
A isenção de IPVA sobre veículos elétricos no Paraná: mensuração de impacto de política pública

Amarildo Hersen¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5731-5535>

Fabício Thimoteo Gomes de Lima²

 <https://orcid.org/0000-0002-7995-2172>

Recebido em: 14/10/2023

Aprovado em: 16/01/2024

Resumo

O objetivo da pesquisa foi avaliar o impacto da política pública de incentivo ao aumento da frota de veículos elétricos no Paraná que visa contribuir para o programa do governo paranaense de seguir a agenda 2030 de desenvolvimento sustentável da ONU. A métrica de mensuração do impacto de política pública adotada na presente pesquisa denomina-se Diferenças em Diferenças (DD). Os resultados da pesquisa sugerem impacto positivo, porém pouco expressivo. Conclui-se que para maior contribuição ao Programa de Governo do Paraná mostram-se necessárias outras ações conjuntas, com a finalidade de tornar a frota de veículos elétricos ainda mais expressiva no Estado.

Palavras-chaves: vulnerabilidade externa; balanço de pagamentos; especialização produtiva; hierarquia de moedas.

Código JEL: Q56, Q58, R11

¹ Doutor em Economia, Administração e Política Florestal no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)..Docente do Departamento de Economia da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO).E-mail: amarildo@unicentro.br

² Graduado em Ciências Econômicas Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO). E-mail: fabriciothimoteo2001@gmail.com

The IPVA exemption on electric vehicles in Paraná: measuring public policy impact

Abstract

The research objective was to evaluate the impact of public policy on encouraging the increase of the electric vehicle fleet in Paraná, which aims to contribute to the government's program to follow the UN's 2030 sustainable development agenda. The metric for measuring the impact of public policy adopted in this research is called diff in diff (DD). The research results suggest a positive impact, although not very significant. It is concluded that for a more outstanding contribution to the Paraná Government Program, other joint actions are necessary to make the electric vehicle fleet even more significant in the State.

Keywords: regional economy; renewable energy; environmental sustainability.

JEL Code: Q56, Q58, R11

Introdução

A agenda de 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) para o desenvolvimento sustentável trata de um plano global que consiste de dezessete objetivos para promoção de uma sociedade mais sustentável, do estado de direito, dos direitos humanos e da responsividade das instituições públicas. O plano foi elaborado em 2015 e foi adotado por todos os 193 estados-membros da ONU. Os objetivos de desenvolvimento sustentável consistem num apelo global de ações concretas para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de qualidade de vida. (UN, [2023])

Com a intenção de alinhamento à agenda ambiental de 2030 da ONU, o Governo do Paraná promulgou a Lei Estadual 19.971 de 22 de outubro de 2019. A referida lei acrescentou dispositivo à Lei Estadual nº 14.260/2003, que estabelece normas sobre o tratamento tributário pertinente ao Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores, IPVA. O dispositivo adicionado corresponde à isenção do IPVA por três anos, até 31 de dezembro de 2022, para carros equipados unicamente com motor elétrico para propulsão (Paraná, 2003, 2019).

A ação promovida pelo Governo do Paraná configura-se como política pública. Políticas públicas são ações do poder público as quais seguem normas, princípios e diretrizes que ocorrem entre o governo e a sociedade. São criadas para suprir demandas ou cumprir agendas públicas. Sua finalidade é contribuir para a sociedade solucionando problemas e causando mudanças (Mendes; Gomes, 2018).

Uma vez implantada, a política pública necessita ser avaliada no afã de verificar se ela alcançou seu propósito. A relevância de uma avaliação de medidas públicas, conforme Cotta (1998), está em poder analisar a ocorrência ou não do cumprimento dos objetivos da política pública, além de atribuir causalidades para os sucessos e fracassos. Rua (2010) ressalta que a importância de medir o impacto de uma política pública está em entender se ela de fato está fazendo o efeito desejado e cumprindo com os seus objetivos, componente essencial da análise de políticas públicas.

Contudo, medir o impacto da política pública não consiste em uma tarefa fácil. Segundo Rua (2010) o impacto é difícil de se mensurar pois há diversos fatores desconhecidos que podem influenciá-lo, além de elementos do ambiente que podem dificultar a mensuração precisa da influência da medida pública. O problema da presente pesquisa consiste em averiguar se a política pública implantada no Paraná surtiu efeito. O objetivo geral da pesquisa consiste em analisar se o dispositivo legal que possibilitou a isenção de IPVA para carros com motor elétricos apresentou resultado incentivando o aumento da frota de carros elétricos. O objetivo específico foi medir o impacto da política pública de incentivo ao aumento da frota de veículos elétricos no Paraná, dada através da isenção do IPVA, com a Lei Estadual 19.971 de 22 de outubro de 2019.

Para alcançar o objetivo proposto, a pesquisa utilizou do método de mensuração de impacto de políticas públicas denominado Diferenças em Diferenças (DD). O período de análise para o estudo foi 2016 a 2022. A metodologia exige a existência de dois grupos, o primeiro afetado pela política que se quer analisar e um segundo onde inexistente qualquer política semelhante, denominados respectivamente de grupo tratamento e grupo controle. O grupo tratamento é representado pelas regiões do estado do Paraná e o grupo controle pelas diferentes regiões do estado de Santa Catarina. A escolha justifica-se pela semelhança econômica entre as duas unidades federativas, pertencimento à mesma Grande Região, e principalmente pelo fato de Santa Catarina não ter implementado política pública semelhante, pré-requisito para implementação do método. Ademais, considera-se a hipótese de que os grupos não são afetados de forma heterogênea por mudanças que ocorrem após o programa, no que se refere a qualquer evento extraprograma.

Trabalhos dessa natureza se mostram relevantes, tendo em vista a necessidade de a sociedade ter conhecimento da efetividade do resultado alcançado por uma política pública, bem como ter a clareza se a mesma trouxe os benefícios projetados inicialmente. Sua justificativa se ampara na ineficiência do Estado, por não dispor muitas vezes de efetivo para se debruçar sobre cada política pública implantada e averiguar seu impacto ou mesmo por se tratar de tarefa relativamente complexa, podendo resultar em compreensão incompleta ou equivocada sobre seu efeito.

