

A RELAÇÃO ENTRE EMISSÕES DOMÉSTICAS E RENDA: ANÁLISE DAS FAMÍLIAS BRASILEIRAS¹

Área 9: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade

Elizângela Aparecida dos Santos: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). E-mail: elizangela.santos@ufvjm.edu.br

Dênis Antônio da Cunha: Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: denis.cunha@ufv.br

O artigo é concorrente ao Prêmio Paulo Haddad.

Resumo

As análises envolvendo as questões inerentes às mudanças climáticas, como as emissões domésticas devem estar associadas a outras metas, como demonstrado pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Assim, erradicar a pobreza e reduzir a desigualdade para alcançar o desenvolvimento sustentável são metas valiosas que merecem ser planejadas simultaneamente. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a relação entre desigualdade de renda e emissões de GEEs pelas famílias brasileiras. Mais especificamente, foram estimadas e analisadas as intensidades das emissões de GEEs associadas aos gastos com bens de consumo das famílias brasileiras, assim como as emissões totais via Curva Ambiental de Engel (CAE). A existência do “dilema de equidade e poluição” foi verificada no Brasil em diferentes níveis de renda e como estes poderiam afetar as emissões de GEEs via consumo familiar. Para alcançar estes objetivos, um amplo conjunto de dados envolvendo gastos de consumo, despesa e renda foram extraídos da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) 2008-2009 e 2017-2018, os quais foram vinculados à matriz insumo-produto do Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS/USP), em conjunto com os dados das contas ambientais da *World Input-Output Database* (WIOD) e do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Os principais resultados demonstram que as emissões médias das famílias brasileiras diminuíram 41% de 2009 para 2018. No entanto, se a tecnologia permanecesse inalterada essa queda seria de apenas 4%. As cestas das famílias brasileiras, em média, ficaram menos intensivas. Em direção oposta à tecnologia, o crescimento da renda em si proporciona aumento das emissões domésticas, principalmente nas classes mais baixas. As CAEs demonstram que rendas mais altas estão relacionadas com maiores emissões domésticas de CO₂. No entanto, à medida que a renda cresce, as emissões aumentam menos que proporcionalmente. Os resultados referentes ao “dilema” indicam que redistribuição marginal da renda provoca pouco aumento nas emissões médias. Por outro lado, o combate à desigualdade de renda de forma ampla não impacta nas emissões. Assim, esta pesquisa demonstrou que os objetivos de melhorar a distribuição de renda e reduzir emissões de GEE não são antagônicos.

Palavras-chaves: Emissões domésticas. Desigualdade de renda. Mudanças climáticas

Abstract:

Analyzes involving issues inherent to climate change, such as domestic emissions, must be associated with other goals, as demonstrated by the Sustainable Development Goals (SDGs). Thus, eradicating poverty and reducing inequality to achieve sustainable development are valuable goals that deserve to be planned simultaneously. This research aimed to analyze the relationship between income inequality and GHG emissions by Brazilian families. More specifically, the intensities of GHG emissions associated with spending on consumer goods by Brazilian families were estimated and analyzed, as well as total emissions via the Engel Environmental Curve (CAE). The existence of the “equity and pollution dilemma” was verified in Brazil at different income levels and how these could affect GHG emissions via household consumption. To achieve these objectives, a broad set of data involving consumption, expenditure and income was extracted from the 2008-2009 and 2017-2018 *Pesquisa de*

¹ O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. E do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Orçamento Familiar (POF), which were linked to the input-output matrix of the *Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo* (NEREUS/USP), together with data from environmental accounts from the World Input-Output Database (WIOD) and the Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). The main results show that the average emissions of Brazilian households decreased by 41% from 2009 to 2018. However, if technology remained unchanged, this drop would be only 4%. The baskets of Brazilian families, on average, became less intensive. In the opposite direction to technology, income growth in itself provides an increase in domestic emissions, mainly in the lower classes. CAEs demonstrate that higher incomes are related to higher domestic CO₂ emissions. However, as income grows, emissions increase less than proportionately. The results referring to the “dilemma” indicate that marginal redistribution of income causes little increase in average emissions. On the other hand, the fight against income inequality in a broad way does not impact emissions. Thus, this research demonstrated that the objectives of improving income distribution and reducing GHG emissions are not antagonistic.

Keywords: Domestic emissions. Income inequality. Climate changes

JEL: Q01; Q4; Q5

1. Introdução

Há na literatura econômica um debate segundo o qual a diminuição da desigualdade de renda e o aumento da renda da população mais pobre podem gerar degradação ambiental, mediante o comportamento do consumo e preferências econômicas individuais (Churchill et al., 2021). A degradação ambiental pode ser definida como qualquer perturbação indesejável no meio ambiente que cause ou acelere o esgotamento de recursos do solo, ar e água, bem como destruição de ecossistemas, extinção de espécies e poluição atmosférica (Johnson et al., 1997). O grau de degradação pode ser medido por diferentes indicadores, como por exemplo, o uso de recursos hídricos (*water footprint*), capacidade regenerativa da terra (*ecological footprints*) e emissões de GEEs (*carbon footprint*).

Nesta pesquisa o foco são as emissões de GEEs, partindo-se do pressuposto de que o rápido aumento da produção e do consumo resultam em maior *carbon footprint* (Uzar, 2020). Há evidências de que as emissões de GEEs se intensificam à medida que a renda per capita aumenta (Sager, 2019; Baudino, 2020). Também vem sendo demonstrado que a desigualdade de renda afeta o consumo de bens e serviços com diferentes níveis de intensidade de emissão (Liu et al., 2020).

Diante disso, a relação entre variações na renda e variação nas emissões de GEEs configura-se como importante questão de pesquisa. Dado que a pobreza e a concentração de renda, bem como a mudança climática, constituem-se como problemas globais de grande urgência, o interesse por essas questões se intensificou (Uzar, 2020). Alguns estudos indicaram que redução da desigualdade de renda influencia no combate às emissões de GEEs, gerando mais qualidade ambiental (Jorgenson, 2015; Uzar e Eyuboglu, 2019). Porém, outros demonstraram que a desigualdade de renda desempenha, em partes, papel substancial na prevenção da degradação ambiental (Golley e Meng, 2012; Wolde-Rufael e Idowu, 2017).

Essa ambiguidade na relação entre desigualdade de renda e qualidade ambiental foi evidenciada também por Grunewald et al. (2017). Esses autores identificaram que a associação entre desigualdade de renda e emissões depende dos níveis iniciais de renda. Assim, em países com níveis de renda mais baixos, a maior desigualdade reduz as emissões, enquanto naqueles com níveis de renda mais elevados o efeito é contrário (Grunewald et al., 2017). Logo, nos países pobres e em desenvolvimento, a concentração de renda pode estar associada a baixos níveis de emissão de GEEs, o que indica a existência de possível *trade-off* entre desigualdade de renda e degradação ambiental (Heerink et al., 2001; Grunewald et al., 2017). Essa discussão foi abordada inicialmente na literatura por Scruggs (1998) e, recentemente, por Sager (2019), que denominou o fenômeno de “dilema da equidade e poluição”.

A relação entre poluição doméstica e desigualdade de renda encontrada por Sager (2019) demonstra que a redistribuição progressiva da renda, ou seja, a redução marginal da desigualdade entre ricos e pobres poderia, em partes, intensificar as emissões domésticas de GEE (Sager, 2019). Isso porque o aumento das emissões resultante do consumo adicional da família pobre devido a um aumento marginal na renda é maior do que a redução do consumo da família rica. Outros estudos também demonstraram que as mudanças no padrão de consumo das famílias, causado pela desigualdade de renda, poderiam resultar em emissões mais intensivas em classes sociais mais baixas (Liu et al., 2020).

Assim, não somente a desigualdade de renda influenciaria nas emissões domésticas de GEE, mas também o crescimento da renda das famílias. A renda e os gastos dos indivíduos são os preditores mais fortes de GEE das famílias (Weber e Matthews, 2008; Sager, 2019). As despesas das famílias de baixa renda tendem a apresentar maior intensidade de emissões quando comparadas com as das famílias de renda elevada, o que implica que famílias de baixa renda poderia ser mais afetadas por políticas ambientais (Sager, 2019).

Essa relação entre variação da renda das famílias e emissões domésticas de GEEs pode ser evidenciada pela Curva Ambiental de Engel (CAE). As Curvas Ambientais de Engel (CAEs) mostram a relação entre os rendimentos das famílias e a quantidade de poluição incorporada nos bens e serviços que consomem e permitem avaliar mudanças nas preferências das famílias por bens de qualidade ambiental após variação na renda domiciliar, mantendo preços e tecnologias fixas (Levinson e O'Brien, 2019; Baudino, 2020). Nos últimos anos, algumas pesquisas se empenharam para investigar a relação entre emissões de origem das famílias e a renda domiciliar (Bimonte e Stabile, 2017; Levinson e O'Brien, 2019, Sager, 2019; Baudino, 2020). A maioria desses estudos concluíram que até certo nível de renda, a relação evidenciada pela CAE demonstra que níveis crescentes de renda aumentam a demanda por bens intensivos em GEE. Entretanto, a partir desse nível de renda, as famílias mais ricas tendem a demandar produtos com mais qualidade ambiental. Porém, outros estudos identificaram que esse comportamento nem sempre ocorre, e que as famílias mais ricas não necessariamente estão associadas a maior demanda por qualidade ambiental (Bimonte e Stabile, 2017; Baudino, 2020).

Embora as emissões de GEEs estejam correlacionadas com a renda, o resultado dessa relação pode gerar efeitos muito distintos, a depender do nível inicial da renda das famílias (Sager, 2019) e também do país. Assim, aumentos de renda em classes sociais mais baixas podem ou não gerar carga de poluição proporcionalmente maior do que o mesmo aumento em classes sociais mais altas. Esse comportamento de consumo familiar pode ser afetado por características pessoais e sociodemográficas (Baudino, 2020).

