



Efeitos de idade, período e coorte no consumo de energia elétrica dos domicílios brasileiros no século XXI: uma análise sob a perspectiva da relação população-consumo-ambiente*

Victor Hugo Dias Diógenes**

Ricardo Ojima***

Rumenick Pereira da Silva****

O consumo medeia a relação entre população e ambiente, sobretudo em uma sociedade orientada ao consumo diante da emergência climática. Entender sua interação histórica com a dinâmica populacional requer considerar dimensões sociais, econômicas, comportamentais e éticas. Para sintetizar esses fatores, aplica-se a análise idade-período-coorte (APC). O consumo residencial de eletricidade é um bom indicador de estilos de vida familiares e, por extensão, de padrões populacionais. Este estudo investiga os efeitos de idade, período e coorte no consumo domiciliar *per capita* de energia elétrica no Brasil, com base nos microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF). Para contornar o problema de identificação inerente aos modelos APC, estimam-se regressões lineares sob diferentes restrições e um modelo hierárquico de efeitos mistos em dois níveis. Os resultados apontam aumento do consumo quando o domicílio é chefiado por pessoas mais velhas e também ao longo dos períodos analisados. Quanto ao efeito de coorte, observa-se que os indivíduos nascidos após 1960 exibem menor intensidade de consumo energético em comparação às coortes anteriores. As evidências revelam impactos distintos das três dimensões temporais, ampliam a compreensão dos determinantes do consumo energético doméstico no país e oferecem subsídios para políticas ambientais e de planejamento energético.

Palavras-chave: População-ambiente. Consumo. Energia elétrica. Domicílio. Efeitos de idade-período-coorte.

* Este artigo baseia-se no estudo de Diógenes (2022).

** Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal-RN, Brasil (victordiogenes@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4010-2699>).

*** Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal-RN, Brasil (ricardo.ojima@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7472-4285>).

**** Sebrae Nacional – Núcleo de Pesquisa e Gestão do Conhecimento (NPGC), Brasília-DF, Brasil (rumenickps@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9034-0655>).

Introdução

A preocupação com o meio ambiente e com os efeitos adversos das mudanças climáticas globais ganhou notoriedade na sociedade nas últimas décadas e passou a ocupar lugar de destaque nas agendas políticas governamentais. Paralelamente, a dimensão populacional voltou a receber atenção de pesquisadores sobre o tema, com avanços importantes decorrentes da incorporação de múltiplas dimensões da dinâmica demográfica (Mello; Sathler, 2015) na relação população-meio ambiente. Afinal, a influência do homem e do seu modo de vida é considerada inquestionável na crise climática global (IPCC, 2021).

Desde a revolução industrial, o consumo de massa é um dos principais fundamentos do modelo de desenvolvimento econômico. Ao mesmo tempo, porém, a ele é atribuído um papel determinante nas danosas mudanças ambientais e climáticas observadas no planeta (Jackson, 2009). Essa dualidade entre a importância do consumo no desenvolvimento econômico e os efeitos adversos do consumismo no meio ambiente configura um dos grandes dilemas a serem resolvidos pela sociedade.

Compreender o consumo, portanto, passa pela exploração de diversas áreas de conhecimento, uma vez que seu conceito mudou ao longo da história (Martine, 2012). Atualmente, além de ser a base do modelo de desenvolvimento, o consumo está fortemente associado à percepção de bem-estar e felicidade. Essas mudanças na relação entre população e consumo podem ser atribuídas às profundas transformações propiciadas pela urbanização e modernização das sociedades, bem como ao exponencial desenvolvimento tecnológico observado desde a Revolução Industrial (Assadourian, 2013).

Dada a importância do consumo nos impactos ambientais e a relativa primazia do entendimento malthusiano em boa parte dos estudos ambientais (Jiang; Hardee, 2011), várias pesquisas têm discutido a relação população-consumo-ambiente e formulado hipóteses sobre quais outras dimensões populacionais poderiam ser incorporadas nas ciências ambientais, além do volume populacional (Hogan *et al.*, 2010; Liddle, 2011; Ojima, 2012; Martine, 2012; Martine; Torres; Mello, 2012; Mello; Sathler, 2015; Estiri; Zagheni, 2019; Diógenes; Ojima, 2020).

Os volumes e as intensidades de consumo de determinada população podem ter inúmeros determinantes ao longo do tempo. Há um conjunto significativo de evidências de que o consumo é influenciado pela idade dos indivíduos ou pelo estágio do ciclo de vida dos domicílios. Em outras palavras, observa-se um efeito da idade sobre os padrões de consumo (Perz *et al.*, 2006; Tung, 2011). Nos EUA, por exemplo, foram encontrados diferentes perfis de consumo de diversos bens e serviços segundo a idade, com as emissões médias de dióxido de carbono (CO₂) decorrentes desse consumo aumentando até os 70 anos (Zagheni, 2011). Liddle (2011) e Mason e Lee (2013) também demonstraram que o consumo de bens e serviços varia conforme a idade da população e dos indivíduos.

No entanto, sob a perspectiva demográfica e temporal, é possível formular a hipótese de que outras dimensões atuam conjuntamente com idade na determinação do consumo

das pessoas ao longo do tempo. Uma delas é o período de análise, uma vez que eventos ou conjunturas específicas (como o surgimento de determinada tecnologia, uma pandemia ou uma crise econômica) podem alterar os hábitos de consumo de toda a população, afetando simultaneamente pessoas de diferentes idades e características. Essa influência é comumente denominada de “efeito de período”. No consumo, esse efeito é habitualmente atribuído às flutuações na atividade econômica, que podem aumentar ou diminuir a capacidade de consumo de determinados bens e produtos. Ajustes tributários e indicadores macroeconômicos, por exemplo, podem estimular os consumidores no sentido de economizar energia (Zhao *et al.*, 2018) ou contribuir para o aumento ou redução das emissões de CO₂ (Wang *et al.*, 2013).

As análises de período de determinada variável, considerando os diferenciais por idade, são as técnicas mais utilizadas nos estudos demográficos devido a uma maior facilidade na obtenção dos dados, haja vista a relativa ausência de dados longitudinais de longo prazo. Análises de idade e período podem ser necessárias quando não há dados de longo prazo, pois fornecem uma maneira simples de atualizar informações anualmente ao monitorar tendências (Holford, 1991). No entanto, esse tipo de análise só pode ajustar o efeito da idade em um determinado período, ignorando o efeito de coorte. Lengart *et al.* (2010), por exemplo, questionaram se os baixos níveis de emissão de CO₂ associados ao uso de transporte entre os idosos decorreriam da menor demanda por mobilidade após certa idade ou do hábito de fazer poucas viagens relacionado a coortes mais velhas.