O foco da pesquisa foi direcionado para o estado do Paraná por esse ter implantado a política de incentivo à redução de carbono por parte da frota de veículos de forma relativamente recente havendo, portanto, a necessidade de verificar seu resultado. Os resultados apresentados na presente pesquisa podem contribuir significativamente para decisões do governo do Estado, sejam essas de continuidade, aprimoramento ou mesmo extinção da política pública em tela.

O manuscrito foi estruturado em seções, sendo a primeira essa introdução. A segunda seção expõe a fundamentação teórica da pesquisa e a terceira seção trata do caminho metodológico adotado para o alcance dos resultados. Na seção quatro são expostos os resultados e discussões decorrentes e as últimas seções apresentam a conclusão e referências utilizadas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Políticas Públicas

As políticas públicas são definidas como mecanismos e ações as quais buscam atingir um objetivo específico, cumprir um propósito dentro da sociedade, este o qual segue uma agenda política específica ou resolver problemas públicos (Mendes; Gomes, 2018).

Um problema a ser considerado objeto de política pública depende da percepção coletiva dos interesses e valores dos atores da sociedade, necessita a realização de uma construção histórica da sociedade, para se entender o que de fato é considerado um problema dentro dela. Cabe ressaltar que há distinção entre problemas sociais e problemas públicos. Os problemas sociais são aqueles que afetam a população geral, porém não são discutidos por órgãos governamentais e administrativos. Os problemas públicos, tratam de problemas sociais que cresceram de forma a serem discutidos pelas instituições. Assim, são criadas medidas corretivas que por meio dos instrumentos tem o objetivo de resolver problemas públicos. (Knoepfel *et al.*, 2007).

Segundo Knoepfel *et al.* (2007), para que um problema social se torne público são necessários três fatores: uma demanda de grupos sociais relevantes para a resolução do problema; presença de engajamento sobre o tema, que seja discutido e debatido nas esferas públicas da sociedade; e uma cooperação entre grupos organizados da sociedade e autoridades políticas. Assim, é por meio da definição de um problema, cuja resolução é demandada por grupos dentro da sociedade, que ocorre a legitimação de uma intervenção do Estado, com o objetivo de corrigir essa falha por meio de instrumentos eficientes e capazes de gerar um impacto real.

A implementação de políticas públicas pode ocorrer de duas maneiras distintas: a primeira é a forma *top-down*, cujas ações partem dos planos realizados por instâncias superiores da máquina do Estado; a outra é a forma *bottom-up*, cuja ação parte de burocratas e rede de atores (TCU, 2020). Contudo, para a elaboração de uma política pública, o processo é segmentado em cinco fases distintas, denominadas de ciclo das políticas públicas. O ciclo de implementação das políticas públicas é ilustrado com auxílio da Figura 1.

Figura 1: Ciclo de implementação das políticas públicas

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Rua (2010).

A fase de formação da agenda é caracterizada como o momento do planejamento, nela o poder público identifica quais são os problemas prioritários da sociedade, faz a coleta de dados para ter evidência empírica do que deve ser resolvido e faz o planejamento dos custos e dos recursos necessários para aplicação da política pública (Howlett; Ramesh; Pearl, 2013).

A segunda fase do ciclo de implementação de uma política pública consiste na formulação da política. Após a identificação do problema a ser enfrentado, inicia-se a discussão de possíveis soluções, fase de detalhamento e especificação do objetivo da política pública. O ciclo, em sua terceira fase, prevê o processo de tomada de decisão. Nessa fase se define o curso de ação e cronograma para possível implementação. Na fase seguinte, de implementação, tudo o que foi projetado e planejado durante as fases anteriores é finalmente colocado em prática, todos os recursos e decisões planejados anteriormente são transformados em ação (Howlett; Ramesh; Pearl, 2013).

Por último, mas não menos importante, tem-se a fase final do ciclo que é a avaliação. Avaliar uma política é aprender sobre suas consequências. Nessa fase ocorre o controle e a supervisão da política que está sendo colocada em prática, seu estudo permite o aprendizado institucional, a correção de falhas. Nela também é realizada a parte mais relevante para a pesquisa em questão, a avaliação de impacto. Durante o processo de avaliação é analisado se a política pública está gerando o resultado esperado e se houve um impacto relevante para a população (Howlett; Ramesh; Pearl, 2013).

A avaliação é definida como uma pesquisa objetiva e sistemática que examina os efeitos que políticas concluídas, e em progresso, têm para a sociedade em relação às metas que devem atingir, um processo para entender as consequências da intervenção. Trata-se de exame objetivo dos efeitos que os programas e políticas em vigência causam nos grupos sobre o qual estão sendo aplicados. Assim, a avaliação e a análise surgem como uma maneira científica de verificar se o valor atribuído para essas ações está sendo de fato recompensado e encontrar de maneira empírica o seu efeito sobre a sociedade (Dye, 2005).

A avaliação acaba servindo a vários propósitos, é capaz de determinar o progresso de projetos em andamento, se há a necessidade de medidas corretivas e em qual grau foram atingidos os objetivos da medida pública. Consiste em análises periódicas e objetivas acerca da concepção, da implementação ou resultado de políticas públicas, projetos ou programas planejados, em andamento ou concluídos. Também pode ser entendida como um conjunto de procedimentos para julgamento do mérito de um programa, a partir de evidências da contribuição marginal atribuível na mitigação de problemáticas que motivaram sua formulação, para fins de decisão orçamentária de para sua continuidade, expansão ou término (Cotta, 1998; Gertler *et al.*, 2018).

O efeito de uma política pública é parte fundamental para se realizar uma análise completa sobre a eficiência e eficácia da mesma, é definido como o resultado de uma causa. Segundo Dye (2005), quando se analisa o impacto de uma política, não se analisa apenas a atividade governamental, mas sim quais mudanças foram causadas dentro da sociedade, essas associadas às atividades exercidas pela política pública.