Diante do exposto, a questão de pesquisa a qual o presente trabalho respondeu é se no Brasil, a redução da desigualdade de renda poderia aumentar as emissões domésticas das famílias. Em outras palavras, o “dilema de equidade e poluição” é válido para as famílias brasileiras? Na literatura recente, referente ao Brasil, não há precedentes de avaliação detalhada de emissões de CO₂ relacionado ao consumo das famílias com a quantificação do *trade-off* existente entre desigualdade de renda e emissões doméstica e esta pesquisa pode contribuir para projetar políticas delineadoras e estratégias que visem o combate à pobreza, desigualdade de renda e, paralelamente, mitigação das mudanças climáticas. Além disso, os estudos anteriores não analisaram a possível existência do “dilema da equidade e poluição”, tampouco estimaram a Curva Ambiental de Engel. Logo, entender se essa relação de fato ocorreu para as emissões de GEEs originárias do consumo das famílias nos anos recentes poderá contribuir de maneira significativa com a literatura sobre desigualdade de renda e mudanças climáticas, uma vez que uma abordagem recente do possível dilema e da CAE em um país em desenvolvimento é desconhecida.

As análises envolvendo as questões inerentes às mudanças climáticas, como as emissões domésticas devem estar associadas a outras metas, como demonstrado pelos Objetivos do

Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. Assim, erradicar a pobreza e reduzir a desigualdade para alcançar o desenvolvimento sustentável são metas valiosas que merecem ser planejadas simultaneamente (Organização das Nações Unidas - ONU, 2019). O consumo das famílias, seja por meio direto e, ou, indireto, tem papel fundamental para as mudanças climáticas, pois o consumo familiar é responsável por mais da metade das emissões globais de GEE (Duarte et al., 2021). Além disso, o consumo das famílias é dependente da renda domiciliar. Logo, entender como a desigualdade de renda afeta os resultados ambientais, por meio do consumo doméstico, é útil para subsidiar políticas de renda e bem-estar mais assertivas, as quais tendem a ter resultados distintos entre os países e entre os níveis de renda de um país (Baudino, 2020).

2. Metodologia

2.1 Estimativa das emissões domésticas

Inicialmente, para estimar as emissões de CO₂ das famílias brasileiras, a metodologia proposta por Levinson e O'Brien (2019) e Sager (2019) foram seguidas com algumas adaptações. As emissões totais de CO₂ da família i , G_i corresponde:

$$G_i = \sum_l^L w_{i,l} * e_l \quad (1)$$

em que l se refere a cada bem/serviço consumido pela família i , w representa a despesa da família i gasta com o bem l e e_l representa a intensidade de emissão de CO₂ do bem l .

A despesa gasta pela família com cada bem e serviço ($w_{i,l}$) em reais foi proveniente dos dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (2009 e 2018)³. Para o cálculo de intensidade de emissão de cada bem de consumo (e_l), este foi dividido em duas partes, ou seja, emissões diretas e indiretas. As famílias geram poluição tanto diretamente, por consequência de suas atividades, como uso de energia elétrica dentro de casa e combustível para veículo, quanto indiretamente, por meio do consumo de produtos cuja produção é mais ou menos poluidora, como o consumo de alimentos e bebidas industrializadas (Levinson e O'Brien, 2019; Sager, 2019). Assim, as intensidades de emissão de origem direta (e_l^D) foram obtidas de acordo com a seguinte fórmula:

$$(e_l^D) = \frac{f_l^D * L}{w_l} \quad (2)$$

em que f_l^D corresponde ao fator de emissão de CO₂ para o tipo de bem l consumido diretamente e L a quantidade consumida do bem l e w_l a renda gasta com aquele bem. O bem de consumo considerado para análise de emissão direta neste estudo correspondeu ao consumo de energia elétrica dentro da residência. Os respectivos valores de fator de emissão de CO₂ para 2009 e 2018 foram provenientes do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

Já a intensidade de emissão indireta de CO₂ (e_l^I) foi obtida a partir da análise de insumo-produto por meio da seguinte fórmula:

$$e_l^I = d(I - A)^{-1} \quad (3)$$

em que d é o vetor de intensidade de emissão direta de CO₂ em cada setor produtivo da economia. A é a matriz de coeficientes técnicos, I uma matriz identidade e $(I - A)^{-1}$ a matriz inversa de Leontief.

Para encontrar d foram divididas as emissões totais de CO₂ de cada setor produtivo por sua respectiva produção na economia, ou seja:

$$d = \frac{Z_n}{X_n} \quad (4)$$

em que Z_n corresponde a emissão total do setor produtivo n disponível nas Contas Ambientais (WIOD) e X_n a produção total de cada setor produtivo n disponível na matriz insumo-produto do NEREUS .

2.2 Curva Ambiental de Engel (CAE)

² Os l bens aqui considerados foram agrupados em 15 grandes setores especificado na tabela 2.

³ Foram considerados os anos 2009 e 2018 para a pesquisa devido à disponibilidade dos dados mais recentes de consumo familiar (IBGE, 2018).

De acordo Levinson e O'Brien (2019), nenhuma teoria dita a forma funcional da relação renda-polução, ou seja, das curvas ambientais de Engel (CAEs). Dessa forma, o primeiro passo natural é examinar a forma e a estrutura das CAEs com o mínimo de restrições possível. Logo, segundo Heerink et al. (2001), Brännlund e Ghalwash, 2008, Levinson e O'Brien (2019) e Sager (2019), assumiu-se que as emissões são uma função linear do consumo e podem ser definidas como:

$$G_i = R_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

em que G_i corresponde às emissões totais de gases poluentes atribuídas à família i em função da renda familiar R e de uma constante específica da família, ε_i .

Com base na proposição metodológica de Levinson e O'Brien (2019), inicialmente foram estimadas, dentre as inúmeras especificações de funções (polinomiais cúbicas, logarítmicas etc.), duas versões quadráticas (2009 e 2018), para assim verificar se a ligação entre desigualdade de renda e emissão doméstica assume comportamento côncavo ou convexo, como relatados por Hübler (2017) para países pobres e em desenvolvimento. As famílias possuem diferentes comportamentos com relação ao consumo, o que leva a diferentes níveis de intensidades de emissão. De acordo com Brännlund e Ghalwash (2008), as características do agregado familiar, como exemplo, idade e região, podem modificar as cestas de bens, tornando-as mais intensivas em poluentes (Brännlund e Ghalwash, 2008; Carvalho et al., 2020). A localização do domicílio, por outro lado, pode exigir demanda por bens menos intensivos, como por exemplo, famílias rurais que demandam menos combustíveis e energia (Brännlund e Ghalwash 2008; Abreu et al., 2021). Famílias em regiões com maior exposição aos efeitos do aquecimento climático podem demandar mais bens intensivos em emissão e uso de mais energia elétrica (Abreu et al., 2021). O nível educacional do responsável familiar pode estar relacionado com hábitos mais conscientes, tornando a relação entre renda e emissão negativa (Sager, 2019). Então, essas e outras características relacionadas ao consumo e às famílias, como educação, tamanho da família, idade do responsável, localização regional e urbana foram adicionadas, tornando essa relação condicional. Com isso, as CAEs passaram a ser representadas pelo seguinte modelo, conforme proposição de Levinson e O'Brien (2019):

$$G_i = \beta_1 R_i + \beta_2 R_i^2 + X_i' \delta + \varepsilon_i \quad (6)$$

em que G_i é a emissão total gerada pela família i , R a renda, e X_i o vetor representando as demais covariáveis.

Seguindo Levinson e O'Brien (2019), duas versões de CAEs foram estimadas para cada ano separadamente, uma baseada apenas na renda (não paramétrica e paramétrica) e outra controlando com as demais características relacionadas a cada família brasileira (paramétrica). A estimação das CAEs em anos distintos e com controles de variáveis é importante para a análise do comportamento das curvas. Assim, movimentos ao longo das CAEs representam mudanças nas preferências das famílias à medida que a renda aumenta, mantendo preços e tecnologias fixas. E mudanças na posição das CAEs correspondem a alterações em outras características, como comportamento de consumo, tecnologia e diversificação de cestas (Levinson e O'Brien, 2019).

De acordo com Brännlund e Ghalwash, (2008), para as estimativas paramétricas, o primeiro passo foi estimar cada equação separadamente por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Com relação às possíveis questões de identificação, muito comuns em estimativas tradicionais de curvas de Engel, as estimativas das CAEs não envolvem essas questões, visto que a renda é totalmente exógena das relações entre conteúdo de poluição do consumo doméstico. As famílias não escolhem suas rendas ou trabalho pensando nas emissões geradas indiretamente com os bens e serviços que desejam consumir (Levinson e O'Brien, 2019). Porém, é importante ressaltar que a abordagem empírica aqui realizada não pressupõe relações causais, e sim associações lineares parciais (Sager, 2019).