Assim, o efeito de coorte seria o impacto gerado por fatores que afetaram determinada geração e influenciaram a variável de estudo em sucessivos grupos etários e períodos. Está, portanto, geralmente associado às experiências compartilhadas por um grupo de indivíduos (coorte) ao longo do curso de vida. Ryder (1965) foi pioneiro em identificar o conceito de coorte como uma variável relevante para o estudo das mudanças sociais. Ao atravessarem o curso de vida conjuntamente e compartilharem determinados eventos históricos e sociais nas mesmas idades, as coortes constituiriam uma categoria da estrutura social com utilidade analítica semelhante à da classe social, dada à sua singularidade.

Em relação ao consumo, a hipótese é de que acontecimentos e mudanças ao longo da história impactam de forma decisiva determinada coorte, sendo definidores dos seus hábitos e comportamentos de consumo ao longo da vida. Ou seja, as interações entre diversas variáveis podem produzir coortes únicas quanto ao seu comportamento e padrão de consumo (Menz; Welsch, 2012). Além disso, atitudes, estilos de vida e comportamentos ambientalmente conscientes significativamente distintos podem ser observados entre indivíduos da mesma idade, porém em momentos diferentes (Büttner; Grübler, 1995). Nesse sentido, uma análise baseada exclusivamente na idade não seria capaz de explicar adequadamente um fenômeno que apresente fortes efeitos de coorte.

A hipótese deste estudo é que o consumo é afetado de maneira distinta por três dimensões demográficas: idade, período e coorte. Portanto, para compreender e identificar os efeitos associados a cada uma delas ao longo do tempo de cada um desses fatores,

são empregados os modelos de análise APC (age-period-cohort). Ainda são escassos, na literatura de população-ambiente (P-A), estudos que utilizam esse tipo de técnica, sobretudo inserindo a relação P-A no contexto das mudanças climáticas globais. Além disso, boa parte desses estudos não estima os efeitos “puros” de idade, período e coorte, pois utiliza métodos que excluem integralmente uma ou duas das variáveis temporais sem fazer referência à perda dos possíveis efeitos que estão sendo ignorados (Fosse; Winship, 2019).

Embora ainda pouco utilizados nos estudos de população-consumo-ambiente, os modelos APC já possuem aplicação relevante na literatura demográfica brasileira. Estudos como os de Rios-Neto e Oliveira (1999), Guimarães e Rios-Neto (2011), Givisiez, Rios-Neto e Sawyer (2006) e Rezende, Wajnman e Heller (2006) demonstram sua utilidade em temas como trabalho, educação, domicílios e condições sanitárias.

No contexto deste trabalho, um dos itens de consumo com maior potencial para o propósito desta pesquisa é o de energia elétrica dos domicílios. Trata-se de um consumo elementar à vida cotidiana e constitui uma aproximação consistente para o consumo de outros bens duráveis. De forma genérica, um maior consumo de energia elétrica dos domicílios reflete um padrão de vida mais intensivo desse agregado familiar, refletindo assim uma maior demanda por recursos naturais e maior emissão dos gases do efeito estufa (Ivanova *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o objetivo principal do artigo é identificar e desagregar os efeitos da idade, do período e da coorte na evolução do consumo de energia elétrica *per capita* dos domicílios brasileiros, utilizando modelos APC aplicados aos dados da Pesquisa de Orçamento Familiares (POF), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Espera-se que os resultados contribuam para uma compreensão mais aprofundada dos padrões de consumo energético das famílias brasileira e ofereçam subsídios à formulação de políticas públicas e empresariais de conscientização ambiental voltadas à redução dos impactos ambientais associados ao consumo domiciliar e à mitigação dos efeitos antropogênicos nas mudanças climáticas globais.

Metodologia

Fonte de dados e unidade de consumo

O artigo utilizou como fonte de dados a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A pesquisa levanta dados detalhados sobre gastos, rendimentos, estado e condições de vida das famílias brasileiras (IBGE, 2019). Já foram realizadas pelo IBGE cinco edições da POF: 1987-1988, 1995-1996, 2002-2003, 2008-2009 e 2017-2018. Neste estudo são utilizadas apenas as três edições mais recentes por serem as únicas que apresentam o mesmo nível de desagregação espacial e disponibilizam os dados nas mesmas unidades de medida.

O domicílio constitui uma unidade de análise mais adequada do que o indivíduo para o estudo do consumo, pois parte dos bens e serviços associados à crise climática é consumida coletivamente no âmbito domiciliar, como energia elétrica, água, etc. (Deaton, 2018; Tung, 2011). Para o presente estudo, a variável de interesse corresponde ao consumo físico de energia elétrica informado na POF em quilowatt-hora (kWh), e não ao gasto monetário, sendo calculada em termos *per capita* pela divisão do consumo total do domicílio pelo número de moradores. Além disso, a evolução do consumo da população em geral está intimamente relacionada à energia usada pelas famílias, constituindo um componente importante do metabolismo doméstico (Liu *et al.*, 2005).

Disposição dos dados

Como a periodicidade entre as três edições da POF utilizadas é de seis e nove anos, não é possível utilizar intervalos idênticos nos agrupamentos das idades e dos períodos. Essa característica impede a construção de uma tabela retangular APC clássica, na qual as colunas correspondem às observações específicas por idade em cada ano, as linhas representam a evolução de cada idade ao longo dos anos e as diagonais identificam uma mesma coorte em diferentes momentos ao longo do tempo. Além disso, a disponibilidade de apenas três períodos de observação inviabiliza o uso das médias de consumo por idade e período, uma vez que esse procedimento resultaria em um base de dados com poucas observações e muitos parâmetros para serem estimados.

Por essa razão, utilizaram-se os dados individualizados de consumo de cada domicílio. Ou seja, cada linha do banco de dados corresponde a um domicílio que estará associado ao respectivo consumo *per capita*, à idade e à coorte do chefe do domicílio, além do período de análise. Desse modo, os dados das três edições da POF foram empilhados formando uma única base de dados. Para a expansão da amostra, as observações foram ponderadas pelos respectivos pesos amostrais. Além disso, com intuito de evitar seletividade dos dados, a análise foi limitada aos domicílios chefiados por pessoas de até 89 anos.