A avaliação de impacto mira na avaliação dos efeitos, esperados ou não, da ação governamental. Os resultados, direta ou indiretamente atribuíveis a uma intervenção pública, em termos de efeitos de médio e longo prazo sobre a população-alvo correspondem aos impactos observados. A efetividade está na alteração da realidade anterior à implementação da política pública que pode ser observada. (Brasil, 2020; TCU, 2020)

Política Pública Paranaense: incentivo à frota de veículos elétricos

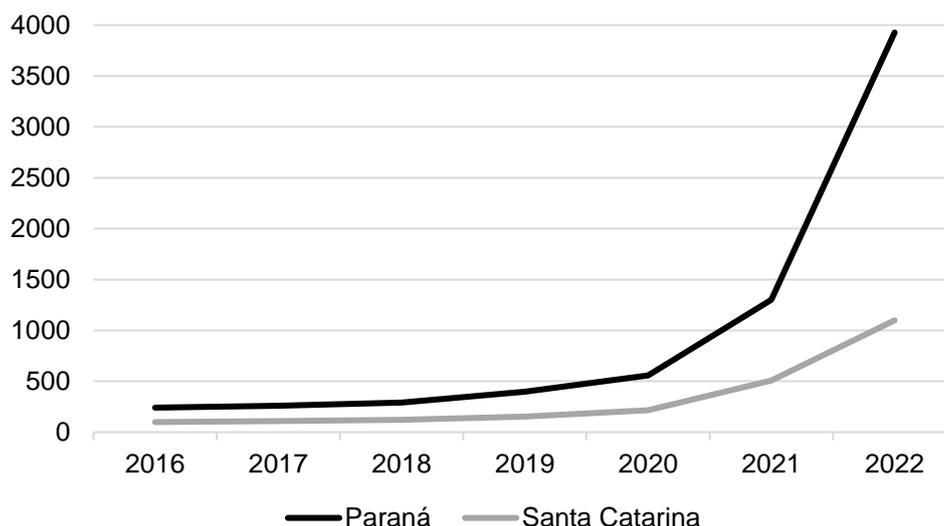
Ao observar a frota de veículos elétricos do Paraná é possível notar crescimento nos últimos anos. Em janeiro de 2017, o Paraná possuía 241 veículos, evoluindo para 3.927 em dezembro de 2022. Durante esse período os números evidenciam importante crescimento, com a frota aumentada em mais de 16 vezes no Estado. Na UF de Santa Catarina, a frota correspondia a 101 veículos em janeiro de 2017 e 1.099 em dezembro de 2022, o que corresponde a um aumento aproximado de 11 vezes, no mesmo período (Brasil, 2022)

A implantação da política pública em análise teve início em outubro de 2019 no Paraná, no referido ano a frota de veículos elétricos manteve o mesmo ritmo de crescimento dos anos anteriores, alcançando 384 unidades até o mês da implantação. De forma similar, em 2020 o crescimento da frota paranaense manteve o mesmo ritmo (38%), não muito diferente de Santa Catarina (37%). Esse desempenho similar dos estados pode estar associado ao efeito pandemia de covid-19 que impactou toda a indústria automotiva, montagem de veículos e importação de peças. A Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE, 2021) registrou desaceleração nas vendas de veículos durante o ano de 2020, mostrando retração de 21,63% em relação ao ano anterior.

Contudo, em 2021 o crescimento da frota de veículos elétricos muda de ritmo no Paraná, com variação de 726 unidades, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 126%, atingindo a marca de 1.302 veículos. Apesar de Santa Catarina apresentar crescimento semelhante (123%), sua frota totaliza 506 unidades

veiculares no mesmo ano. Já em 2022, a frota paranaense de veículos elétricos atinge 3.927 no mês de dezembro, um crescimento de 201% no ano. Santa Catarina, no mesmo ano, atinge 1.099 unidades veiculares, crescimento de 117%. A figura 02 possibilita uma percepção visual do distanciamento da grandeza da frota de veículos elétricos entre os dois Estados no período de 2016 a 2022.

Figura 02: Evolução da frota estadual de veículos elétricos



Fonte: Brasil, 2022.

Após apresentar um panorama geral dos números referentes a evolução das frotas de veículos elétricos de Santa Catarina e Paraná, cabe comparar a evolução dessas frotas. Ao analisar a figura 02 de maneira “ingênua”, se poderia afirmar que a política de isenção de IPVA trouxe incentivo para o consumo de carros elétricos no Paraná, pois após o ano de 2019, ano este de publicação da lei estadual do Paraná que autorizou a isenção de IPVA para veículos elétricos, o Paraná amplia a frota veicular de elétricos de forma mais acentuada que Santa Catarina. Apesar dessa constatação, não é possível ainda afirmar que a partir da política implantada houve estímulo adicional ao aumento da frota, dado que antes mesmo da política de estímulo o Paraná já apresentava uma frota de veículos elétricos mais numerosa que seu estado vizinho.

Para que a metodologia DD de avaliação de impacto da política pública tenha validade, conforme detalhado na seção de método, é imperioso que a suposição de tendências paralelas seja verificada, pois se considera que, na ausência de tratamento (política pública), os dois grupos seguem a mesma trajetória verificada inicialmente. Como essa suposição não pode ser demonstrada uma vez que o tratamento já ocorreu, se buscou identificar se nos anos anteriores à intervenção, a tendência de ambos os grupos teve um comportamento semelhante.

Na intenção de buscar fatores contributivos para o impacto estimado da política de isenção de IPVA no Paraná, um possível elemento pode ser a alíquota de IPVA praticada no Estado. A Tabela 01 compara as diferentes alíquotas de IPVA das Unidades Federativas do país, para posterior discussão.