2.2.1 Decomposição de Oaxaca-Blinder

Dado que as emissões de origem do consumo das famílias são devidas à renda, características sociodemográficas, tecnologia e outras variáveis presentes em uma economia, estas podem influenciar tanto em movimentos ao longo da CAE quanto mudanças de sua posição. Nesse sentido, a fim de separar essas variáveis enquanto as demais são mantidas constantes, a decomposição de Oaxaca-Blinder, sugerida por Levinson e O'Brien (2019) e Sager (2019), fornece um importante mecanismo de análises para estes movimentos. A princípio, a decomposição de Oaxaca-Blinder foi introduzida na pesquisa para explicar o diferencial de salários entre dois grupos⁴ (Sager, 2019), no entanto, para o caso de emissões domésticas, define-se o nível médio da poluição em um determinado ano com base nos resultados das regressões da equação 6. Assim:

$$\bar{G}_t = \alpha_t \bar{R}_t + \beta_t \bar{R}_t^2 + \bar{X}_t \delta_t \quad (7)$$

em que \bar{G}_t é a poluição média das famílias no ano t , \bar{R}_t e \bar{R}_t^2 são a renda média e a renda média ao quadrado, \bar{X}_t é a média de outras covariáveis. Assim, a mudança média entre 2018 e 2009 pode então ser escrita como:

$$\bar{G}_{18} - \bar{G}_{09} = \alpha_{18} \bar{R}_{18} + \beta_{18} \bar{R}_{18}^2 + \bar{X}_{18} \delta_{18} - \alpha_{09} \bar{R}_{09} - \beta_{09} \bar{R}_{09}^2 - \bar{X}_{09} \delta_{09} \quad (8)$$

Para resolver, adiciona-se e subtrai-se $\alpha_{09} \bar{R}_{18} + \beta_{09} \bar{R}_{18}^2 + \bar{X}_{18} \delta_{09}$. Agrupando os termos, tem-se:

$$\begin{aligned} \bar{G}_{18} - \bar{G}_{09} &= \alpha_{09} (\bar{R}_{18} - \bar{R}_{09}) + \beta_{09} (\bar{R}_{18}^2 - \bar{R}_{09}^2) \\ &+ (\alpha_{18} - \alpha_{09}) \bar{R}_{18} + (\beta_{18} - \beta_{09}) \bar{R}_{18}^2 \\ &+ \bar{X}_{18} (\delta_{18} - \delta_{09}) + (\bar{X}_{18} - \bar{X}_{09}) \delta_{09} \end{aligned} \quad (9)$$

Os dois primeiros termos demonstram o efeito da mudança da renda na poluição doméstica, mantendo constante os coeficientes da regressão MQO de 2009. Isso captura um movimento ao longo da CAE de 2009. Os dois termos subsequentes capturam o efeito da mudança dos coeficientes sobre a renda e a renda ao quadrado, capturando uma mudança na posição da CAE (deslocamento). Já os dois últimos capturam as mudanças em todas as demais covariáveis e seus coeficientes.

2.2.2 Decomposição da desigualdade das emissões de CO₂ doméstico

Com o objetivo de avaliar a contribuição da renda e das demais variáveis na dispersão das emissões domésticas de CO₂, esta pesquisa realizou a decomposição da desigualdade de CO₂ por meio da abordagem de Fields (2003). Os métodos de decomposição da desigualdade permitem quantificar qual parte da desigualdade total é atribuível a diferentes componentes. Seguindo os passos descritos por Sager (2019), supôs-se que as emissões domésticas de CO₂ da família i no ano t , G_{it} , são lineares em k variáveis, assim:

$$G_i^t = \beta_0^t + \beta_1^t X_{1i}^t + \dots + \beta_k^t X_{ki}^t + \varepsilon_i^t \quad (10)$$

Excluindo os subscritos dos anos, a variância das emissões domésticas, $\sigma^2(G)$, é:

$$\sigma^2(G) = \sum_{j=1}^k cov[\beta_k X_k, G] \quad (11)$$

Em seguida, o peso relativo da desigualdade do fator da covariável k , $s_k(G)$, como:

$$s_k(G) = \frac{[\beta_k X_k, G]}{\sigma^2(G)} \quad (12)$$

Essa variável fornece a variação da contribuição da variância da covariável k , na variância das emissões domésticas. Nesse sentido, sob uma série de suposições demonstradas por Shorrocks (1982), essa decomposição pode ser válida para qualquer medida de desigualdade que esteja dentro das suposições específicas (Sager, 2019).

2.3 Dilema de “equidade e poluição” de Sager (2019)

Considerando que a renda das famílias é um importante propulsor de emissão de GEE (via consumo), a pesquisa buscou analisar quais as possíveis consequências da redistribuição de renda às famílias brasileiras para o comportamento de emissão de consumo. Com isso,

⁴ Ver Oaxaca (1973) e Blinder (1973). BLINDER, A. Wage discrimination: Reduced form and structural estimates. *Journal of Human Resources*, v.8(4), p.436–455, 1973.

OAXACA, R. Male-female wage differentials in urban labor markets. *International Economic Review*, v.14(3), p.693–709, 1973.

partindo do modelo inicial da CAE proposto Levinson e O'Brien (2019), o dilema de equidade poluição proposto por Sager (2019) foi quantificado a partir das estimativas das CAEs quadráticas. Assim, uma transferência marginal da família j para a família i altera as emissões de CO₂ eq. com base no consumo (Sager, 2019). Logo, partindo da equação (11) tem-se:

$$G_i = \beta_1 R_i + \beta_2 R_i^2 + X'_i \delta + \varepsilon_i$$

$$\frac{\partial G_i}{\partial R_i} - \frac{\partial G_j}{\partial R_j} = (\beta_1 + 2\beta_2 R_i) - (\beta_1 + 2\beta_2 R_j)$$

$$\frac{\partial G_i}{\partial R_i} - \frac{\partial G_j}{\partial R_j} = -2\beta_2 (R_j - R_i)$$

$$E_{ij} \left(\frac{\partial G_i}{\partial R_i} - \frac{\partial G_j}{\partial R_j} \mid R_j > R_i \right) = -2\hat{\beta}_2 E_{ij} (R_j - R_i \mid R_j > R_i) = -2\hat{\beta}_2 \Psi \quad (13)$$

em que $\Psi = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |R_i - R_j| \forall i \neq j$

Isso implica que, segundo Sager (2019), a mudança esperada nas emissões totais ao escolher aleatoriamente duas famílias da população e redistribuir uma pequena quantidade da renda dos mais ricos para os mais pobres, “*é uma função da curvatura das CAE e da diferença média de Gini* (Ψ)” (Sager, 2019), dada pela equação 13. Logo, quanto mais dispersa for a distribuição de renda e mais côncava as CAEs, maior será o dilema de equidade e poluição (Sager, 2019).

Para uma redistribuição completa, ou seja, caso todas as famílias tivessem a mesma renda média, o dilema de equidade e poluição proposto por Sager (2019) pode ser estimado como:

$$\hat{\beta}_2 \cdot \left[\bar{R}^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_i)^2 \right] \quad (14)$$

O dilema foi quantificado como sendo a diferença entre “*a média esperada de poluição doméstica sob “igualdade total” e o nível médio atual em uma determinada distribuição de renda*” (Sager, 2019). Assim, a magnitude da relação entre menor desigualdade e emissão de GEEs foi compreendida para as famílias brasileiras.

3. Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados da pesquisa: inicialmente, os valores médios das principais variáveis do estudo e as intensidades de emissão de CO₂ dos setores de consumo; em seguida, o comportamento das CAEs e o dilema de equidade e poluição. Os resultados se referem aos anos 2009 e 2018, ou seja, as duas últimas POFs realizadas no Brasil até o momento.

3.1 Emissões de CO₂ das famílias brasileiras e intensidades de emissão dos setores de consumo

A Tabela 1 apresenta os resultados médios das principais variáveis consideradas neste estudo para os dois anos da amostra, bem como a diferença entre os dois períodos.

Tabela 1 – Valores médios para variáveis selecionadas

| Variáveis | 2009 | 2018 | Diferença | Diferença % |
|---|----------|----------|-----------|-------------|
| Emissão média por família (kg) (tecnologia variável) ⁵ | 2.883,43 | 1.701,79 | -1.181,64 | -40,98 |
| Emissão média por família (kg) (tecnologia constante de 2009) | 2.883,43 | 2.765,10 | -118,33 | -4,10 |
| Renda bruta média (Mil R\$ de 2018) | 32,63 | 39,21 | 6,58 | 20,17 |
| Renda Líquida Média ⁶ (Mil R\$ de 2018) | 30,34 | 36,49 | 6,15 | 20,27 |
| Renda Líquida Média ao quadrado | 2.116,23 | 2.783,00 | 666,77 | 31,51 |
| Despesa Média (Mil R\$ de 2018) | 32,23 | 33,16 | 0,93 | 2,89 |
| Tamanho da família | 3,4 | 3,17 | -0,23 | -6,76 |

⁵ Tecnologia variável refere-se às estimativas que combinam as despesas em um determinado ano com as intensidades de emissão calculadas para o mesmo ano. Tecnologia constante de 2009 refere-se à combinação das despesas de cada ano com as intensidades de emissão de 2009.

⁶ A renda líquida se refere aos rendimentos brutos familiares descontados os impostos e outras deduções.

| | | | | |
|--|----------|----------|--------|--------|
| Tamanho da família ao quadrado | 14,51 | 12,7 | -1,81 | -12,47 |
| Idade média da pessoa de referência | 47,21 | 49,62 | 2,41 | 5,10 |
| Idade ao quadrado | 2.479,16 | 2.708,79 | 229,63 | 9,26 |
| Nível de educação da pessoa de referência (parcela da população) | | | | |
| Sem instrução | 0.121 | 0.089 | -0.031 | -26,45 |
| Fundamental Incompleto | 0.477 | 0.395 | -0.081 | -17,19 |
| Fundamental Completo | 0.079 | 0.083 | 0.004 | 5,06 |
| Médio Incompleto | 0.049 | 0.051 | 0.002 | 4,08 |
| Médio Completo | 0.177 | 0.231 | 0.054 | 30,51 |
| Superior Incompleto | 0.027 | 0.031 | 0.004 | 14,81 |
| Superior Completo | 0.070 | 0.118 | 0.048 | 68,57 |
| Região (Parcela da população) | | | | |
| Norte | 0.136 | 0.146 | 0.010 | 7,35 |
| Nordeste | 0.345 | 0.334 | -0.010 | -3,19 |
| Sul | 0.120 | 0.146 | 0.026 | 21,67 |
| Sudeste | 0.251 | 0.253 | 0.002 | 0,80 |
| Centro-Oeste | 0.148 | 0.121 | -0.028 | -18,24 |
| Urbano | 0.768 | 0.778 | 0.010 | 1,30 |

Fonte: Elaboração própria, com base nas POFs (2009/2018)

Para esta pesquisa, a amostra final para os anos 2009 e 2018, respectivamente, foi representada por 55.343 e 63.877 domicílios. A emissão média por família brasileira em 2009 foi de 2,8 toneladas e em 2018 o equivalente a 1,7 toneladas. Por outro lado, considerando a intensidade de emissão constante, em 2018 as emissões teriam sido estimadas em 2,7 toneladas por família brasileira.