Modelos e estratégias para estimação adotados

A maior limitação dos modelos de APC é o denominado problema de identificação, que se refere à presença da perfeita multicolinearidade entre as variáveis explicativas idade, período e coorte. Há, de fato, uma relação linear perfeita entre elas, já que a coorte c sempre será definida pelo período p menos idade a , isto é, $c = p - a$. Dessa forma, é impossível atribuir qualquer mudança da variável resposta a um dos três componentes do modelo APC (Yang; Land, 2008).

O problema de identificação tem sido um tópico de intensa discussão e pesquisa nas últimas décadas. Embora diversas abordagens tenham sido propostas para solucioná-lo, cada uma apresenta limitações próprias e nenhuma delas oferece uma solução estatística ao problema sem a imposição de fortes suposições (Bell; Jones, 2014). Diante da controvérsia existente na literatura acerca da efetividade dos diversos métodos propostos para

identificar os efeitos APC, para fins de comparação e validação dos resultados encontrados, este trabalho propõe a utilização de mais de um método para estimar os efeitos de idade, período e coorte no consumo dos domicílios.

O primeiro método utilizado faz uso do modelo de regressão linear APC clássico e da adoção da transformação logarítmica dos valores de consumo para normalizar e linearizar os dados. O modelo pode ser expresso conforme a seguir:

$$\log(Cons_{ijkq} + 1) = \mu + \sum_i \alpha_i Ind.Grupo\ Etário_{iq} + \sum_j \beta_j Ind. Ano_{jq} + \sum_k \theta_k Ind. Coorte_{kq} + \varepsilon_{ijkq} \quad (1)$$

Onde:

$Cons_{ijkq}$ é o consumo *per capita* domiciliar observado no domicílio q , de idade i , no ano j e de coorte k ;

μ é o intercepto e representa a média do efeito ou nível global para $Cons_{ijkq}$;

$Ind.GrupoEtário_{iq}$, $Ind.Ano_{jq}$ e $Ind.Coorte_{kq}$ são indicadoras do grupo etário i , ano j e coorte k , respectivamente, do domicílio q ;

α_i representa o efeito da idade i ;

β_j representa o efeito do ano j ;

θ_k representa o efeito da coorte k ;

ε_{ijkq} representa o erro aleatório.

A adição de uma unidade nos valores do consumo deve-se à existência de domicílios com consumo igual a zero. Para a análise dos resultados, foram adotados como categorias de referência o primeiro grupo de idade (10-19 anos), o primeiro período (2002) e a primeira coorte (1912-1919), cujos efeitos são fixados em zero e a partir das quais os coeficientes estimados para as outras categorias são comparados.

Devido ao problema de identificação do modelo já descrito, é preciso explicitar as estratégias adotadas para estimação dos efeitos de idade, período e coorte, os diferentes modelos propostos e as restrições adotadas em cada um deles.

Inicialmente, serão estimados seis modelos parciais, considerando apenas uma ou duas dimensões APC como variáveis explicativas. Assim, teremos modelos cujo comportamento do consumo será explicado apenas pela idade (modelo A), pelo período (modelo P) ou pela coorte (modelo C), bem como pelos pares de idade e período (modelo AP), idade e coorte (AC) e período e coorte (PC). Nesses modelos parciais, está subentendida a ideia de que as dimensões excluídas têm efeito nulo no consumo. A variável idade nos modelos parciais será tratada como variável categórica ou numérica para fins de comparação.

Em seguida, será estimado o modelo completo, contemplando simultaneamente os efeitos de idade, período e coorte (modelo APC). Inicialmente, será estimado um modelo completo sem nenhuma restrição, adotando-se apenas os componentes em intervalos de tempo de diferentes amplitudes. Segundo Yang e Land (2008), essa estratégia seria o suficiente para contornar o problema de identificação. Bell e Jones (2014), contudo, ponderam que essa abordagem pode não resolver completamente o problema quando aplicada a modelos lineares convencionais, pois os resultados podem ser sensíveis aos

comprimentos de intervalo específicos. Esse modelo completo sem restrição também será estimado considerando a idade como variável categórica ou numérica.

Na sequência, serão estimados modelos completos com adoção de restrições mais explícitas. Conforme defendido por Bell (2020), só em modelos com restrições devidamente explicitadas e justificadas seria possível superar plenamente o problema de identificação e encontrar resultados confiáveis. Nesse sentido, foram considerados dois modelos completos com restrições de igualdade de categorias adjacentes. O primeiro modelo APC com restrição adotou como pressuposto que os efeitos dos dois últimos grupos etários (70-79 e 80-89 anos) no consumo *per capita* domiciliar são iguais. Essa hipótese fundamenta-se no argumento de que as principais variáveis associadas à variação do consumo segundo a idade do chefe do domicílio são a composição, o tamanho e a renda do domicílio, sendo que elas não variam significativamente nos dois últimos grupos etários (Aslam; Ahmad, 2018). Já o segundo modelo completo com restrição adota a igualdade dos efeitos das duas coortes mais antigas (1912-1919 e 1920-1929). Essa restrição baseia-se na hipótese de que as identidades de coortes adjacentes tendem a se tornar mais semelhantes à medida que seus integrantes envelhecem, dificultando sua diferenciação a partir de suas características e comportamentos (Oliveira; Rios-Neto, 2004).

Além dos modelos parciais e completos, propõe-se a utilização de modelos alternativos que incorporam outras variáveis associadas a alguma dimensão APC que auxiliam a determinar os efeitos de idade, período e coorte. O primeiro modelo alternativo adota a hipótese de que um dos fatores que têm forte relação com efeitos de idade é o número de moradores do domicílio, que exerce um efeito de escala no consumo *per capita* de energia elétrica domiciliar. Um segundo modelo alternativo substitui os períodos pelas médias da renda *per capita* dos domicílios. Essa especificação baseia-se na hipótese de que a renda *per capita* das famílias nos períodos da pesquisa constitui forte condicionante no comportamento de consumo de energia elétrica. Um terceiro modelo alternativo proposto para identificar os efeitos APC no consumo de energia elétrica trata-se de uma abordagem de transformação paramétrica não linear e consiste em substituir as categorias da covariável idade (que são as faixas etárias) por uma variável numérica também relacionada à idade e representada pelo quadrado da idade central de cada faixa etária. Assim, em vez de utilizar as categorias 10-19, 20-29, ..., 80-89, serão adotados os valores 15^2 , 25^2 , ..., 85^2 .