Tabela 1: Alíquota de IPVA dos estados brasileiros

UF	IPVA
Minas Gerais	4,00%
Rio de Janeiro	4,00%
São Paulo	4,00%
Goiás	3,75%
Distrito Federal	3,50%
Mato Grosso	3,50%
Mato Grosso do Sul	3,50%
Paraná	3,50%
Alagoas	3,00%
Amapá	3,00%
Amazonas	3,00%
Ceará	3,00%
Pernambuco	3,00%
Rio Grande do Norte	3,00%
Rio Grande do Sul	3,00%
Rondônia	3,00%
Roraima	3,00%
Bahia	2,50%
Maranhão	2,50%
Pará	2,50%
Paraíba	2,50%
Piauí	2,50%
Sergipe	2,50%
Acre	2,00%
Espírito Santo	2,00%
Santa Catarina	2,00%
Tocantins	2,00%

Fonte: IPVA Brasil (2023)

Conforme evidenciado, a alíquota de IPVA praticada no Paraná (3,5%), destaca-se como uma das maiores do país, perdendo apenas para Minas Gerais (4%), Rio de Janeiro (4%), São Paulo (4%) e Goiás (3,75%). Diferentemente, o estado de Santa Catarina apresenta a menor alíquota de IPVA do país, 2%. Se comparar o desembolso que um proprietário de veículo residente no Paraná tem anualmente com IPVA ao desembolso do catarinense, um veículo de mesmo valor acarreta um desembolso 75% maior para o paranaense. Assim, a aderência à política pública de estímulo ao aumento da frota de veículos elétricos no Paraná pode estar motivada por fatores que vão além do ambiental, previsto inicialmente, como amenizar o ônus elevado do imposto anual.

Com relação ao êxito da política pública em análise, apesar do crescimento da frota de veículos elétricos ser mais expressivo no Paraná comparativamente à Santa Catarina, quando essa frota de veículos elétricos é comparada à frota total de veículos do próprio Estado, representa apenas 0,08%, segundo dados da Secretaria Nacional de Trânsito (Brasil, 2022). Dessa forma, para atingir uma redução significativa de emissão de carbono por veículos automotores no Estado, somada à política implantada, mostra-se necessário ainda outras ações e estímulos em maior escala.

Lima (2021) afirmam que o veículo elétrico surge como uma alternativa, cujo suporte cresce cada vez mais com a criação de novas estações para carregamento em locais públicos, como *shopping centers* por exemplo. Apesar do preço de aquisição do veículo elétrico ser maior, quando comparado com os veículos a combustão, Delgado *et al.* (2017) destacam que os carros elétricos são capazes de

beneficiar consumidores que utilizam seus veículos de forma frequente e que estão dispostos a pagar um preço maior para aquisição do mesmo, pois o combustível será mais barato, gerando benefício no longo prazo. Afonso e Ferraz (2022) apontam crescimento da presença dos veículos elétricos no mercado, e destacam que as empresas estão introduzindo novos projetos que trazem preços mais acessíveis ao consumidor.

Os procedimentos realizados para mensuração de impacto da política pública objeto de análise estão detalhados na seção seguinte.

Metodologia

Para mensuração do impacto de uma política pública, adicionalmente ao grupo de indivíduos afetados pela política, há a necessidade também da existência de um grupo contrafactual. Ramos (2008) ao descrever sobre esses dois grupos explica que o primeiro corresponde ao grupo tratamento, sobre o qual a política é aplicada e o segundo ao grupo controle, que não sofre aplicação da política que se quer medir o impacto. Ambos os grupos precisam ser o mais semelhantes possível, para que o grupo controle represente de forma precisa as condições do grupo tratamento na hipótese de não intervenção. O autor destaca ainda que o comparativo só é possível com a disponibilidade de dados do período anterior e posterior à intervenção.

Berge (2017) reforça o entendimento de que ambos os grupos precisam ter as mesmas características antes das mudanças planejadas, assim, segundo ele se teria um contrafactual capaz de representar os efeitos como estaria o grupo de tratamento se a intervenção não fosse implementada sobre ele. O autor destaca que para realização de uma análise que realmente representa as mudanças que se deseja identificar, apenas um dos grupos deve ser afetado, assim apenas o grupo de tratamento deveria mudar após a aplicação da política.

Para atendimento dos requisitos teóricos e metodológicos, foram criados dois grupos distintos, o primeiro constituído da frota de veículos elétricos do Paraná (grupo tratamento) e um segundo constituído da frota de veículos elétricos do estado de Santa Catarina (grupo controle). A escolha se justifica pela semelhança econômica entre as duas unidades federativas e principalmente pelo fato de Santa Catarina não ter implementado política pública semelhante, além de ambas estarem localizados na Região Sul do País. Também, a obrigatoriedade metodológica das Unidades Federativas a compor o grupo controle não ter implantado qualquer tipo de incentivo ao aumento da frota de veículos elétricos impossibilitou a comparação com importantes UF's brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro, Distrito Federal e Minas Gerais.

Os dados coletados são de origem secundária, disponíveis na base de dados da Secretaria Nacional de Trânsito (Brasil, 2022) e se referem a frota de veículos que utilizam como fonte de combustível a energia elétrica externa e interna, frotas essas localizadas nos estados de Santa Catarina e Paraná. O período de análise para o estudo foi 2016 a 2022. O período capta o comportamento da frota de veículos elétricos antes da isenção do IPVA, ocorrida em 2019 no Paraná, e durante a isenção do IPVA. Os dados para a pesquisa foram coletados de forma desagregada, por município, e posteriormente agregados por mesorregião.

Segundo o (CAF, 2020), para que a metodologia tenha validade não é necessário que os grupos tratamento e controle sejam semelhantes entre si em suas características observáveis. Ao contrário do experimento aleatório, onde a condição de equilíbrio é essencial na medição do impacto, no método aqui aplicado a condição necessária para avaliar o impacto é a hipótese de tendências paralelas. A hipótese considera que, na ausência de tratamento, os dois grupos teriam seguido a mesma trajetória nos resultados de interesse.

Assim, o pressuposto para o método é que Paraná e Santa Catarina apresentem tendências paralelas no período pré-tratamento. Considera-se, portanto, a hipótese de que os grupos não são afetados de forma heterogênea por mudanças que ocorrem após o programa. De acordo com Foguel (2012) essas mudanças podem ser captadas pela análise e erroneamente atribuídas ao impacto do programa.

Foguel (2012) afirma ainda que para os grupos não é necessário que as médias das variáveis sejam as mesmas, o que é obrigatório para a análise é a variação temporal do grupo controle ser contrafactual ao grupo de tratamento. Segundo Guedes, Ivanqui e Martins (2001), para que seja possível identificar se há uma semelhança na trajetória entre os grupos de controle e tratamento durante o período pré-tratamento, é necessário identificar se o conjunto das curvas de regressão do modelo são paralelas. Os autores ainda afirmam que dentro das aplicações de análises de regressão, as variáveis preditoras são contínuas, contudo, os métodos de análise de regressão podem ser generalizados para que se possa tratar variáveis preditoras categóricas e para isso, são utilizadas variáveis *dummy*.