Em se tratando especificamente das emissões por setor de consumo, a tabela 2 abaixo, abaixo apresenta os resultados das intensidades de emissão indireta e direta e as emissões totais de origem dos 15 setores nos anos 2009 e 2018.

Tabela 2 – Intensidade indireta, direta e Emissões totais por setor de consumo

| Setores | 2009 | | 2018 | |
|-------------------------------|--|---|--|---|
| | Intensidade de Emissão de CO ₂ Indireta (kg CO ₂ /R\$) | Emissões totais de CO ₂ (Mil ton. de CO ₂) | Intensidade de Emissão de CO ₂ Indireta (kg CO ₂ /R\$) | Emissões totais de CO ₂ (Mil ton. de CO ₂) |
| Alimentos | 0,112 | 41,30 | 0,062 | 24,00 |
| Roupas e Sapatos | 0,068 | 7,98 | 0,042 | 4,37 |
| Bens duráveis | 0,126 | 19,20 | 0,076 | 4,09 |
| Artigos de uso doméstico | 0,147 | 11,40 | 0,106 | 12,70 |
| Operação doméstica | 0,044 | 10,40 | 0,025 | 6,25 |
| Energia | 0,202 | 0,05 | 0,086 | 0,08 |
| Produtos diversos | 0,090 | 0,70 | 0,047 | 0,31 |
| Abastecimento | | | | |
| Eletricidade gás e água | 0,152 | 15,80 | 0,082 | 12,00 |
| Serviços de transporte | 0,195 | 31,70 | 0,126 | 24,00 |
| Lazer | 0,090 | 6,18 | 0,038 | 2,17 |
| Serviços prestados a empresas | 0,046 | 0,37 | 0,035 | 0,01 |
| Aluguel e habitação | 0,008 | 1,04 | 0,004 | 0,74 |
| Educação e bem-estar | 0,035 | 1,75 | 0,016 | 1,59 |
| Serviços Médicos | 0,048 | 5,70 | 0,018 | 3,10 |
| Serviços Pessoais | 0,033 | 3,96 | 0,016 | 4,40 |
| | Intensidade Direta de Emissão Média (Kg CO ₂ /R\$) | Emissão direta total de CO ₂ (Mil ton. CO ₂) | Intensidade Direta de Emissão Média (Kg CO ₂ /R\$) | Emissão direta total de CO ₂ (Mil ton. CO ₂) |
| Energia Elétrica | 0,193 | 2,01 | 0,119 | 8,83 |

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se na tabela 2 que os maiores valores de intensidade de emissão indireta para o ano de 2009 foram encontrados nos setores de Energia (0,202) e Serviços de transporte (0,195). Por outro lado, para o ano de 2018, os maiores valores se referiram aos setores Serviços de

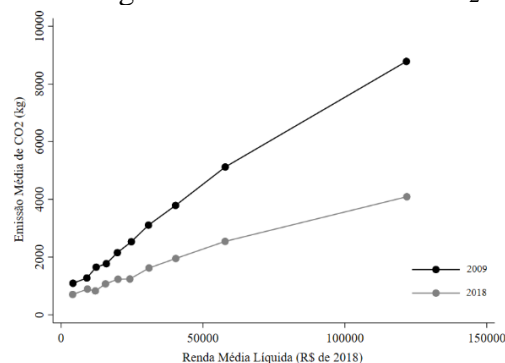
transporte (0,126) e Artigos de uso doméstico (0,106). Em ambos os anos, os setores de menor intensidade indireta foram Aluguel e habitação, Serviços Pessoais e Educação e bem-estar. A intensidade de emissão direta do setor de Energia Elétrica foi de 0,193 em 2009 e 0,119 em 2018, ou seja, houve uma queda de 38% entre os dois períodos. Quanto as emissões por setor, observa-se para os dois anos da amostra que o setor de Alimentos apresenta o maior volume de emissões, totalizando 41,3 mil toneladas em 2009 e 24 mil toneladas em 2018.

3.2 Curva Ambiental de Engel (CAE)

3.2.1 Curva Ambiental de Engel (CAE) não paramétrica

A Figura 1 apresenta as estimativas não paramétricas das CAEs em 2009 e 2018. As CAEs representam a relação entre a renda média líquida e a emissão média de carbono doméstico em diferentes decis de renda.

Figura 1 – Curvas Ambientais de Engel Não Paramétricas – CO₂ doméstico

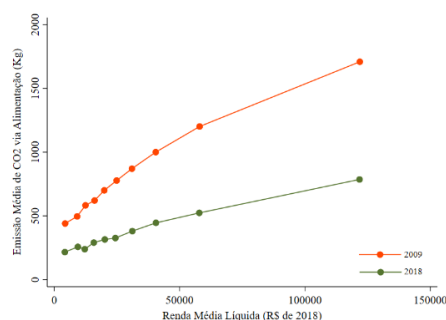


Fonte: Elaboração própria com base em Sager (2019). Nota: Renda média líquida das famílias (em R\$ de janeiro/2018) e emissão média estimada de CO₂ do consumo, separadamente por ano e decis de renda.

Observa-se que as CAEs demonstram que rendas superiores estão relacionadas com maiores emissões domiciliares de CO₂. As emissões médias do decil superior em 2009 (8,7t) eram cerca de oito vezes maiores do que as do decil inferior (1,09t). Para o ano de 2018, as emissões médias das famílias com renda mais elevada foram quase seis vezes maiores do que as emissões do consumo das famílias de renda mais baixa. O resultado da regressão não paramétrica revela também que as CAEs possuem comportamento côncavo para os dois anos da amostra, ou seja, a intensidade de emissão de CO₂ (CO₂/R\$) está diminuindo. A concavidade também revela que o CO₂ oriundo do consumo doméstico pode ser considerado como um bem normal, que se comporta como uma necessidade. Assim, à medida que a renda cresce, as emissões aumentam menos que proporcionalmente. Além disso, as emissões médias das famílias do decil superior em 2018 são 53% menores em relação ao mesmo grupo familiar do ano de 2009. Isso demonstra que a emissão média doméstica de CO₂ diminuiu entre 2009 e 2018.

Dado que o setor de Alimentos apresenta a maior participação nas emissões totais nos dois períodos considerados, a Figura 2 apresenta a Curva Ambiental de Engel específica do grupo de Alimentos.

Figura 2 – Curvas Ambientais de Engel Não Paramétricas – CO₂ doméstico do Consumo de Alimentos



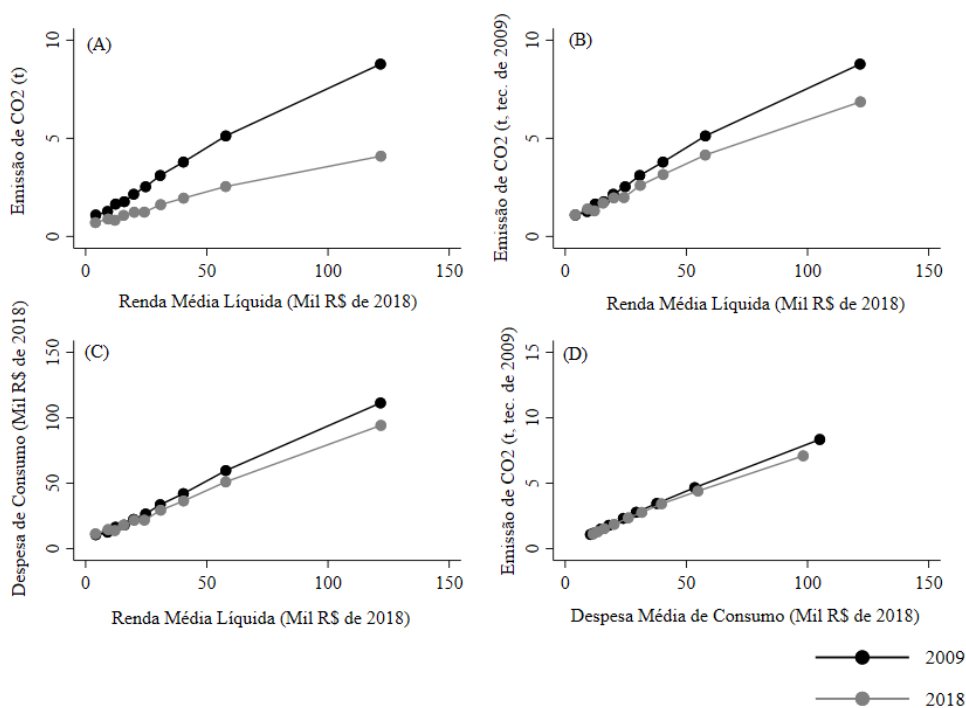
Fonte: Elaboração própria com base em Sager (2019). Nota: Renda média líquida das famílias (em R\$ de janeiro/2018) e emissão média estimada de CO₂ do consumo de alimentos, separadamente por ano e decis de renda.

Observa-se que o comportamento relacionado às emissões de origem do setor de Alimentos se aproxima do comportamento das emissões do consumo total das famílias brasileiras. Famílias mais ricas estão relacionadas a mais emissões de origem alimentar, o último decil de 2009 emitiu cerca de 4 vezes mais em relação ao primeiro decil. No entanto, a relação entre a renda e emissão apresenta comportamento côncavo para os dois anos da amostra. O que é justificado pelo fato de os alimentos serem considerados bens normais (necessários). Vale também destacar que as emissões médias relacionadas ao consumo de alimentos caíram cerca de 51% entre 2009 e 2018 (0,80t para 0,39t).