Todas essas restrições dos modelos completos e suposições dos modelos alternativos não devem ser entendidas como propriedades empíricas definitivas dos dados, mas sim como pressupostos substantivos necessários (porém razoáveis) para tornar o modelo estimável. Por esse motivo, os resultados dos modelos são comparados entre si, priorizando-se a convergência dos padrões estimados em vez da interpretação isolada de uma especificação.

Resumindo, foi proposto um conjunto de 15 modelos:

Modelos parciais

I) Idade (A)

II) Período (P)

III) Coorte (C)

IV) Idade + período (AP)

V) Idade + coorte (AC)

VI) Idade como variável numérica + período (AnumP)

VII) Idade como variável numérica + coorte (AnumC)

VIII) Período + coorte (PC)

Modelos completos

IX) Idade + período + coorte (sem nenhuma restrição – APC)

X) Idade como variável numérica + período + coorte (sem nenhuma restrição – A^{num}PC)

XI) Idade + período + coorte (sob a restrição de igualdade das duas últimas idades – A*PC)

XII) Idade + período + coorte (sob a restrição de igualdade das duas coortes mais antigas – APC*)

Modelos alternativos

XIII) Número médio de moradores + período + coorte (PC+ Mor)

XIV) Idade + renda domiciliar *per capita* média + coorte (AC + Renda)

XV) Idade central² + período + coorte (A²PC)

A qualidade de ajuste dos modelos será avaliada a partir da comparação das seguintes estatísticas: R² (coeficiente de determinação); R² ajustado (coeficiente de determinação ajustado); LogLik (log da função de verossimilhança); AIC (critério de informação de Akaike) e BIC (critério bayesiano de Schwarz).

Além dos modelos parciais, completos e alternativos, este trabalho também propõe a utilização do método hierárquico HAPC, conforme proposto por Yang e Land (2006), para estimar os efeitos de idade, período e coorte no consumo dos domicílios. Nessa abordagem, explora-se a estrutura multinível dos microdados da POF a partir do aninhamento dos domicílios entrevistados em períodos e coortes (entendidos como contextos sociais). Assim, a idade do chefe do domicílio foi incluída como efeito fixo de nível 1, enquanto período e coorte foram estimados como efeitos aleatórios de nível 2. A seguir a representação formal do modelo:

Modelo de nível 1:

$$\log(Cons_q + 1) = \mu + \sum_i \alpha_i Ind.Grupo Etário_{iq} + \varepsilon_q, \quad \varepsilon_q \sim N(0, \sigma^2); \quad (2)$$

Modelo de nível 2:

$$\mu = \pi_0 + u_{0j} + v_{0k}, \quad u_{0j} \sim N(0, \tau_u) \text{ e } v_{0k} \sim N(0, \tau_v); \quad (3)$$

Modelo completo:

$$\log(Cons_q + 1) = \pi_0 + \sum_i \alpha_i Ind.Grupo Etário_{iq} + u_{0j} + v_{0k} + \varepsilon_q \quad (4)$$

Onde:

$q = 1, 2, \dots, n$ domicílios, μ é o intercepto ou média do consumo dos domicílios que pertencem à coorte j e foram pesquisados no ano k ; α_i é o efeito fixo dos domicílios de grupo etário i ; $Ind.GrupoEtário_{iq}$ é a indicadora da idade i do domicílio q ; e_q indica o efeito individual aleatório e residual; π_0 é o intercepto do modelo ou média global do consumo de todos os domicílios; u_{0j} é o efeito aleatório residual da coorte j , ou seja, o efeito médio da coorte j em todos os períodos de tempo; e v_{0k} é o efeito aleatório residual do período de tempo k , ou seja, o efeito médio do período de tempo k sobre todas as coortes.

Para testar a significância dos efeitos aleatórios, foram estimados modelos restritos contendo o efeito fixo (idade) e um dos dois efeitos aleatórios (período ou coorte), além de um modelo nulo contendo apenas o efeito fixo. Esses modelos foram testados contra o modelo completo (irrestrito), que incorpora simultaneamente as três dimensões, por meio de um teste de razão de verossimilhança. Com isso, é possível verificar se as variáveis contextuais (período e coorte) influenciam de forma estatisticamente significativa na variação do consumo dos domicílios brasileiros.

É importante esclarecer que a comparação de desempenho e ajuste dos diferentes tipos de modelos utilizados nesse trabalho nem sempre será possível, uma vez que se trata de distintas classes de modelos, com métodos de estimação específicos. O intuito foi utilizar distintos modelos com potencialidades e fragilidades específicas para encontrar convergências entre os resultados e evidências mais robustas acerca das tendências dos efeitos de idade, período e coorte no consumo.

Além disso, apesar da utilização de diferentes especificações, é importante reconhecer que os modelos APC não eliminam definitivamente o problema de identificação. Como idade, período e coorte mantêm relação linear exata, a estimação dos efeitos depende necessariamente de restrições, parametrizações ou suposições substantivas, de modo que diferentes estratégias podem produzir estimativas alternativas para os mesmos dados. Conforme discutem Bell e Jones (2014), inclusive em relação aos modelos hierárquicos propostos por Yang e Land (2006), as abordagens APC não oferecem uma solução puramente estatística e consensual para separar, de forma definitiva, os três efeitos. Assim, os resultados devem ser interpretados como estimativas condicionadas às estratégias adotadas, e não como identificação causal plena e incontroversa dos efeitos de idade, período e coorte. Essa ressalva é particularmente relevante no presente estudo, que dispõe de apenas três períodos observados da POF, o que limita a capacidade de capturar flutuações conjunturais e de separar eventos históricos específicos dos efeitos de período. Portanto, a utilização de diferentes especificações neste artigo tem finalidade comparativa e de avaliação da consistência dos padrões encontrados, não devendo ser entendida como superação definitiva do problema de identificação.