Magalhães e Andrade (2009) explicam que a inclusão de variáveis binárias aditivas ou multiplicativas permite verificar se duas equações lineares diferem em intercepto, inclinação ou ambos. Dentre os possíveis resultados, Magalhães e Magini (2005) identificam 4 casos: Interceptores diferentes com inclinação igual; interceptos iguais com inclinações diferentes; interceptos e inclinações diferentes; e interceptos e inclinações iguais. Para a presente pesquisa optou-se por utilizar variável binária com valor 0 (zero) para o ano de 2016 e 1 (um) para 2018 e pelo teste de paralelismo de retas com uso de ajustes separados. Segundo Guedes, Ivanqui e Martins (2001), as equações de regressão são dadas por:

$$Y_1 = \beta_{01} + \beta_{11}X + E \quad e \quad Y_2 = \beta_{02} + \beta_{12}X + E \quad (1)$$

Em que:

Y= Variável dependente.

β_{01} = Intercepto reta 1.

β_{02} = Intercepto reta 2.

β_{11} = Coeficiente angular da reta 1.

β_{12} = Coeficiente angular da reta 2.

X= Variável independente.

E= Termo de Erro.

Onde os erros devem ser independentes e identicamente distribuídos com $N(0, \sigma^2)$. Para verificação da independência dos erros far-se-á uso do teste de autocorrelação de resíduos de Durbin-Watson, conforme sugerido por Hill, Griffiths e

Judge (2010) e Gujarati (2000). No que se refere à normalidade dos resíduos, optou-se pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk, conforme Pino (2014). Pino (2014) ainda sugere, caso seja necessário, possíveis transformações de variável para alcançar a normalidade desejada nos resíduos, como: logarítmica, potência, inversa, entre outras.

Segundo Guedes, Ivanqui e Martins (2001), a hipótese adequada para comparar os coeficientes angulares corresponde a $H_0: \beta_{11} = \beta_{12}$. Quando a hipótese nula é verdadeira as retas de regressão apresentam o mesmo coeficiente angular, ou seja:

$$Y_1 = \beta_{01} + \beta_1 X + E \quad e \quad Y_2 = \beta_{02} + \beta_1 X + E \quad (2)$$

Segundo Hill, Griffiths e Judge (2010), uma estimativa para β_1 pode ser dada por:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

Em que:

n = número de observações.

Y = variável dependente.

X = variável independente.

De posse da estimativa de coeficiente angular das equações é possível realizar o teste de paralelismo de retas, que segundo Guedes, Ivanqui e Martins (2001) é dado por:

$$T = \frac{\beta_{11} - \beta_{12}}{S_{\beta_{11} - \beta_{12}}} \quad (4)$$

Em que:

β_{11} = Estimativa de β_{11} utilizando n_1 observações do grupo 1;

β_{12} = Estimativa de β_{12} utilizando n_2 observações do grupo 2;

$S_{\beta_{11} - \beta_{12}}$ = Estimativa do desvio-padrão da diferença entre os coeficientes.

O desvio-padrão da diferença entre os coeficientes é dado, segundo Guedes, Ivanqui e Martins (2001), pela raiz quadrada da seguinte variância:

$$S_{\beta_{11} - \beta_{12}}^2 = S_{P,Y/X}^2 \left[\frac{1}{(n_1 - 1)S_{X_1}^2} + \frac{1}{(n_2 - 1)S_{X_2}^2} \right] \quad (5)$$

Em que:

$$S_{P,Y/X}^2 = \frac{(n_1 - 2)S_{Y/X_1}^2 + (n_2 - 2)S_{Y/X_2}^2}{n_1 + n_2 - 4} \quad (6)$$

n_1 = Número de observação do grupo 1.

n_2 = Número de observação do grupo 2.

$S_{X_1}^2$ = Variância de X para o grupo 1.

$S_{X_2}^2$ = Variância de X para o grupo 2.

S_{Y/X_1}^2 = Quadrado médio do resíduo para o grupo 1.

S_{Y/X_2}^2 = Quadrado médio do resíduo para o grupo 2.

De acordo com Guedes, Ivanqui e Martins (2001) a estatística de teste T, sob as suposições usuais de regressão apresenta distribuição t de *student* com n_1+n_2-4 graus de liberdade quando H_0 for verdadeira.

Medidas de impacto

Uma vez superadas as exigências relacionadas às tendências paralelas, é possível então utilizar uma métrica de mensuração de impacto de política pública. A métrica de mensuração do impacto adotada nesta pesquisa denomina-se Diferenças em Diferenças (DD). Ramos (2008) define o método Diferenças em Diferenças como uma comparação entre variáveis para participantes e não participantes de uma intervenção, antes e depois da aplicação dela.

O método age sobre fortes pressupostos em que, na ausência de tratamento, os caminhos seguidos por ambos os grupos deveriam ser os mesmos durante o período analisado. Tal situação torna-se implausível caso se tenham características associadas aos grupos que causam um desequilíbrio entre eles (Abadie, 2005).

Dentro do método DD o propósito do grupo controle é representar um contrafactual para o grupo de tratamento, dado que no primeiro não ocorreu a intervenção da política pública analisada. Para servir como contrafactual é necessário que no período pré-programa ambos tenham uma trajetória semelhante logo, após a intervenção, seria possível analisar o impacto da política pública sobre o grupo de tratamento (Foguel, 2012).

Segundo Foguel (2012), a identificação de impacto de determinada política pública é possível com uso de modelo de regressão, aplicando a seguinte equação:

$$Y_{it} = X'_{it}\alpha + \gamma T_{it} + \rho t_{it} + \beta(T_{it}t_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Em que:

Y = Variável de interesse.

X' = Características observadas nos indivíduos.

T = Variável binária que assume valor um ao se referir ao indivíduo participante do grupo tratamento e valor zero ao se referir ao indivíduo do grupo controle.

t = Variável binária que assume valor um ao se referir ao período pós-tratamento e valor zero ao se referir ao período pré-tratamento.

$\alpha, \gamma, \rho, \beta$ = parâmetros do modelo.
 ε = Termo do erro.