3.2.2 Deslocamento das CAEs

Entre os dois anos da amostra, possíveis efeitos podem contribuir com o deslocamento da CAE. Entre eles destacam-se o efeito da tecnologia, quando as intensidades de emissão (CO₂/R\$) oriundas da produção se alteram; o efeito economia, quando as famílias gastam menos/mais por cada R\$1 de renda; e o efeito de composição, quando as famílias diversificam suas cestas com bens menos/mais intensivos em carbono (Figura 3).

Figura 3 – Efeitos tecnologia, economia e composição



Fonte: Elaboração própria, com base em Sager (2019). Nota: A Figura 3 mostra o relacionamento da renda média líquida e as emissões médias por decil de renda considerando tecnologia variável (A); a relação entre renda média líquida e emissões média com tecnologia constante de 2009 (B); relação entre renda média líquida e despesas médias de consumo (C); e, a relação entre as despesas médias de consumo e as emissões médias a tecnologia constante de 2009 (D). Valores reais de janeiro de 2018.

Se a intensidade de emissão dos bens de consumo para o ano de 2018 fosse igual à do ano de 2009, as estimativas de emissões domésticas média por família seriam 62% maiores. Em outras palavras, em 2018 - com a tecnologia variável - foram emitidas cerca de 1,70t por família brasileira, porém, considerando a tecnologia constante nos valores de 2009, esse valor seria de 2,77t. No entanto, considerando as intensidades de emissão correspondentes a cada ano (tecnologia variável), as emissões domésticas médias diminuíram cerca de 41% (de 2,88t em 2009 para 1,70t em 2018) (Figura 3A).

Assim, se a tecnologia não tivesse mudado, ou seja, se as intensidades de emissão fossem constantes a 2009, a CAE de 2018 teria se deslocado para cima (Figura 3B)⁷. Nesse sentido, esse deslocamento poderia ser explicado, em parte, pelos efeitos da economia do consumo e da composição das cestas, além da variação na renda.

A Figura 3C mostra que as despesas de consumo das famílias por decil de renda entre os dois períodos aumentaram apenas no 1º e no 2º decil e diminuíram a partir do 3º. Em média, a parcela de gastos com despesas de consumo em relação a renda diminuiu cerca de 14% entre 2009 e 2018, ou seja, as famílias gastaram parcela menor de sua renda em 2018. No entanto, vale destacar que as famílias mais pobres tiveram mais gastos com consumo, devido a diversificação de cestas, em que houve diminuição na despesa com consumo dos setores de Alimentação, por exemplo, e aumento nas despesas de Abastecimento de Eletricidade, gás e água, Artigos de uso doméstico e Serviços Pessoais. Além disso, a Figura 3D mostra que as emissões por decil aumentaram para tecnologia constante até o segundo decil, demonstrando que a partir daí as cestas das famílias se tornaram menos intensivas em carbono. No entanto, em média, não houve um efeito de composição tão significativo quando se considera a tecnologia constante. A cada R\$1 gasto em 2009 com consumo há 0,089 kg de CO₂ adicional. E para tecnologia constante, em 2018, esse valor seria de 0,083kg/R\$. Isso quer dizer que, em média, a cesta de bens das famílias ficou menos intensiva quando se considera tecnologia constante de 2009, porém com baixas alterações. No entanto, considerando a tecnologia variável, a cada R\$1 gasto com consumo, há 0,05 kg de CO₂ adicional em 2018, indicando que as famílias brasileiras consumiram uma cesta de bens menos intensivos em carbono em 2018 do que em 2009. Assim, em geral, as CAEs se deslocaram para baixo pois houve melhorias nas intensidades de emissão (tecnologia) combinadas com efeitos de economia e composição. No entanto, a melhoria tecnológica sobressaiu-se em relação aos demais efeitos.

3.2.3 Curvas Ambientais de Engel (CAEs) paramétricas

Com objetivo de analisar os movimentos ao longo das CAEs devido à renda, a Tabela 3 apresenta os resultados da regressão paramétrica, referentes às estimações das equações 5 e 6 para os anos 2009 e 2018 separadamente. Vale ressaltar que as curvas padrão de Engel podem variar de acordo com as características do consumidor. Assim, no contexto da CAE, essas características podem influenciar nos movimentos das mesmas. As famílias possuem diferentes tamanhos, membros com diferentes idades e residem em locais muito distintos. Nesse sentido, a análise de decomposição na Tabela 3 possui como objetivo separar a contribuição da renda nas emissões domésticas, mantendo demais características constantes, explicando apenas associações lineares parciais.

Tabela 3– Estimação paramétrica da Curva Ambiental de Engel, 2009 e 2018

| | 2009 | | 2018 | |
|-------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| | (1) MQO | (2) MQO | (3) MQO | (4) MQO |
| Renda líquida (Mil R\$) | 81,291*** (1,442) | 67,423*** (1,615) | 38,655*** (0,502) | 31,242*** (0,544) |
| Renda ao quadrado | -0,097*** (0,010) | -0,058*** (0,010) | -0,062*** (0,003) | -0,041*** (0,003) |
| Tamanho da família | | 343,200*** (17,332) | | 212,703*** (8,894) |
| Tamanho ao quadrado | | -23,691*** (1,796) | | -10,222*** (1,063) |
| Idade | | 39,165*** (3,052) | | 17,626*** (1,453) |

⁷ As emissões totais em 2009 foram de 159.578,12 toneladas e em 2018, com tecnologia constante de 2009, seriam de 176.626,04 t, ou seja, haveria aumento. No entanto, na média, os valores com a tecnologia constante de 2009, foram, respectivamente, para 2009 e 2018 de 2,88 t por família e 2,76 t por família, ou seja, houve uma queda.

| | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Idade ao quadrado | | -0,408*** (0,029) | | -0,182*** (0,013) |
| Sem instrução | | -1.489,099*** (89,130) | | -754,161*** (25,218) |
| Fundamental Incompleto | | -1.332,087*** (87,812) | | -637,731*** (23,041) |
| Fundamental Completo | | -1.191,904*** (90,184) | | -512,610*** (25,807) |
| Médio Incompleto | | -974,845*** (91,913) | | -515,293*** (27,442) |
| Médio Completo | | -886,205*** (86,968) | | -352,335*** (23,491) |
| Superior Incompleto | | -333,154*** (124,459) | | -162,383*** (37,559) |
| Superior Completo | | - | | - |
| Norte | | 219,361*** (36,650) | | -164,423*** (18,573) |
| Nordeste | | -17,715 (31,355) | | -171,340*** (16,457) |
| Sul | | 584,872*** (48,664) | | -39,559** (19,796) |
| Sudeste | | 210,360*** (36,639) | | -168,708*** (17,514) |
| Centro – Oeste | | - | | - |
| Urbano | | 124,219*** (20,828) | | 117,736*** (10,573) |
| Constante | 621,484*** (22,993) | 180,274 (112,476) | 462,721*** (9,645) | 264,194*** (45,611) |
| Observações | 55.343 | 55.343 | 63.877 | 63.877 |
| R ² | 0,46 | 0,48 | 0,46 | 0,50 |

Fonte: Elaboração própria com base em Levinson e O'Brien (2019) e Sager (2019). Notas: Erros padrão entre parênteses. *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Os valores estimados dos coeficientes $\widehat{\beta}_1 > 0$, da variável renda líquida, indicam que as CAEs são inclinadas para cima e $\widehat{\beta}_2 < 0$, da variável renda líquida ao quadrado, que são côncavas. Logo, a elasticidade renda para o CO₂ doméstico tende a ser menor que 1, indicando que a poluição familiar é um bem normal, que se comporta como uma necessidade. As estimativas para a variável “Renda” foram significativas em todos os modelos e nos dois anos da amostra. Todas as demais covariáveis foram significativas, com exceção de “Nordeste” em 2009. As estimativas das colunas 2 e 4 sugerem que embora as outras características pareçam estar associadas com as emissões de CO₂ doméstico, as CAEs continuam sendo côncavas após os controles. No entanto, o uso dessas características reduz a magnitude dos coeficientes. Posterior à renda, as variáveis “tamanho da família”, “idade do responsável” e “localização urbana” relacionam-se positivamente com as emissões domésticas nos dois anos considerados. As demais variáveis possuem relação negativa. Além disso, o ponto máximo da renda, onde a partir daí as emissões diminuem ocorre onde a renda é igual a 419,02 (Mil R\$) em 2009 e 311,73 (Mil R\$) para 2018.

3.2.4 Movimento ao longo das CAEs

Como visto na seção 3.2.2, o efeito tecnologia dominou a mudança de posição da CAE entre 2009 e 2018, deslocando-a para baixo. No entanto, não foi possível captar quanto desse movimento é atribuído à dinâmica da renda, ou seja, quanto das mudanças das emissões entre 2009 e 2018 são devidas, à variação nos níveis de renda média, bem como em outras características demográficas das famílias. Assim, por meio da decomposição de Oaxaca-Blinder foi possível separar a dinâmica dos movimentos da CAE mantendo outras mudanças demográficas constantes.

A Tabela 4 apresenta os resultados da decomposição de Oaxaca-Blinder. Cada entrada é calculada multiplicando a diferença média entre os valores das variáveis consideradas (coluna 3 da Tabela 1) pelos coeficientes da regressão 2 (Tabela 3, coluna 2) e representa a mudança na poluição prevista pela mudança na variável específica, mantendo todas as outras constantes, incluindo a tecnologia⁸. Na parte inferior da Tabela 4 foram agrupados os efeitos relativos à renda (mudança na CAE) e os relativos à mudança demográfica. A diferença inexplicável é atribuída à mudança da CAE (incluindo efeitos de economia e composição).