Resultados

Uma forma inicial de análise dos resultados consiste em verificar as estatísticas de qualidade do ajuste dos modelos (Tabela 1). Como esperado, os modelos apresentam melhores ajustes e maior poder preditivo à medida que se acrescentam novas variáveis explicativas, não sendo observadas diferenças entre o R² e R² ajustado. Isso quer dizer que os modelos completos e alternativos apresentam maior capacidade de explicar a variação do consumo de energia elétrica.

TABELA 1
Medidas de ajuste dos modelos – consumo de energia elétrica

Modelos	logLik	df	AIC	BIC	R ²	R ² ajustado
I. Idade (A)	-201315,8	9	402649,6	402738,4	0,03	0,03
II. Período (P)	-200133,3	4	400 274,7	400314,1	0,04	0,04
III. Coorte (C)	-202586,8	11	405195,6	405304,2	0,01	0,01
IV. Idade + período (AP)	-198507,9	11	397037,8	397146,3	0,07	0,07
V. Idade + coorte (AC)	-199530,4	18	399096,8	399274,4	0,05	0,05
VI. Idade numérica + período (AnumP)	-198524,3	5	397058,5	397107,8	0,07	0,07
VII. Idade numérica + coorte (AnumC)	-198967,8	12	397959,5	398077,9	0,06	0,06
VIII. Período + coorte (PC)	-198483,2	13	396992,4	397120,6	0,07	0,07
IX. Idade + período + coorte (APC)	-198422,3	20	396884,6	397081,9	0,07	0,07
X. Idade + período + coorte (AnumPC)	-198434,2	14	396896,4	397034,5	0,07	0,07
XI. Idade restrito + período + coorte (A*PC)	-198422,9	19	396883,8	397071,2	0,07	0,07
XII. Idade + período + coorte restrito (APC*)	-198424,1	19	396886,2	397073,7	0,07	0,07
XIII. Qtd. moradores + período + coorte (PC + Mor)	-180338,6	14	360705,2	360843,3	0,28	0,28
XIV. Renda <i>per capita</i> + idade + coorte (AC + Renda)	-190665,5	19	381368,9	381556,4	0,16	0,16
XV. Idade central ² + período + coorte (A ² PC)	-198467,1	14	396962,2	397100,4	0,07	0,07

Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.

Destacam-se os baixos valores que os modelos apresentaram para o R², o que significa, a rigor, que os modelos conseguem explicar pouco da variação do consumo de energia elétrica. O maior valor foi observado no modelo XIII, que explica cerca de 28% da variação do consumo. Embora valores elevados de R² sejam desejados, essa medida, por si só, não permite determinar se um modelo é adequado ou não. Nesse sentido, os valores baixos do R² encontrados não invalidam os modelos utilizados. Além disso, valores de R² relativamente mais baixos são esperados em estudos sobre o comportamento humano, nos quais a complexidade de fatores que envolvem o fenômeno de interesse é mais difícil de se contemplar plenamente (Aslam; Ahmad, 2018; Bardazzi; Pazienza, 2017). De maneira geral, pode-se dizer que o R² baixo encontrado nos modelos reflete a alta dispersão dos dados ao redor da linha de regressão estimada, enquanto os coeficientes dos modelos estimam a tendência. E é essa tendência e diferenciação entre os coeficientes do modelo o principal foco do trabalho.

Todas as estimativas dos modelos parciais, completos e alternativos estão apresentadas na Tabela 2. Os efeitos de idade, especificamente, estão dispostos na Figura 1 de acordo com o modelo adotado. Nos efeitos de idade dos modelos parciais (I, IV e V) verifica-se que há um aumento contínuo na intensidade do uso de energia elétrica domiciliar *per capita*

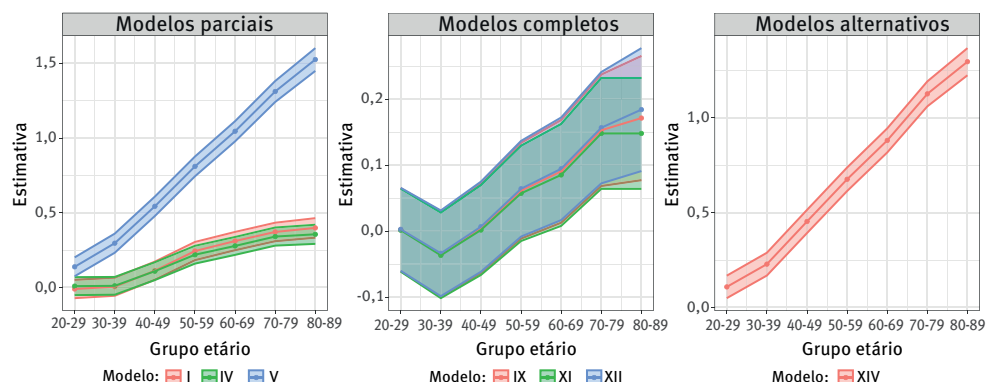
TABELA 2
Estimativas dos modelos de regressões