Para identificação do impacto, o método de diferenças em diferenças trata de uma dupla subtração. A primeira aplicação dessa subtração, se dá entre os números apresentados pelo grupo tratamento no período pré e no período pós-tratamento, com a mesma operação sendo aplicada ao grupo de controle. A segunda diferença se dá ao realizar a subtração entre os resultados de cada grupo, decorrentes da primeira diferença. O procedimento de dupla diferença é ilustrado com auxílio da Tabela 02.

Tabela 02: Elementos do modelo de regressão

	Tratamento	Controle	Diferença
Pós-tratamento	$X'\alpha + \gamma + \rho + \beta$	$X'\alpha + \rho$	
Pré-tratamento	$X'\alpha + \gamma$	$X'\alpha$	
Diferença	$[X'\alpha + \gamma + \rho + \beta] - [X'\alpha + \gamma]$	$[X'\alpha + \rho] - [X'\alpha]$	β

Fonte: Elaborado pelo autor.

Concluídas as subtrações, o parâmetro beta é o elemento resultante, que indica a magnitude do impacto da política pública em apreciação, ou seja, o efeito causal da política.

Uma das principais vantagens do método de DD é a capacidade de controlar as influências das características não observáveis dos indivíduos (fixas no tempo) sobre a variável de resultado. Trata-se de uma vantagem relevante do método pois, comumente, essas características fixas não observáveis influenciam também a participação na política pública proposta (Foguel, 2012).

Resultados e discussões

A forma de tratamento da variável dependente que proporcionou normalidade dos resíduos foi a inversa (hiperbólica de primeira ordem ou recíproca), que segundo Pino (2014) é usada para dados fortemente assimétricos à direita, caso da presente pesquisa. Com o tratamento foi possível constatar normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk), com significância de 5% [p-valor (0,092) > α (0,05)]. No que se refere a autocorrelação de resíduos, com o teste de Durbin-Watson identificou-se ausência para modelo referente ao estado do Paraná e inconclusivo para Santa Catarina. As estimativas dos parâmetros para os Estados comparados constam na Tabela 3.

Tabela 03: Estimativas dos parâmetros para as retas estimadas para os dados de frota-ano

Grupo	β_0	β_1	S^2_x	$S^2_{x/y}$
Tratamento	-0,176	0,022	0,263	0,021
Controle	16,5	3,833	0,273	205,88

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Ressalta-se que para alcançar estimativas consistentes no intuito de se identificar reta de regressão minimamente com interceptores diferentes, mas inclinação igual, pelo teste de paralelismo de retas com uso de ajustes separados, averiguou-se a independência e normalidade dos resíduos. O formato desagregado dos dados por município e posteriormente por microrregião não apresentaram normalidade nos resíduos, havendo a necessidade de se trabalhar com dados agregados por mesorregião. Esses apresentaram normalidade para os dados do Estado de Santa Catarina, mas o mesmo não ocorreu para os dados do Paraná, havendo a necessidade de proceder com tratamento dos mesmos.

Mediante as estimativas, a Hipótese testada foi: $H_0: \beta_{1PR} = \beta_{1SC}$. A estatística de teste T [$T(0,6086) < t_c(2,048)$] apresentou distribuição t de *student* com n_1+n_2-4 graus de liberdade, ou seja, há evidência amostral suficiente para que a hipótese de paralelismo (H_0) não seja rejeitada.

Identificada a tendência paralela das retas para as frotas de carros elétricos dos dois Estados no período pré-tratamento, se tornou possível estimar o coeficiente beta pelo método diferenças em diferenças para então identificar o impacto da política pública em análise. As estimativas dos parâmetros do modelo resultante da aplicação do método diferenças em diferenças estão descritas na equação abaixo:

$$Y = 18,333 + 7,567T + 164,833t + 201,967T.t$$

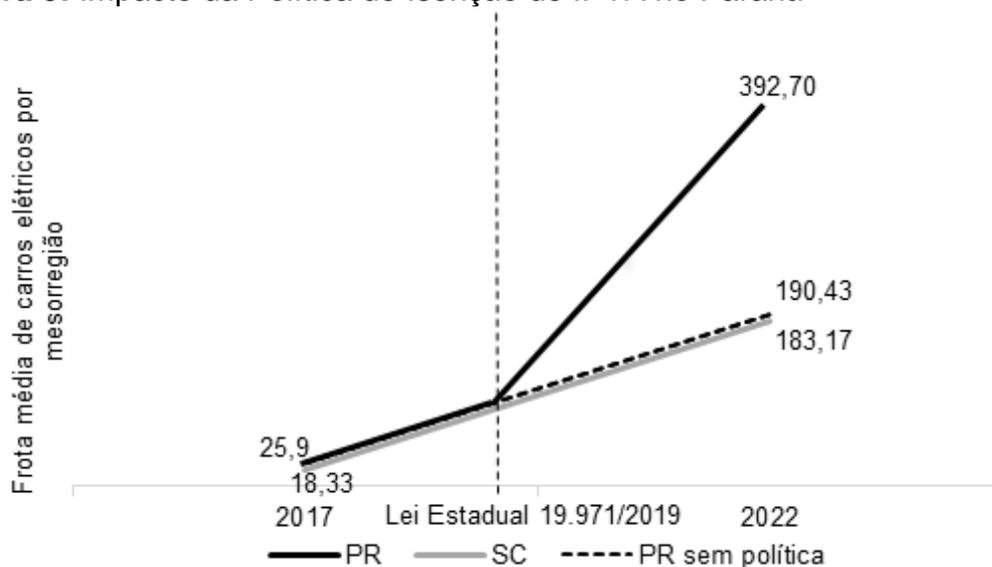
Segundo o modelo estimado *diff in diff*, a frota média mesorregional de veículos elétricos paranaense, referente período anterior à política de isenção de IPVA (ano de 2017) era de 25,9 [18,333+7,567] unidades. Já para o período posterior à política (ano de 2022), a frota média mesorregional do Paraná atingiu 392,7 [18,333+7,567+164,833+201,967] unidades veiculares. De forma mais modesta, o estado de Santa Catarina (contrafactual) detinha uma frota média mesorregional de 18,333 veículos elétricos em 2017, evoluindo para 183,166 [18,333+164,833] unidades em 2022. O parâmetro beta corresponde ao impacto da dupla diferença e a Tabela 04 evidencia a decomposição dessa dupla diferença, que corresponde à estimativa do parâmetro β (201,97) do modelo estimado.