Tabela 4 – Movimento ao longo das CAEs paramétricas

| Variável Dependente: | |
|---|-----------------|
| Emissão de CO ₂ por família (kg) | CO ₂ |
| Renda Líquida Média (Mil R\$ de 2018) | 414,65 |
| Renda Líquida ao quadrado | -38,56 |
| Tamanho da Família | -78,94 |
| Tamanho da Família ao quadrado | 42,88 |
| Idade | 94,39 |
| Idade ao quadrado | -93,71 |
| Dummies Educação | 98,23 |
| Dummies Regionais | 19,31 |
| Mudança total devido a renda (movimento ao longo da CAE) | 376,09 |
| Mudança total devido a outras variáveis demográficas | 82,18 |
| Diferença inexplicável (mudança da CAE) | -576,60 |

Fonte: Elaboração própria com base em Levinson e O'Brien (2019) e Sager (2019). Nota: A mudança total é calculada pela soma das variações individuais. Os valores para educação e região são os efeitos combinados para cada categoria.

As emissões de CO₂ incorporadas no consumo médio das famílias (a tecnologia constante de 2009) diminuíram apenas 118,33 kg entre 2009 e 2018 (Tabela 1). Mudanças na renda média líquida e renda ao quadrado levaram a um aumento hipotético de 376,09 kg. Ao mesmo tempo, a mudança demográfica teria levado a um aumento adicional de 82,18 kg. A diferença restante, -576,60, é atribuível a deslocamento da CAE, o que engloba os efeitos economia e composição, visto que a tecnologia é constante. Logo, os efeitos de escala resultaram num aumento de emissões, bem como as variações demográficas. No entanto, os efeitos de economia e composição foram muito maiores negativamente.

3.2.5 Decomposição da desigualdade das emissões de CO₂ doméstico

Os resultados anteriores sugerem, considerando a tecnologia constante, que as mudanças do posicionamento da curva foram muito mais significativas do que as mudanças ao longo da curva. Isso quer dizer que os efeitos de economia do consumo e composição foram muito mais significativos para a queda das emissões domésticas do que a variação na renda. No entanto, a mudança da renda por si só seria responsável pelo aumento das emissões (Ver Tabela 4). Assim, mesmo que os demais efeitos tenham se sobressaído, diminuindo as emissões, a renda das famílias brasileiras e suas características, ainda sim, são considerados importantes determinantes das emissões domésticas, visto que influenciam positivamente no consumo e, conseqüentemente, na geração de emissões.

Nesse sentido, dado que a renda é um importante mecanismo gerador de emissões, a decomposição abaixo (Tabela 5), permite identificar a contribuição da renda e das demais variáveis na desigualdade de emissões domésticas por meio da abordagem de Fields (1982). A Tabela 5 mostra os resultados das estimativas para os anos 2009 e 2018.

Tabela 5 – Decomposição da desigualdade de emissão doméstica

| | 2009 | | 2018 | |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| Renda líquida (Mil R\$) | 0,6584 | 0,5463 | 0,5821 | 0,4705 |
| Renda ao quadrado | -0,1261 | -0,0755 | -0,1533 | -0,1027 |
| Tamanho da família | | 0,0209 | | 0,0406 |

⁸ A decomposição leva em consideração a tecnologia constante de 2009.

| | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Tamanho ao quadrado | | -0,0082 | | -0,0135 |
| Idade | | 0,0016 | | -0,0042 |
| Idade ao quadrado | | 0,0036 | | 0,0081 |
| Educação (soma) | | 0,0561 | | 0,0556 |
| Região (soma) | | 0,0117 | | 0,0089 |
| Residual | 0,6183 | 0,5943 | 0,4886 | 0,4542 |
| Observações | 55.343 | 55.343 | 63.877 | 63.877 |
| Contribuição total da renda | 46% | 41% | 47% | 40% |
| Contribuição total das variáveis demográficas | - | 7% | - | 10% |
| Outras variáveis (residual) | 54% | 52% | 53% | 50% |

Fonte: Elaboração própria com base em Sager (2019). Nota: A decomposição da desigualdade foi baseada nas estimativas dos coeficientes de modelos de regressão linear (Tabela 3). Os cálculos foram feitos usando Stata INEQRBD por Fiorio e Jenkins (2007).

Os resultados mostram que a renda é a principal variável que contribui para a desigualdade de carbono das famílias brasileiras nos dois anos. A renda representou cerca de 41%-46% da dispersão das emissões de CO₂ (Colunas 2 e 1) em 2009 e 40%-47% em 2018. Considerando as demais covariáveis, posterior à renda, o nível educacional influenciou em 5% e 6% em 2009 e 2018, respectivamente. A parcela “Outras variáveis (residual)” sugere que existem outras variáveis que influenciam significativamente na dispersão de CO₂ que não são contabilizadas pela renda e demais covariáveis (52% em 2009 e 50% em 2018).

3.3 Dilema “Equidade-Poluição”

O resultado obtido na regressão paramétrica mostra que as CAEs são inclinadas para cima e côncavas, sendo que essa concavidade sugere a existência do dilema de equidade e poluição no Brasil. Assim, a redistribuição progressiva da renda pode aumentar as emissões agregadas do consumo. A Tabela 6 apresenta a quantificação do dilema para os anos 2009 e 2018.

Tabela 6 – Dilema Equidade-Poluição

| | 2009 | 2018 |
|---|-------------|--------------|
| $\widehat{\beta}_2$ | -0,058 | -0,041 |
| Ψ (Mil R\$) | 29,82 | 34,63 |
| $-2\widehat{\beta}_2\Psi$ (Dilema - kg) | 3,46 | 2,84 |
| Redistribuição Marginal | 3,64% | 6,11% |
| Redistribuição Completo | -0,0000026% | 0,000000705% |

Fonte: Elaboração própria com base em Sager (2019).

Quanto maior a diferença média de Gini (Ψ), maior a dispersão da renda; quanto menor o valor dos coeficientes $|\widehat{\beta}_2|$, menor a concavidade da CAE. Os resultados desta pesquisa mostraram que em 2009 os valores estimados de Ψ foram iguais a 29,82 e as estimativas da CAE apresentaram um $\widehat{\beta}_2$ equivalente a -0,058. Esses valores combinados estimam aumento de 3,46 kg de CO₂ doméstico para uma redistribuição marginal de R\$1000 de uma família de renda mais alta para uma de renda mais baixa. Já para 2018 esse aumento representa 2,84 kg de CO₂ a mais. No entanto, quando são estimados para uma redistribuição completa, ou seja, caso todas as famílias tivessem a mesma renda média, o dilema de equidade e poluição seria praticamente inexistente, visto que as estimativas sugerem variação nula tanto para 2009 quanto para 2018 (Tabela 6).

4. Discussão

Os resultados apresentados demonstram que as emissões médias das famílias brasileiras diminuíram 41% entre 2009 e 2018. No entanto, se a tecnologia permanecesse inalterada, essa queda seria de apenas 4%. As cestas das famílias brasileiras, em média, ficaram menos intensivas em carbono. A cada R\$1 gasto com despesa em 2009 emitia-se cerca de 0,089 kg de CO₂ e esse valor caiu para 0,05 em 2018. Os setores com maiores valores de intensidade de emissão foram Energia e Transportes. Porém, devido ao elevado consumo, os setores de Alimentos e Transportes foram responsáveis por quase metade das emissões domésticas nos dois anos da amostra. Em direção oposta à tecnologia, o crescimento da renda em si proporciona aumento das emissões domésticas, principalmente nas classes mais baixas. As curvas

ambientais de Engel demonstram que rendas mais altas estão relacionadas com maiores emissões domésticas de CO₂, no entanto, à medida que a renda cresce, as emissões aumentam menos que proporcionalmente. Logo, há uma grande desigualdade de emissão, devido principalmente à desigualdade de renda. As estimativas sugerem que é possível combater a desigualdade de renda, de forma ampla, sem intensificar as emissões via consumo.

A forma como as famílias distribuem os seus gastos com consumo de bens e serviços impacta na quantidade de emissão (Sager, 2019). Nesse sentido, variações de consumo entre países e dentro dos países são determinantes para as emissões de GEE. No geral, existe diferença no padrão de consumo entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento (Yuan et al., 2022). Em média, nos países desenvolvidos grande parte das emissões domésticas são de origem do consumo de transporte, visto que esse bem representa uma parcela substancial nos gastos das famílias e elevada intensidade de emissão. Enquanto isso, nas regiões em desenvolvimento ou emergentes, as emissões são impulsionadas pelo aumento do consumo em alimentos.

A relação entre emissões domésticas e renda das famílias encontrada nessa pesquisa, mostra que o crescimento econômico, em parte, pode elevar as emissões agregadas de poluentes nos países, principalmente devido à alteração nos padrões de consumo das famílias. Como discutido por Sager (2019), quando o crescimento econômico não é aproveitado em termos de melhorias tecnológicas, como diminuição das intensidades de emissão dos bens, pode gerar maiores níveis de poluição. Tal fato foi evidenciado nos países em desenvolvimento entre 2005-2015, nos quais a alteração nos padrões de consumo do setor de alimentos para o setor de habitação e transporte elevou as emissões domésticas (Yuan et al., 2022). No Brasil, entre 2003 e 2009, o crescimento da renda teve a maior taxa nas classes mais pobres, e isso tornou o consumo dessas famílias mais diversificado. Além disso, nas classes mais altas, o crescimento da renda tornou as cestas menos intensivas (Perobelli et al., 2015). Soma-se ainda, o fato de que devido às estruturas de consumo das famílias, o aumento da renda tende a elevar o consumo de bens duráveis, energia e transporte, o que implica em um *trade-off* entre maior satisfação, principalmente nas classes mais pobres, e os retrocessos crescentes das emissões domésticas devido à modificação de cestas (Perobelli et al., 2015). Esse comportamento foi evidenciado em alguns estudos para as famílias do México, sugerindo que para as famílias mais pobres o aumento da renda está associado a níveis mais altos de um ou mais dos consumos relacionados à energia direta e emissões indiretas de carbono, os quais possuem elevada intensidade de emissão. Vera et al. (2021) identificaram que no México, quando as famílias pertencentes às classes mais baixas de renda obtêm ganhos mais elevados, devido a uma redistribuição de renda, por exemplo, as emissões de origem do consumo são impulsionadas; mesmo que as famílias de baixa renda emitam menos com relação às mais ricas, o efeito adicional do aumento da renda é maior do que o efeito da queda nas classes mais ricas.