Variáveis	Modelos parciais						Modelos completos					Modelos alternativos			
	I (A)	II (P)	III (C)	IV (AP)	V (AC)	VI (AnumP)	VII (AnumC)	VIII (PC)	IX (APC)	X (AnumPC)	XI (A*PC)	XII (APC*)	XII (PC+Mor)	XIV (AC+Renda)	XV (A+PC)
(Intercept)	3,64 (0,031)*	3,6 (0,004)*	3,85 (0,034)*	3,48 (0,03)*	2,33 (0,051)*	3,25 (0,007)*	1,46 (0,043)*	3,84 (0,033)*	3,67 (0,058)*	3,23 (0,069)*	3,69 (0,054)*	3,6 (0,045)*	4,41 (0,029)*	2,4 (0,048)*	3,58 (0,055)*
Idade															
20-29	-0,01 (0,031)			0,01 (0,031)	0,14 (0,032)*				0 (0,032)		0 (0,032)	0 (0,032)		0,11 (0,03)*	
30-39	0,01 (0,031)			0,01 (0,03)	0,3 (0,033)*				-0,03 (0,033)		-0,04 (0,033)	-0,03 (0,033)		0,23 (0,031)*	
40-49	0,11 (0,031)*			0,11 (0,03)*	0,54 (0,033)*				0 (0,035)		0 (0,035)	0,01 (0,035)		0,45 (0,031)*	
50-59	0,24 (0,031)*			0,22 (0,03)*	0,81 (0,034)*				0,06 (0,037)		0,06 (0,037)	0,06 (0,037)		0,68 (0,032)*	
60-69	0,31 (0,031)*			0,28 (0,031)*	1,05 (0,035)*				0,09 (0,04)*		0,09 (0,039)*	0,09 (0,04)*		0,88 (0,032)*	
70-79	0,37 (0,032)*			0,34 (0,031)*	1,31 (0,036)*				0,15 (0,043)*		0,15 (0,043)*	0,16 (0,043)*		1,13 (0,034)*	
80-89	0,4 (0,033)*			0,36 (0,033)*	1,53 (0,039)*				0,17 (0,048)*		0,15 (0,043)*	0,18 (0,048)*		1,3 (0,037)*	
Período															
2008		0,17 (0,005)*		0,15 (0,005)*		0,15 (0,005)*		0,2 (0,005)*	0,18 (0,006)*	0,16 (0,007)*	0,18 (0,006)*	0,18 (0,006)*	0,12 (0,004)*		0,18 (0,006)*
2017		0,41 (0,005)*		0,38 (0,005)*		0,38 (0,005)*		0,49 (0,005)*	0,44 (0,009)*	0,38 (0,012)*	0,44 (0,009)*	0,44 (0,009)*	0,33 (0,005)*		0,44 (0,009)*
Coorte															
1920-1929			-0,02 (0,036)		0,1 (0,036)*		0,17 (0,035)*	-0,09 (0,035)*	-0,07 (0,036)	-0,02 (0,035)	-0,08 (0,035)*	0 (restrição)	-0,03 (0,031)	0,07 (0,034)*	-0,06 (0,035)
1930-1939			0,08 (0,034)*		0,36 (0,037)*		0,46 (0,034)*	-0,07 (0,033)*	-0,02 (0,037)	0,06 (0,036)	-0,03 (0,034)	0,05 (0,016)*	0,05 (0,029)	0,3 (0,034)*	-0,02 (0,035)
1940-1949			0,05 (0,034)		0,55 (0,038)*		0,68 (0,034)*	-0,13 (0,033)*	-0,04 (0,039)	0,07 (0,039)	-0,05 (0,035)	0,03 (0,019)	0,08 (0,029)*	0,46 (0,035)*	-0,05 (0,036)
1950-1959			0,01 (0,034)		0,75 (0,038)*		0,91 (0,035)*	-0,18 (0,033)*	-0,04 (0,042)	0,09 (0,043)*	-0,06 (0,037)	0,02 (0,023)	0,11 (0,029)*	0,64 (0,036)*	-0,07 (0,038)
1960-1969			-0,1 (0,034)*		0,89 (0,039)*		1,06 (0,036)*	-0,3 (0,033)*	-0,11 (0,044)*	0,04 (0,047)	-0,13 (0,039)*	-0,05 (0,026)	0,03 (0,029)	0,77 (0,036)*	-0,16 (0,041)*
1970-1979			-0,18 (0,034)*		1,02 (0,039)*		1,24 (0,037)*	-0,4 (0,033)*	-0,19 (0,047)*	0,01 (0,053)	-0,21 (0,042)*	-0,12 (0,03)*	-0,1 (0,029)*	0,89 (0,037)*	-0,23 (0,044)*
1980-1989			-0,1 (0,034)*		1,21 (0,04)*		1,48 (0,038)*	-0,43 (0,033)*	-0,21 (0,05)*	0,04 (0,058)	-0,23 (0,045)*	-0,14 (0,034)*	-0,17 (0,029)*	1,06 (0,037)*	-0,24 (0,048)*
1990-1999			0 (0,037)		1,4 (0,043)*		1,73 (0,041)*	-0,46 (0,036)*	-0,24 (0,055)*	0,08 (0,065)	-0,27 (0,05)*	-0,17 (0,041)*	-0,23 (0,032)*	1,25 (0,04)*	-0,24 (0,053)*
2000-2005			0,14 (0,125)		1,66 (0,128)*		2,07 (0,124)*	-0,33 (0,121)*	-0,11 (0,132)	0,26 (0,135)	-0,14 (0,13)	-0,04 (0,127)	-0,12 (0,107)	1,54 (0,12)*	-0,08 (0,129)
idade						0,01 (0)*	0,03 (0)*			0,01 (0,001)*					
numérica													-0,23 (0,001)*		
num_														0 (0)*	
moradores															
renda_															
percapita															0,01 (0,001)*
idade_															
central															

Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.
Nota: Erro padrão entre parênteses; * significância da variável ou da categoria ao nível de 5%.

à medida que avança a idade do chefe do domicílio. Nos modelos parciais VI e VII, que consideraram a idade como variável numérica, o efeito da idade foi positivo e significativo.

FIGURA 1
Efeitos de idade no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*, segundo modelo adotado
Brasil – 2002-2017



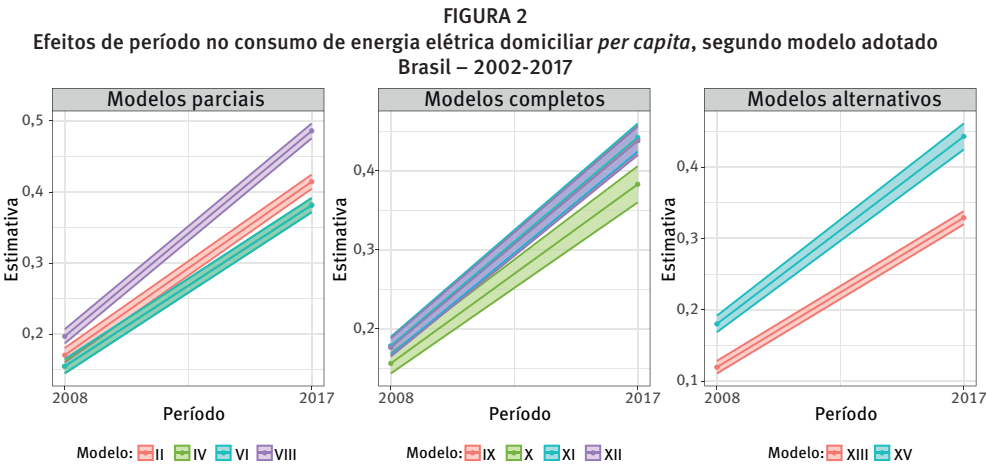
Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.