Tabela 04: Decomposição do modelo estimado

Período/grupo	Tratamento	Controle	Diferença
Pós-tratamento	392,700	183,166	
Pré-tratamento	25,900	18,333	
Diferença	366,800	164,833	201,97

Fonte: Elaborado pelo autor

Com auxílio da Figura 03 é possível visualizar, além do impacto da política pública aplicada no estado paranaense, qual seria a trajetória referente a evolução da frota mesorregional média de veículos elétricos do Estado, na hipótese de não ocorrência da referida política (representada pela linha tracejada).

Figura 3: Impacto da Política de Isenção de IPVA no Paraná

Fonte: Elaborado pelo autor

Caso a política não fosse implantada no grupo de tratamento, sua trajetória seria semelhante ao grupo de controle, tendo uma frota média por mesorregião em 2022 de 190,43. Essa trajetória hipotética expressa a continuidade da semelhança das frotas dos estados comparados, onde o grupo controle apresentou uma média mesorregional de 183,17 veículos elétricos no ano de 2022. Atribui-se à política pública o impacto médio de 201,97 unidades de veículos elétricos por mesorregião paranaense, permitindo que a frota mesorregional média atingisse a marca de 392,70 unidades no ano de 2022.

Mostra-se importante refletir também sobre os benefícios positivos da política, esses voltados ao meio ambiente. O uso de veículos elétricos contribui com a agenda de 2030 da ONU, com o objetivo número sete que trata do uso de energia acessível e limpa. Ao contrário dos veículos movidos a combustão, que liberam dióxido de carbono na atmosfera devido a queima de combustíveis fósseis, os veículos movidos à eletricidade geram menos emissões de gases do efeito estufa.

Contudo, quando se direciona o olhar para países europeus e asiáticos, inevitavelmente o atraso na adoção de políticas semelhantes no Brasil é evidente. Enquanto o Paraná, e o Brasil de forma geral, ainda engatinha na eletrificação da frota, alguns países estão muito à frente no que se refere a incentivos. Entre 2005 a 2021, a China abriu mão de US\$ 14,8 bilhões com isenções de impostos sobre compras de elétricos. Na Europa, em 2021, nos 27 países que compõem a União Europeia, foram vendidos 3 milhões de veículos elétricos, um aumento de 67% em relação a 2020 (Venditti, 2022).

Já existem países realizando a transição para carros elétricos em ritmo intenso. Na Noruega, veículos 100% elétricos representaram 80% das vendas de automóveis em 2022. Na Islândia e Suécia as vendas para o mesmo ano foram de 41% e 32%, respectivamente. Na China as vendas atingiram 22% em 2022, mas cabe ressaltar que o país é o maior mercado de automóveis do mundo. Na União Europeia, as vendas de carros elétricos alcançaram 12% das vendas de automóveis em 2022 (Jaeger, 2023).

De acordo com a International Energy Agency (IEA, 2023), as vendas de veículos elétricos têm crescido de forma exponencial devido principalmente à queda nos custos, avanço das tecnologias e incentivos governamentais. Segundo a Agência, em todo o mundo, 10% dos carros vendidos em 2022 foram modelos 100% elétricos.

Conclusão

Políticas públicas são mecanismos e ações que buscam atingir um objetivo específico, cumprir um propósito dentro da sociedade, propósito esse que segue uma agenda política específica ou busca resolver determinado problema público. Dada a implantação de uma política pública, é imprescindível avaliá-la. Avaliar é aprender sobre suas consequências, seu estudo permite o aprendizado institucional e eventual correção de falhas, bem como medir seu impacto.

A pesquisa teve por objetivo avaliar o impacto da política pública de incentivo ao aumento da frota de veículos elétricos no Paraná, através da isenção do IPVA, dada pela Lei estadual 19.971 de 22 de outubro de 2019, que acrescenta dispositivo à Lei estadual nº 14.260, de 22 de dezembro de 2003 e visa contribuir para o programa do governo paranaense de seguir a agenda 2030 de desenvolvimento sustentável da ONU.

O impacto da política pública foi avaliado com uso do método diff in diff, após a realização de teste de paralelismo de retas, normalidade e autocorrelação de resíduos. Os Resultados da pesquisa sugerem existência de impacto da política pública analisada, evidenciado coeficiente de impacto positivo ($\beta = 201,97$), o que sugere que a partir da intervenção houve estímulo ao aumento da frota de veículos elétricos do Paraná.

Conclui-se que a política pública do estado do Paraná, implementada pela lei estadual 19.971 de 2019, que concede isenção de IPVA para veículos movidos a eletricidade no período de outubro de 2019 até dezembro de 2022, apresentou impacto positivo. Apesar do impacto positivo, ressalta-se que a frota de veículos elétricos frente a frota total de veículos do Estado representa apenas 0,08%.

Cabe destacar que o estado do Paraná apresenta a terceira maior alíquota de IPVA do Brasil. Logo, a aderência à política pública pelo paranaense eventualmente pode não ter como fator causal aquele previsto na política pública implantada. Assim, sugere-se que, para atingir uma redução significativa de emissão de carbono por veículos automotores no Estado, somada à política implantada, sejam realizadas outras ações conjuntas para tornar a frota de veículos elétricos ainda mais expressiva.

As avaliações de impacto, apesar de seu reconhecimento formal em trabalhos científicos, não se traduzem em processos sistemáticos. Assim, essa pesquisa espera estimular mais estudos em relação a avaliação de medidas públicas com o intuito de se tornar uma prática rotineira e habitual.