Segundo Brännlund e Ghalwash (2008), a razão para essa relação de emissão e renda, nas classes mais altas é devido também, em partes, às intensidades de emissão e elasticidades de renda para os vários bens de consumo doméstico. Assim, os bens com elasticidade de renda relativamente alta tendem a ter intensidades de emissão relativamente baixa e vice-versa. Logo, o aumento na renda tende a dar origem a uma mudança de bens de alta intensidade de emissão para bens de baixa intensidade, como por exemplo, o consumo de gasolina e o consumo de lazer. Segundo os autores, a gasolina possui uma elasticidade-renda relativamente baixa, mas uma intensidade de emissão muito alta, enquanto o lazer apresenta uma elasticidade-renda relativamente alta, mas uma intensidade de emissão relativamente baixa. Assim, o consumo de gasolina crescerá a uma taxa menor do que a renda e o consumo de lazer a uma taxa mais elevada, o que dá origem a uma desaceleração nas emissões (Brännlund e Ghalwash, 2008).

Embora as inovações tecnológicas como solução para mitigarem as emissões domésticas tenham obtido resultados positivos no Brasil. Ou seja, a queda nas intensidades de

emissão tenha sido primordiais para a diminuição das emissões domésticas, a mudança no comportamento do consumo permite maior flexibilidade para reduzir as emissões nos setores (Ivanova et al., 2020). As opções de mitigação que dependem mais da redução ou mudança pelo lado da demanda estão associadas aos menores desafios de adaptação e mitigação climática (Anderson e Peters, 2016). Mudanças relacionadas aos padrões de consumo domiciliar, como alternativas sustentáveis de transportes, alteração na dieta alimentar e redução do consumo de energia doméstica, apresentam elevado potencial no combate às emissões de GEE (Ivanova et al., 2020). Estima-se que 20% de toda emissão direta do consumo doméstico poderia ser economizada com alteração no uso de equipamentos domiciliares, manutenção de equipamentos domésticos e uso de veículos mais eficientes (Dietz et al., 2009).

O setor de transporte apresenta o maior potencial de mitigação de GEE nas famílias. Estima-se que o uso de veículos pessoais responde por cerca de 26% das emissões de GEE domiciliares (Wynes et al., 2018). No âmbito alimentar, as pesquisas descrevem que as dietas à base de vegetais podem se tornar uma grande oportunidade no combate às emissões domésticas e de adaptação às mudanças climáticas (Schiermeier, 2019). A consideração do comportamento do consumidor, assim como as suas escolhas de consumo de bens e de serviços são questões chaves para mitigar as emissões de GEE em tempos de emergência climática. Assim, é possível atenuar as pegadas de carbono das famílias por meio de opções já disponíveis (Ivanova et al., 2020).

As mudanças climáticas e a desigualdade de renda são questões desafiadoras que os países enfrentam ao longo dos últimos anos e merecem ser discutidas simultaneamente (Rojas-Vallejos e Lastuka, 2020). Nesse sentido, os resultados dessa pesquisa mostraram que o combate à desigualdade de renda de forma ampla pode diminuir as emissões médias de CO₂ do consumo das famílias. No entanto, a transferência marginal pode aumentar um pouco as emissões, tornando o dilema de equidade presente. Particularmente, utilizando um resultado específico desta pesquisa, a redistribuição marginal de R\$1.000,00 de uma família brasileira mais rica para uma mais pobre aumentaria as emissões médias, nacionalmente, em 6,11% em 2018 (Tabela 6).

O dilema de equidade e poluição ou o *trade off* existente entre desigualdade de renda e emissão doméstica foi discutido na literatura e resultados distintos foram encontrados. Os impactos da desigualdade de renda nas emissões domésticas podem variar em muitos aspectos, principalmente aqueles relativos ao nível de desenvolvimento econômico inicial do país e o nível de desigualdade existente (Grunewald et al., 2017; Rojas-Vallejos e Lastuka, 2020). Globalmente, estudos relatam que a redução da desigualdade de renda por meio da redistribuição da renda levou a redução das emissões associadas ao consumo em 1,17%, em média, para 27 países. Sendo que a maior queda na emissão foi para a Grécia (3,57%), para a Dinamarca (2,61%), Holanda (2,57%), Áustria (2,30%) e Polônia (2,28%). Além disso, essa redistribuição de renda possibilitou a queda de emissão de setores específicos, como alimentação, eletricidade e transportes, devido a realocação do consumo de bens e serviços (Duarte et al., 2021).

Há ainda estudos que relatam que erradicar a pobreza extrema não compromete em nada a meta climática (Hubacek et al., 2017), ou levaria a aumentos abaixo de 2,1% nas emissões globais (Bruckner et al., 2022). E isso se repete para alguns países específicos, onde haveria pequenos aumentos nas emissões em decorrência da redistribuição de renda, de modo que a menor desigualdade possa ter elevado o consumo de bens mais poluentes. Assim, a redistribuição de 60% da renda da família mais rica para a família mais pobre para Espanha, Chipre e Letônia, por exemplo, provocaria aumento de apenas 0,67%, 0,72% e 0,48% nas emissões domésticas de carbono (Duarte et al., 2021). De modo geral, em países com baixa renda, baixas emissões e baixos níveis de tecnologia, a redistribuição de renda pode elevar em média as emissões agregadas (Hübler, 2017).

Por outro lado, nos EUA, as análises demonstraram que a renda é um importante impulsionador de poluição doméstica. E que uma redistribuição de US\$1000 da família mais rica para a família mais pobre aumenta as emissões domésticas de CO₂ em 28,5 kg. Isso equivale a um aumento de 5,1% das emissões médias do país. Além disso, o autor estima as emissões caso a desigualdade de renda dos americanos fosse equivalente a desigualdade de renda da Suécia, ou seja, menos desiguais, assim as emissões de carbono doméstico médias teriam sido 1,5% maiores. Isso porque o aumento marginal das emissões das famílias de baixa renda supera a diminuição das emissões das famílias de maior renda. No caso da presente pesquisa, se houvesse perfeita igualdade de renda entre os brasileiros, os resultados mostraram que as emissões domésticas, em média, não sofreriam aumentos, tanto para o ano de 2009 quanto para 2018. Logo, demonstra-se que no Brasil é possível combater os avanços das emissões domésticas, desde que o combate à desigualdade de renda seja de forma ampla. Além disso, como mencionado por Sager (2019), pode ser que o benefício da redução de desigualdade de renda compense a emissão adicional. Logo, mesmo que haja um *trade-off* entre a redistribuição de renda e as emissões de carbono, as políticas redistributivas são importantes para os países (Sager, 2019).

Vale ainda destacar que mais da metade da população brasileira vive com renda abaixo de 3 mil reais por mês e 55% dos domicílios sofrem com insegurança alimentar (Feldmann, 2022). Assim, para que os esforços de mitigação na economia brasileira sejam alcançados com êxito, é necessário que o foco das políticas seja também nas pessoas mais ricas do país, visto que estas estão fora da insegurança alimentar, são responsáveis pela maior parte das emissões e tendem a ser menos afetadas diretamente por políticas de mitigação (Gore et al., 2020). Além disso, é necessário que se reflita sobre justiça climática entre os países e dentro dos países, visando garantir que as pessoas mais vulneráveis e marginalizadas não sejam prejudicadas pelos efeitos das mudanças climáticas. Isso inclui, por exemplo, garantir que comunidades pobres e minoritárias não sejam deixadas para trás nas medidas de adaptação e mitigação das mudanças climáticas, e que sejam protegidas de desastres ambientais que são causados ou agravados pelas emissões de GEE e atividades humanas. A justiça climática visa defender também que as nações e empresas que mais contribuem para as mudanças climáticas sejam responsabilizadas por suas ações e, conseqüentemente, arquem com os custos das conseqüências ambientais, sociais e econômicas que resultam delas (Arcaya e Gribkoff, 2022). É necessário promover uma transição justa para um futuro mais sustentável, garantindo que a mudança ou políticas para uma economia de baixo carbono não prejudique as comunidades mais vulneráveis e que haja oportunidades para que todos se beneficiem das novas oportunidades econômicas que surgem da luta contra as mudanças climáticas.

O grau ótimo de uma política redistributiva, por exemplo, deverá levar em consideração ampla análise econômica, vinculada às estruturas de mercado, bem-estar das famílias e os possíveis resultados sociais que almejam (Sager, 2019). Assim, mesmo que a magnitude do impacto da redução da desigualdade não seja tão expressiva nas emissões domésticas em comparação com a problemática envolvendo a desigualdade de renda, políticas bem planejadas que visem a redução da desigualdade de renda e mitigação das mudanças climáticas podem resolver esse possível *trade-off*.

6. Conclusão

A relação entre renda e emissão doméstica foi analisada por meio das curvas ambientais de Engel. As estimativas sugerem que rendas mais altas estão relacionadas a mais emissão de CO₂. No entanto, devido ao comportamento côncavo, rendas mais altas estão associadas a menos que proporcionalmente mais emissões e que as emissões médias por decil se reduziram entre os dois períodos. No Brasil, a redistribuição progressiva da renda pode aumentar as emissões médias; porém, quando as famílias estão no mesmo nível de renda média, não há

aumentos marginais crescentes nas emissões, ou seja, o dilema de equidade e poluição deixa de existir.