Nota: Estimativas pontuais e intervalo de confiança ao nível de 95%.

Os efeitos de idade estimados pelos modelos completos (IX, XI e XII) apresentaram comportamentos bastante semelhantes, tanto em termos de estrutura como de nível. Observa-se um discreto declínio no consumo até o grupo etário de 30-39 anos, seguido de crescimento contínuo para os grupos subsequentes. Uma certa estabilidade é verificada entre os dois últimos grupos etários, 70-79 e 80-89 anos. Percebe-se que os modelos completos, que contemplam a três dimensões APC, apresentaram comportamentos convergentes dos efeitos de idade, independentemente da adoção ou não de restrições de igualdade. No modelo completo X, que adota a idade como variável numérica, também se observa um efeito positivo da idade no consumo de energia elétrica.

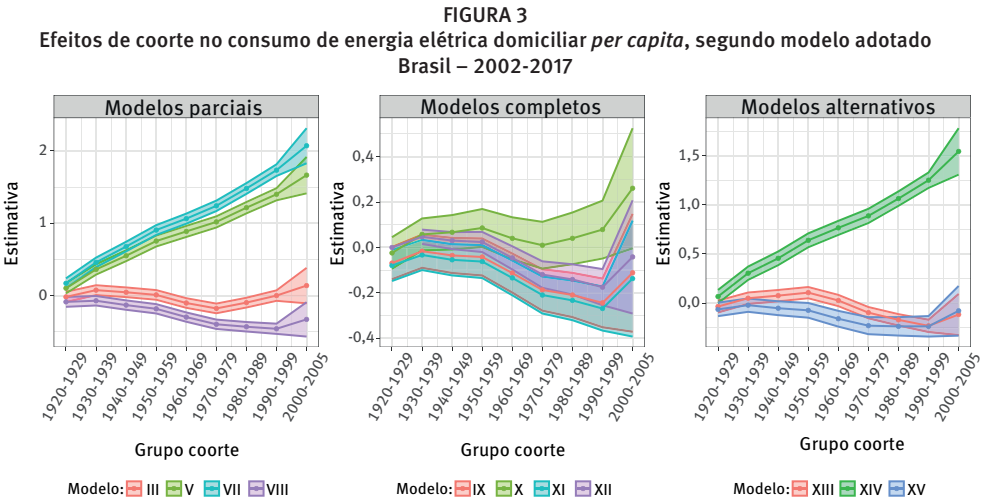
Nos efeitos de idade estimados pelo modelo alternativo XIV, que associou idade, coorte e renda, verifica-se um aumento quase que linear entre o consumo de energia elétrica e a idade do chefe do domicílio, comportamento condizente com aquele estimado pelo modelo parcial V. No modelo XV, no qual foi utilizado o quadrado da idade central de cada faixa etária, o coeficiente foi positivo, corroborando os resultados dos modelos anteriores que estimaram um efeito crescente no consumo de energia elétrica à medida que o chefe do domicílio e todo o agregado familiar envelhecem.

Em relação aos efeitos de período (Figura 2), foi encontrado um padrão muito bem definido e semelhante em todos os modelos, que é um maior efeito dos anos mais recentes no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Ou seja, o aumento da renda domiciliar verificado entre 2002 e 2017 exerceu significativa influência no aumento do consumo de energia elétrica para o mesmo período.



Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.
Nota: Estimativas pontuais e intervalo de confiança ao nível de 95%.

Quanto aos efeitos de coorte (Figura 3), observa-se maior divergência nas estimativas encontradas pelos modelos. Nos modelos parciais III e VIII, verifica-se uma diminuição na intensidade do consumo de energia à medida que se avança das coortes mais novas até a de 1980-1989, seguida de aumento gradual nas coortes subsequentes. Já nos modelos que associaram a coorte com idade (modelos V e VII), verifica-se aumento consistente do consumo nas coortes mais recentes em comparação com as suas antecessoras.



Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.
Nota: Estimativas pontuais e intervalo de confiança ao nível de 95%.

Nos modelos completos, os efeitos de coorte identificados apresentaram maior similaridade, principalmente em relação à estrutura. Tomando como referência a coorte mais velha (1912-1919), verifica-se certa estabilidade até a coorte de 1950-1959. A partir daí, ocorre

uma diminuição mais proeminente no consumo até a coorte 1990-1999, com posterior crescimento na última coorte, de 2000-2005. No modelo X, esse aumento na intensidade de consumo energético pelos domicílios se deu já a partir da coorte de 1980-1989.

Nos modelos alternativos, os efeitos de coorte também apresentaram divergências, semelhantes às observadas nos modelos parciais. Os modelos XIII e XV apresentaram estabilização do consumo entre as coortes mais velhas e discreta redução nas coortes mais novas, com exceção da última coorte, 2000-2005. Já o modelo XIV estimou um efeito crescente do consumo em relação às coortes. De maneira geral, pode-se afirmar que todos os modelos completos, os modelos parciais III e VIII e os modelos alternativos XIII e XV convergiram quanto à estrutura do efeito de coorte.

Os resultados obtidos pelo modelo hierárquico também se mostram congruentes com aqueles observados nos modelos completos. As estimativas do modelo são apresentadas na Tabela 3. Os efeitos de idade estão dispostos na Figura 4A. Observa-se que a intensidade do consumo de energia elétrica *per capita* permanece relativamente estável entre os dois primeiros grupos etários (10-19 e 20-29 anos), atinge seu menor nível no grupo de 30-39 anos e, em seguida, cresce de forma constante até o grupo etário mais elevado.