Referências

- ABADIE, A. Semiparametric difference-in-differences estimators. **The Review of Economic Studies**, Oxford, v. 72, n. 1, p. 1–19, 2005. DOI 10.1111/0034-6527.00321
- AFONSO, V. M.; FERRAZ, R. S. C. Base geral dos carros elétricos em relação ao consumo, impacto ambiental e custo-benefício. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 8, n. 11, p. 545–558, 2022. DOI 10.51891/rease.v8i11.7433
- BERGE, T. **A difference in differences analysis on how a change in employment affects motivation amongst temporary employees**. 2017. 30 f. Thesis (Master in Economic Analysis) – Program in economics and administration, University of Stavanger, Stavanger, 2017.
- BRASIL. **Decreto 10.531, de 26 de outubro de 2020**. Institui a estratégia federal de desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10531.htm. Acesso em: 8 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. **Estatísticas: frota de veículos, 2022**. Brasília, DF: MT, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/estatisticas-frota-de-veiculos-senatran>. Acesso em: 4 mar. 2023.
- CAF - BANCO DE DESENVOLVIMENTO DA AMÉRICA LATINA E CARIBE. **Nota metodológica: como implementar diferenças em diferenças para medir o impacto?**. Caracas: CAF, 2020. Disponível em: <https://www.caf.com/pt/presente/noticias/2020/02/nota-metodologica-como-implementar-diferencas-em-diferencas-para-medir-o-impacto/>. Acesso em: 16 fev. 2023.
- COTTA, T. C. Metodologias de avaliação de programas e projetos sociais: análise de resultados e de impacto. **Revista do Serviço Público**, São Paulo, v. 49, n. 2, p. 103–124, 1998.
- DELGADO, F.; COSTA, J. E. G.; FEBRARO, J.; SILVA, T. B. Carros elétricos. **FGV Energia**, Rio de Janeiro, ano 4, n. 7, p. 7-93, 2017. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_carros_eletricos-fgv-book.pdf. Acesso em: 19 fev. 2023.
- DYE, T. R. **Understanding public policy**. 14. ed. London: Pearson, 2005.
- FENABRAVE - FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Emplacamentos de veículos crescem em dezembro e o ano de 2020 teve queda menor do que a esperada!**. São Paulo: FENABRAVE, 2021. Disponível em: <https://www.fenabrave.org.br/portaltv2/Noticia/16675>. Acesso em: 18 maio 2023.

FOGUEL, M. N. Diferenças em diferenças. *In*: MENEZES FILHO, N. A.; PINTO, C. C. X. (org.). **Avaliação econômica de projetos sociais**. São Paulo: Fundação Itaú Social, 2012.

GERTLER, P. J.; MARTÍNEZ, S.; PREMAND, P.; RAWLINGS, L. B.; VERMEERSCH, C. M. J. **Avaliação de impacto na prática**. 2. ed. Washington, DC: Banco Mundial, 2018.

GUEDES, T. A.; IVANQUI, I. L.; MARTINS, A. B. T. Comparando equações de regressão em dados de saúde. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1531-1535, 2001.

GUJARATI, N. D. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

HILL, R. C.; GRIFFITHS, W. E; JUDGE, G. G. **Econometria**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

HOWLETT, M.; RAMESH, M.; PEARL, A. **Política pública: seus ciclos e subsistemas, uma abordagem integral**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global energy outlook 2023: catching up with climate ambitions**. Paris: IEA, 2023.

IPVA BRASIL. **Comparativo**. [s. l.]: IPVA Brasil, [2023]. Disponível em: <https://www.ipvabr.com.br/>. Acesso em: 30 jan. 2023.

JAEGER, J. These countries are adopting electric vehicles the fastest. **World Resources Institute**, Washington, DC, Sept. 2023. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/countries-adopting-electric-vehicles-fastest>. Acesso em: 10 jan. 2024.

KNOEPFEL, P.; LARRUE, C.; VARONE, F.; HILL, M. **Public policy analysis**. Bristol: MPG Books, 2007.

LIMA, H. F. S. **Avaliação dos impactos da conexão de veículos elétricos no sistema de distribuição**. 2021. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2021. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/3750>. Acesso em: 18 fev. 2023.

MAGALHÃES, S. R. S.; MAGINI, M. Comparação entre modelos de regressão lineares aplicados à área médica. *In*: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 6., 2005, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2005.

MAGALHÃES, S. R.; ANDRADE, E. A. Teste para verificar a igualdade de modelos de regressão e uma aplicação na área médica. **Revista e-xacta**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 34-41, 2009. DOI <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v2i1.223>

MENDES, L. Z.; GOMES, A. Q. Desvendando as políticas públicas: noções introdutórias sobre o campo de análise. **Revista FSA**, Teresina, v. 15, n. 6, p. 78–94, 2018. DOI 10.12819/2018.15.6.4

PARANÁ. Assembleia Legislativa do Estado do Paraná. Lei 14.260 - 23 de dezembro de 2003. Estabelece normas sobre o tratamento tributário pertinente ao imposto sobre a propriedade de veículos automotores – IPVA. **Diário Oficial**, Curitiba, 2003. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=6253&indice=1&totalRegistros=1&dt=25.2.2023.0.20.30.389>. Acesso em: 30 jul. 2022.

PARANÁ. Assembleia Legislativa do Estado do Paraná. Lei 19.971 - 22 de outubro de 2019. Acrescenta dispositivo à Lei nº 14.260, de 22 de dezembro de 2003, que estabelece normas sobre o tratamento tributário pertinente ao Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores. **Diário Oficial**, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=227897&indice=1&totalRegistros=1&dt=25.2.2023.0.2.49.102>. Acesso em: 10 jul. 2022.

PINO, F. A. A questão da não normalidade: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, 2014.

RAMOS, M. Avaliação de políticas públicas e programas sociais: aspectos conceituais e metodológicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 16., 2008, Caxambú. **Anais [...]**. Caxambú: ABEP, 2008. p. 1-20.

RUA, M. G. **Avaliação de políticas, programas e projetos**: notas introdutórias. [S. l.: s. n.], 2010.

TCU - TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Referencial controle políticas públicas**. Brasília, DF: TCU, 2020.

UN - UNITED NATIONS. Sustainable development goals. **United Nations**, New York, [2023]. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>. Acesso em: 15 maio 2023.

VENDITTI, M. S. Cenário dos veículos elétricos no mundo. **Estadão Mobilidade**, São Paulo, 7 set. 2022. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/inovacao/cenario-dos-veiculos-eletricos-no-mundo/>. Acesso em: 9 jan. 2024.