produção de ímãs em motores elétricos, monitores e TVs, equipamentos de informática e componentes eletrônicos são o Samário e o Térbio.

Na tabela periódica, os metais raros são encontrados na parte de baixo na série dos lantanídeos e possuem número atômico de 57 a 71, além dos elementos Ítrio, de número atômico 39 e o Escândio de número atômico 21, destacados em amarelo na representação da tabela periódica .

1 H																	2 He																												
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne																												
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar																												
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr																												
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe																												
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																												
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>58 Ce</td> <td>59 Pr</td> <td>60 Nd</td> <td>61 Nd</td> <td>62 Sm</td> <td>63 Eu</td> <td>64 Gd</td> <td>65 Tb</td> <td>66 Dy</td> <td>67 Ho</td> <td>68 Er</td> <td>69 Tm</td> <td>70 Yb</td> <td>71 Lu</td> </tr> <tr> <td>90 Th</td> <td>91 Pa</td> <td>92 U</td> <td>93 Np</td> <td>94 Pu</td> <td>95 Am</td> <td>96 Cm</td> <td>97 Bk</td> <td>98 Cf</td> <td>99 Es</td> <td>100 Fm</td> <td>101 Md</td> <td>102 No</td> <td>103 Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Nd	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Nd	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu																																
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr																																

Fontes: wikipedia, <https://www.rareelementresources.com/rare-earth-elementshttps://etech-resources.com/what-are-rare-earth-elements-rees-where-are-they-found-and-how-are-they-mined/>

Políticas de incentivo à demanda

Políticas de incentivo à demanda de veículos de emissão zero visam a eletrificação de frotas, como as de ônibus e taxis e as do setor público. Também incluem a exigência da compra de veículos de emissão zero para renovações de frotas e de compras diretas com o fabricante. Campanhas de conscientização do consumidor também são fundamentais para estimular a demanda.

Mercado de carbono

Uma das maneiras mais eficientes de regular a emissão de poluentes é a emissão de licenças de poluição permitindo, ao mesmo tempo, sua comercialização. Esta solução, também conhecida como *Cap and trade*, foi inicialmente idealizada para reduzir as emissões de dióxido de enxofre (SO₂), resultando em chuvas ácidas prejudiciais ao meio ambiente. Posteriormente, esta ideia foi usada para tentar reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO₂). A cobrança de tributos mais altos na produção de bens e serviços que implicam em emissão de poluentes não é eficiente pois grande parte do acréscimo de tributos é repassado ao consumidor. Já a mera imposição de limites de emissões por empresas ou setores não tem se mostrado eficiente.

O primeiro acordo internacional para regular as emissões de CO₂ via mercados de carbono se deu com a aprovação do Protocolo de Kyoto em 1997, mas os maiores poluidores, como China e Estados Unidos não o assinaram, resultando em uma baixa aceitação e implementação destes mercados.

Com a aprovação do Acordo de Paris em 2015 na COP 21 – 21ª Conferência Climática de Paris, ou Conferência das Partes, este cenário começou a mudar

lentamente com a iniciativa de responsabilizar os países emissores pelas suas ações e omissões para reduzir suas pegadas de carbono.³¹

Um crédito de carbono equivale a uma tonelada de dióxido de carbono ou o peso equivalente de outro gás de efeito estufa reduzido, capturado ou evitado. O aumento dos gases de efeito estufa é a causa do aquecimento global e das mudanças climáticas da era industrial. Os créditos de carbono são emitidos por órgãos reguladores estatais e distribuídos ou vendidos às empresas poluentes. Os créditos de carbono faltantes ou remanescentes podem ser negociados no mercado de carbono, normalmente apoiado por um bolsa de valores ou de mercadorias e futuros.

O mercado de carbono pode ser dividido em dois tipos, o regulado e o voluntário. O mercado regulado, ou de *compliance*, é padronizado, normatizado e é o órgão de controle ambiental estatal que emite e distribui os títulos de crédito de carbono, além de supervisionar sua negociação. Já os mercados voluntários são menos supervisionados e regulamentados e são mais usados por organizações privadas que desenvolvem projetos de descarbonização, redução de emissões ou captura de carbono, ou mesmo por entidades governamentais que desenvolvem projetos de descarbonização normatizados e certificados por entidades privadas. A demanda por títulos de carbono negociados em mercados voluntários vem de indivíduos ou organizações que desejam compensar suas pegadas de carbono ou que precisem atingir metas de sustentabilidade, ou mesmo de outros atores que negociam crédito de carbono para auferir lucro.³²

O mercado de carbono no Brasil surgiu com a instituição da Política Nacional de Mudanças do Clima (PNMC), aprovada pela Lei nº 12.187, de 29 de dezem-

³¹ <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/esg/carbon-markets/>

³² <https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/what-are-carbon-markets-and-why-are-they-important>

bro de 2009, que previu a implementação de mercado de carbono regulado denominado Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), que negocia os títulos de carbono derivados das emissões de gases de efeito estufa, positivas ou negativas. A partir desta lei, foram criados os planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas visando a uma economia de baixo carbono.