Os padrões de consumo das famílias brasileiras e suas consequências em termos de emissões de CO₂ demonstram que o Brasil está longe de obter uma justiça social em termos de direito de poluir. No entanto, o país tem condições de melhorar a vida das famílias mais pobres, reduzindo a desigualdade de forma ampla e mitigando as mudanças climáticas. A busca pelo desenvolvimento sustentável só é possível quando o crescimento econômico inclusivo é conciliado à conservação ambiental.

Quando o combate à desigualdade de renda caminha em sentido contrário ao combate às emissões, análises mais abrangentes devem ser levadas em consideração, visto que a redistribuição de renda não deve ser considerada como algo indesejável. Esse *trade-off* representa um desafio para os formuladores de políticas. E mesmo que o impacto da desigualdade de renda nas emissões domésticas seja irrelevante quando comparado ao real problema das desigualdades de renda, ainda assim é necessário levá-lo em consideração, visto que as emissões domésticas representam parcela significativa nas mudanças climáticas. E como destacado pelas metas dos ODS, erradicar a pobreza e a desigualdade de renda devem estar em consonância com o combate as emissões de poluentes, sendo de grande relevância para futuras discussões de políticas públicas e ações de enfrentamento das mudanças climáticas.

Nesta pesquisa, algumas limitações devem ser citadas para futuros ajustes metodológicos. Com relação às estimativas do “dilema” as limitações inerentes se referem a restrição de que os mesmos bens de consumo possuem a mesma intensidade de emissão para todas as classes de renda, ou seja, um automóvel por exemplo, pertencente à família de classe de renda mais alta emitirá a mesma intensidade de emissão de um automóvel pertencente à família mais pobre. Assim, pode ser que na prática as intensidades dos bens de um determinado setor possam variar com a renda. Além disso, ao estimar a redistribuição de renda, supõe-se que toda a renda “extra” atribuída à família mais pobre seja destinada exclusivamente ao consumo de bens. Nesse sentido, para uma melhor compreensão, sugere-se avanços e correções necessárias, de modo a tornar as estimativas mais realistas.

Referências

ABREU, M. W.; FERREIRA, D. V.; JR, A. O. P.; CABRAL, J.; COHEN, C.; Household energy consumption behaviors in developing countries: A structural decomposition analysis for Brazil. **Energy for Sustainable Development**, v. 62, p.1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.03.001>

ARCAYA, M.; GRIBKOFF, E. Climate Justice. Climate Portal. MIT – 2022. Disponível em: <<https://climate.mit.edu/explainers/climate-justice>> Acesso em: 27 fev. 2023

BAUDINO, M. Environmental Engel curves in Italy: A spatial econometric investigation. **Regional Science**, v. 99, p. 999-1018, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/pirs.12521>

BIMONTE, S.; STABILE, A. Land consumption and income in Italy: a case of inverted EKC. **Ecological Economics**, v.131, p.36-43, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.08.016>

BRÄNNLUND, R.; GHALWASH, T. The income–pollution relationship and the role of income distribution: An analysis of Swedish household data. **Resource and Energy Economics**, v. 30, n.3, p.369-387, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.11.002>

BRUCKNER, B.; HUBACEK, K.; SHAN, Y.; ZHONG, H.; FENG, K. Impacts of poverty alleviation on national and global carbon emissions. **Nature Sustainability**, v.5, p.311-320, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00842-z>

CARVALHO, T. S.; SANTIAGO, F. S.; PEROBELLI, F. S. Demographic change in Brazil and its impacts on CO₂ emissions. **Economic Systems Research**, v. 33, p.197-213, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1783210>

CHURCHILL, S. A.; IVANOVSKI, K.; MUNYANYI, M. E. Income inequality and renewable energy consumption: Time-varying non-parametric evidence. **Journal of Cleaner Production**, v.296, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126306>

DIETZ, T.; GARDNER, G. T.; GILLINGAN, J.; STERN, P. C.; VANDENBERGH, M. P. Household actions can provide a behavioral wedge to rapidly reduce US carbon emissions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106(44), p.18452-18456, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.090873810>

DUARTE, R.; MIRANDA-BUETAS, S.; SARASA, C. Household consumption patterns and income inequality in EU countries: Scenario analysis for a fair transition towards low-carbon economies. **Energy Economics**, v.104, 105614, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105614>

FELDMANN, P. Melhorar a distribuição de renda é o que fará o Brasil crescer. 2022. Disponível em: < <https://jornal.usp.br/articulistas/paulo-feldmann/melhorar-a-distribuicao-de-renda-e-o-que-fara-o-brasil-crescer/>> Acesso em: 02 fev.2023

GOLLEY, J.; MENG, X. Income inequality and carbon dioxide emissions: the case of Chinese urban households. **Energy Economics**, v. 34, n.6, p.1864-1872, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.07.025>

GORE, T; ALESTING, M.; RATCLIFF, A. Confronting carbon inequality. Putting climate justice at the heart of the COVID-19 recovery. 2020. Disponível em: < <https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/621052/mb-confronting-carbon-inequality-210920-en.pdf>> Acesso em: Fev. 2023

GRUNEWALD, N.; KLASSEN, S.; MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; MURIS, C. The trade-off between income inequality and carbon dioxide emissions. **Ecological Economics**, v.142, p.249-256, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.034>

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, v.23, Out./Dez. ISSN 1809-080X, 2010.

HEERINK, N.; MULATUR, A.; BULTE, E. Income inequality and the environment: Aggregation bias in environmental Kuznets curves. **Ecological Economics**, v.38, p.359-367, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00171-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00171-9)

HÜBLER, M. The inequality-emissions nexus in the context of trade and development: A quantile regression approach. **Ecological Economics**, 134, p. 174-185, 2017.

HUBACEK, K.; BAIOCCHI, G.; FENG, K.; PATWARDHAN, A. Poverty eradication in a carbon constrained world. **Nature Communications**, v.8, n.912, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2008/2009 – 2017/2018. Disponível em: < <https://ibge.gov.br/estatisticas/sociais/protecao-social/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html?=&t=o-que-e>> Acesso em: 22 agos. 2021.

IVANOVA, D.; WOOD, R. The unequal distribution of household carbon footprints in Europe and its link to Sustainability. **Global Sustainability**, v.3, p.1-12, 2020.

JOHNSON, D. L.; AMBROSE, S. H.; BASSET, T. J.; BOWEN, M. L.; CRUMMEY, D. E.; ISAACSON, J. S.; JOHNSON, D. N.; LAMB, P.; SAUL, M.; WINTER-NELSON, A. E. Meanings of Environmental Terms. **Journal of Environmental Quality**, v. 26, n.3, p. 581-589, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030002x>

JORGENSON, A. K. Inequality and the carbon intensity of human well-being. **Journal of Environmental Studies and Sciences**. 5(3), 277-282, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13412-015-0234-z>

LEVINSON, A.; O'BRIEN, J. Environmental Engel Curves: Indirect Emissions of Common Air Pollutants. **The Review of Economics and Statistics**, v.101, p.121-133, 2019. DOI: https://doi.org/10.1162/rest_a_00736

LIU, Y.; ZHANG, M.; LIU, R. The Impact of Income Inequality on Carbon Emissions in China: A Household-Level Analysis. **Sustainability**, v.12, n.7: 2715, 2020.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES – MCTI. Fator médio - Inventários corporativos. Disponível em < <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>> Acesso em: 15 nov. 2021

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU - 2019. The sustainable development goals report. New York, 2019. Disponível em: < <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf>> Acesso em: 02 nov. 2021

PEROBELLI, F. S.; FARIA, W. R.; VALE, V. A. The increase in Brazilian household income and its impact on CO2 emissions: Evidence for 2003 and 2009 from input–output tables. **Energy Economics**, v. 52, p.228-239, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.10.007>

ROJAS-VALLEJOS, J.; LASTUKA, A. The income inequality and carbon emissions trade-off revisited. **Energy Policy**, v.139, 111302, 2020.

SAGER, L. Income inequality and carbon consumption: Evidence from Environmental Engel curves. **Energy Economics**, v.84, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104507>

SCHIERMEIER, Q. Eat less meat: UN climate change panel tackles diets. **Nature**, v.572, p.291-292, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02409-7>

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. Emissões totais. Disponível em <https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#> Acesso em: 22 agos. 2021

SCRUGGS, L. Political and economic inequality and the environment. **Ecological Economics**, v.26, p.259-275, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00118-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00118-3)

SHORROCKS, A. Inequality decomposition by factor components. **Econometrica**, v.50(1), p.193–211, 1982.

UZAR, U.; EYUBOGLU, K. The nexus between income inequality and CO2 emissions in Turkey. **Journal of Cleaner Production**. v.227, p.149-157, 2019.

UZAR, U. Is income inequality a driver for renewable energy consumption? **Journal of Cleaner Production**, v.255, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120287>

VERA, M. S.; NAVARRO, A. V.; SAMPERIO, J. I. Climate change and income inequality: An I-O analysis of the structure and intensity of the GHG emissions in Mexican households. **Energy for Sustainable Development**, v.60, p.15-25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.11.002>

WEBER, C.; MATTHEWS, H. Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. **Ecological Economics**, v. 66, 379-391, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.021>

WOLDE-RUFAEL, Y.; IDOWU, S. Income distribution and CO2 emission: a comparative analysis for China and India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.74, p.1336-1345, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.149>

WYNES, S.; NICHOLAS, K. A.; ZHAO, J.; DONNER, S. Measuring what works: quantifying greenhouse gas emission reductions of behavioural interventions to reduce driving, meat consumption, and household energy use. **Environmental Research Letters**, v. 13, n.113002, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae5d7>

WORLD INPUT-OUTPUT DATABASE (WIOD) - Environmental Accounts. Disponível em < <http://www.wiod.org/database/eas13>> Acesso em: 22 agos. 2021.

YUAN, R.; RODRIGUES, J. F. D.; WANG, J.; TUKKER, A.; BEHRENS, P. A global overview of developments of urban and rural household GHG footprints from 2005 to 2015. **Science of The Total Environment**, v.806, parte 2, 150695, 2022.