Já com a criação do Programa RenovaBio, por meio da Lei nº 13.756, de 26 de dezembro de 2017, foram estabelecidas metas anuais de descarbonização para o setor de combustíveis e foi criado o Crédito de Descarbonização (CBIOS), pois as distribuidoras de combustíveis fósseis precisam cumprir metas anuais de descarbonização por meio da aquisição e baixa de CBIOS, emitidos por importadores e produtores de biocombustíveis.³³

Em maio de 2022 o Governo Federal publicou o Decreto nº 11.075, que regulamentou a Lei da Política Nacional de Mudança do Clima e que criou as condições para a instituição de um mercado de carbono regulado. O decreto instituiu o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SINARE) com o objetivo de atuar como central única de registro de emissões, remoções, reduções e compensações de gases de efeito estufa e de atos de comércio, de transferências, de transações e de aposentadoria de créditos certificados de carbono.

Em 2020, o preço da emissão de um crédito de carbono variava, no mundo todo, entre US\$ 1,20 e US\$ 19,00. Em 2021, o Brasil participou com 12% das emissões de títulos de carbono mundiais.³⁴ Em 2023, o preço do crédito de carbono certificado pela União Europeia passou de 105 euros e, em agosto

desse ano operava em torno de 90 euros³⁵. Em junho de 2022, o valor do crédito de carbono atingiu recordes no fim de junho passando dos 200 reais por tonelada, o que levou o governo a flexibilizar o prazo para cumprimento de metas de aquisição destes créditos para reduzir a pressão sobre os preços dos combustíveis, visto que os distribuidores de combustíveis fósseis precisam comprar estes créditos emitidos pelos importadores e comercializadores de biocombustíveis.

Evolução dos CBios



Fonte: Folha de São Paulo.³⁷

³⁴ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/11/mercado-de-carbono-enfrenta-entraves-tecnicos-e-politicos-no-brasil.shtml>

³⁵ <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>

³⁶ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/08/creditos-de-carbono-transferem-renda-do-consumidor-para-o-produtor-dizem-criticos.shtml>

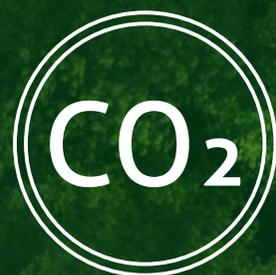
³⁷ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/08/creditos-de-carbono-transferem-renda-do-consumidor-para-o-produtor-dizem-criticos.shtml>

POLÍTICAS PÚBLICAS

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) lançou o programa BNDES Créditos de Carbono em novembro de 2022 para apoiar o desenvolvimento do mercado voluntário de comercialização destes créditos, além de cancelar padrões de qualidade para condução de projetos de descarbonização da economia brasileira. Com chamadas regulares para avaliação de financiamento de projetos, o novo programa gera a previsibilidade para que empresas estruturam bons projetos e propicia a liquidez necessária para o bom

funcionamento do mercado de carbono voluntário brasileiro. A linha de crédito é destinada a iniciativas como as de eficiência energética, substituição de combustíveis, gestão de resíduos, processos de fabricação industrial, redução de desmatamento, plantio de árvores que renovam e armazenam gás carbono captado da atmosfera, entre outros. Na primeira chamada pública, 15 propostas foram habilitadas para que o banco comprasse R\$ 100 milhões de créditos de carbono.

COMO FUNCIONA O MERCADO DE CRÉDITOS DE CARBONO?



Os **créditos de carbono** são um mecanismo de transparência de recursos por meio do qual empresas, organizações e indivíduos podem compensar as suas emissões de gases de efeito estufa (GEE), viabilizando projetos de redução de emissões e/ou captura de carbono na atmosfera.

A urgência de conter o aquecimento global vem impulsionando as transações de crédito de carbono.



VOLUME DE NEGÓCIOS NO MERCADO VOLUNTÁRIO MUNDIAL



Fonte: BNDES³⁸

³⁸ <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-anuncia-programa-para-aquisicao-de-creditos-de-carbono-regulares>

HÁ DOIS MERCADOS DE CARBONO:

REGULADO

Governos nacionais, regionais ou estaduais

Preço definido pelo regulador - \$ por tCO₂e

Restrito a localidades ou setores específicos

Ainda não estabelecido no Brasil

Existe obrigação de redução de emissões ou compensação

VOLUNTÁRIO

Empresas, organizações, pessoas físicas

Preço negociado em contrato de acordo com projeto - \$ por tCO₂e

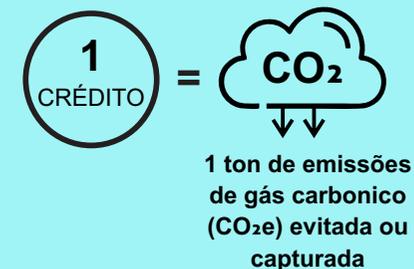
Diversos tipos de projetos

Já em funcionamento

O mercado voluntário de carbono mundial movimentou mais de US\$ 1 bilhão, pela primeira vez, em 2021. O crescimento deste mercado é fundamental para que se atinja o equilíbrio entre emissão e remoção dos gases causadores do efeito estufa até o ano de 2050 e que se possa atingir as metas do Acordo de Paris.³⁹

³⁹ <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-anuncia-programa-para-aquisicao-de-creditos-de-carbono-regulares>

COMO FUNCIONA O MERCADO VOLUNTÁRIO?



Mesmo com a eletrificação do setor de transportes em curso, o sistema elétrico brasileiro não apresenta grandes desafios para atender à demanda advinda de veículos elétricos. Com o crescimento da participação de fontes renováveis como a solar e a eólica, será necessário aprimorar a gestão do Sistema Integrado Nacional de energia elétrica. Para assegurar a resiliência do sistema elétrico e evitar falta de energia momentânea, já estão sendo feitos investimentos para adequar as linhas de transmissão à demanda e à geração futuras de energia elétrica.

Como visto anteriormente, o setor de transportes é o principal responsável pelo gasto energético brasileiro e isso implica em uma participação relevante no total de emissões de poluentes e gases de efeito estufa, especialmente nos grandes centros. Nas regiões metropolitanas, o uso de veículos a diesel para o transporte de cargas e passageiros é um dos principais responsáveis pela poluição urbana e pela má qualidade do ar, resultando em prejuízo para a saúde de seus habitantes.

O setor de Transporte Rodoviário de Cargas (TRC) carrega grande peso nos indicadores de emissão de gases poluentes, especialmente em centros urbanos. Políticas públicas que promovam - ou deixem de promover - ações que contribuam para o controle da emissão de gases e ruídos trazem grande impacto em relação à preservação ambiental e à melhoria da qualidade de vida, além de benefícios diretos e indiretos para o mercado, para os profissionais do segmento e para a população em geral.

A idade média da frota de caminhões no Brasil é muito alta, com média geral de 16 anos e casos ainda mais extremos, não demonstrado pelas médias estatísticas, de caminhões em circulação com idade acima de 30 anos de fabricação, na ordem de 450 mil veículos de carga. Sob a perspectiva ambiental, esta idade média avançada é prejudicial, uma vez que veículos mais antigos possuem uma emissão de carbono muito alta, pois não são obrigados a cumprir com normas ambientais mais rígidas, instituídas a partir dos anos 2.000.

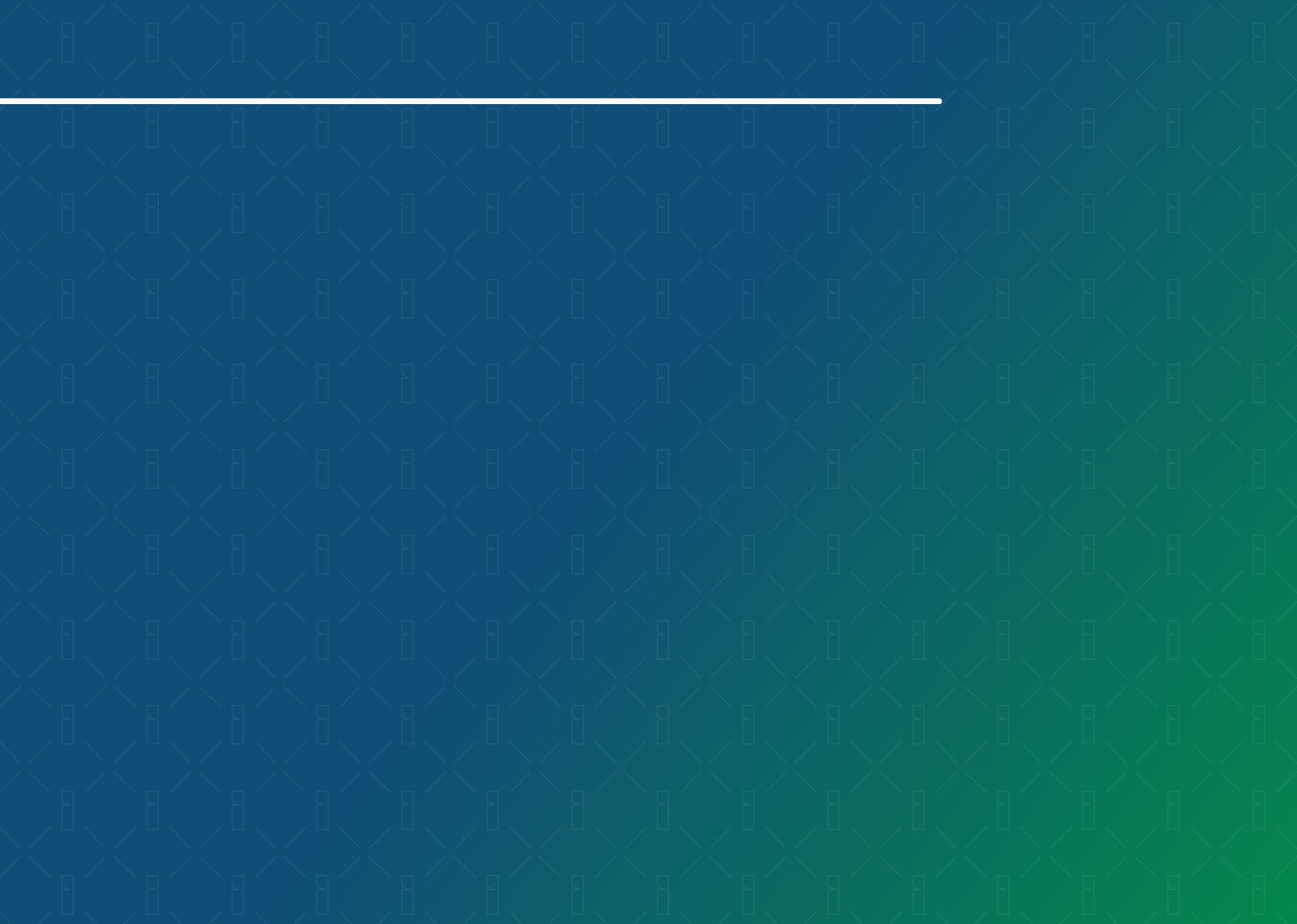
Além do problema ambiental, esses veículos tendem a consumir mais combustível, possuem custo de manutenção elevado e apresentam mais riscos de segurança para o motorista e para os demais veículos em circulação. Neste sentido, a Confederação Nacional do Transporte (CNT), por meio do Programa Despoluir, mostra que o consumo dos veículos de transporte de carga novos é de 3,7 Km/l enquanto a dos caminhões com mais de 10 anos cai para 2,2 km/l, sendo que a média de quilometragem anual percorrida pelos caminhões pesados é da ordem de 100.000 km/ano.

CONCLUSÃO

Ações em andamento de relevância para a redução da emissão de gases poluentes devem ser mantidas e ampliadas, como os casos do Sistema de Pesagem em Movimento de Alta Velocidade (HS-WIM) e do Sistema de Rodovia de Pedágio Aberto (free-flow), que permitem a circulação da frota do TRC sem a necessidade de reduzir a velocidade ou parar o veículo, manobras que geram maior consumo de combustível e, conseqüentemente, maior emissão de gases poluentes na retomada da velocidade.

O uso adequado dessas tecnologias (HS-WIM e free-flow, por exemplo) representa desdobramentos que contribuem para o aprimoramento da relação custo versus benefício de sua implantação, viabilizando um transporte mais seguro e a redução do tempo total de transporte, que por sua vez melhora a previsibilidade dos processos logísticos e reduz a necessidade de estoques, e assim sucessivamente. Cumpre ressaltar que o aumento da acurácia desse conjunto de medidas reflete diretamente no funcionamento da cadeia produtiva do país, contribuindo, no limite, para a redução do chamado Custo Brasil.

No primeiro boletim sobre a transição energética no setor de transportes, vimos como a adoção de ônibus e carros elétricos diminui a poluição urbana e a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Neste boletim, abordamos as matrizes energética e elétrica do Brasil, o sistema elétrico nacional e como políticas energéticas podem incentivar e acelerar o processo de adoção de veículos de emissão zero. No próximo boletim da série, abordaremos a eletrificação no modo ferroviário e o uso do hidrogênio como combustível.





INFRA S.A.



 [infrasaoficial](#)

 [infra.oficial](#)

 [infra-oficial](#)

 [infrasa.oficial](#)

 observatorio@infrasa.gov.br

 institucional@infrasa.gov.br

 www.ontl.infrasa.gov.br

 www.infrasa.gov.br

 **SEDE** - SAUS, Quadra 01, Bloco "G", Lotes 3 e 5.
Asa Sul - Brasília - DF - 70.070-010