TABELA 3
Estimativas, erros padrão e intervalos de 95% de confiança (IC 95%) do efeito fixo e dos efeitos aleatórios

Modelos	Estimativa	Erro padrão	IC 95% de Confiança – LI	IC 95% de Confiança – LS
(Intercept)	3,7442	0,1102	3,5283	3,9601
Grupos etários				
10-19 anos (referência)	0			
20-29 anos	0,0063	0,0313	-0,055	0,0675
30-39 anos	-0,024	0,032	-0,0866	0,0386
40-49 anos	0,0225	0,0332	-0,0427	0,0877
50-59 anos	0,0863	0,0349	0,0179	0,1546
60-69 anos	0,1227	0,0369	0,0503	0,1951
70-79 anos	0,1922	0,0396	0,1147	0,2697
80-89 anos	0,2193	0,0434	0,1341	0,3044
Grupos coorte				
1912-1919	0,0617	0,0353	-0,0074	0,1308
1920-1929	0,0119	0,0256	-0,0382	0,062
1930-1939	0,0709	0,024	0,0238	0,1179
1940-1949	0,0599	0,0236	0,0136	0,1062
1950-1959	0,0603	0,0234	0,0143	0,1062
1960-1969	-0,0034	0,0234	-0,0492	0,0424
1970-1979	-0,0707	0,0234	-0,1167	-0,0248
1980-1989	-0,086	0,0238	-0,1327	-0,0393
1990-1999	-0,1103	0,0265	-0,1622	-0,0584
2000-2005	0,0059	0,061	-0,1137	0,1254

(continua)

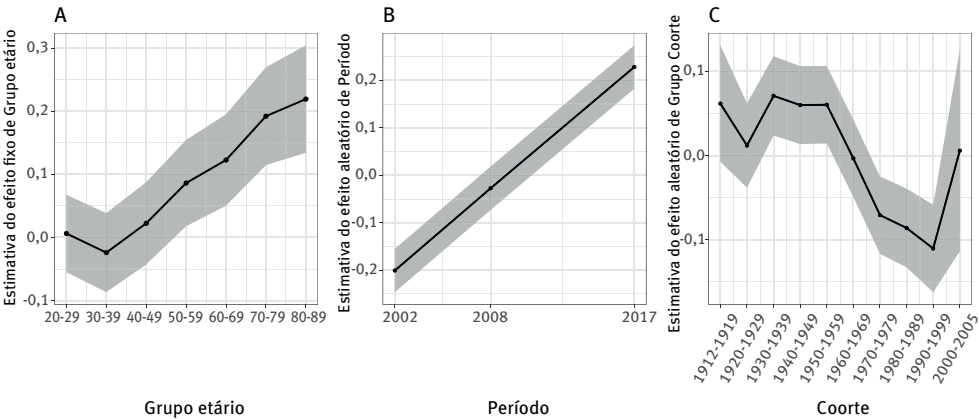
(continuação)

Modelos	Estimativa	Erro padrão	IC 95% de Confiança – LI	IC 95% de Confiança – LS
Período				
2002	-0,2006	0,0233	-0,2462	-0,155
2008	-0,0274	0,0233	-0,0731	0,0183
2017	0,228	0,0233	0,1824	0,2736
Desvio padrão do efeito aleatório de grupo coorte	0,071			
Desvio padrão do efeito aleatório de período	0,1776			
Desvio padrão do erro	0,0036			

Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.
Nota: LI – limite inferior e LS – limite superior

Os efeitos aleatórios de período e coorte estão dispostos nas Figura 4B e 4C, respectivamente. Verifica-se que os efeitos de coorte e período do modelo hierárquico apresentam um comportamento muito similar em comparação com os efeitos identificados pelos modelos de efeito fixo, especialmente dos modelos completos que utilizam as três dimensões APC. Considerando especificamente o efeito aleatório de período, nota-se crescimento progressivo entre os três períodos analisados, indicando aumento do efeito associado ao período sobre o consumo de energia. Já em relação aos efeitos aleatórios de coorte, percebe-se um maior efeito sobre o consumo proveniente das coortes de 1912-1919 até 1950-1959, seguido de redução nas coortes subsequentes e mais novas. A coorte nascida no início do século XXI (2000-2005) constitui uma exceção a esse padrão, apresentando um aumento na intensidade de consumo de energia elétrica em relação à coorte imediatamente anterior.

FIGURA 4
Efeitos de idade, coorte e período no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* estimados pelo modelo hierárquico
Brasil – 2002-2017



Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.
Nota: Estimativas pontuais e intervalo de confiança ao nível de 95%.

Como proposto na metodologia, também foram estimados modelos restritos contendo pelo menos um dos dois efeitos aleatórios de nível 2. Com base no resultado do teste de razão de verossimilhança, verificou-se que as variáveis tidas como contextuais (período e coorte) influenciam de forma estatisticamente significativa na variação do consumo de energia elétrica *per capita* dos domicílios brasileiros (Tabela 4).

TABELA 4
Estatística do modelo e valor-p para o teste da razão de verossimilhança

Modelo	Qtd. de parâmetros	AIC	BIC	LogLik	Deviance	Estatística do teste	Grau de liberdade	Valor-p
Modelo nulo (sem efeito aleatório)	9	402649,6	402738,4	-201315,8	402631,6	5715,4838	2	<0,0001
Modelo sem efeito aleatório de grupo coorte	10	397061,5	397160,2	-198520,8	397041,5	125,3747	1	<0,0001
Modelo sem efeito aleatório de período	10	399168,6	399267,3	-199574,3	399148,6	2232,4844	1	<0,0001
Modelo completo (efeito fixo e aleatório)	11	396938,1	397046,7	-198458,1	396916,1			

Fonte: IBGE. Microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2002, 2008 e 2017. Elaboração própria.

Discussão

Este trabalho propôs a utilização de diferentes modelos APC, que empregam distintas formas de estimação dos coeficientes e variadas suposições para superar o problema de identificação. Cada modelo apresenta potencialidades e limitações específicas, e sua utilização conjunta teve o intuito de verificar a possível convergência dos resultados e, assim, obter evidências mais robustas sobre os efeitos APC no consumo de energia elétrica. Todos os modelos utilizados convergiram, em alguma medida, quanto aos efeitos de idade e período, enquanto diferenças em níveis e padrões mais significativos foram verificadas nos efeitos de coorte.

Entre os modelos utilizados, os modelos parciais são aqueles em que as suposições impostas são as mais rígidas e difíceis de serem observadas na prática, uma vez que se trata de um contexto em que não há nenhum efeito de pelo menos uma das variáveis de idade, período e coorte. Por isso, seus resultados são interpretados com maior ressalva neste trabalho. Os modelos alternativos, apesar de terem apresentado os maiores valores para R², também carregam fortes limitações, pois pressupõem que os efeitos de idade, período ou coorte possam ser representados por uma única *proxy* ou variável, o que é pouco verossímil. Desse modo, os resultados dos modelos alternativos também devem ser analisados com cautela.

Já os modelos completos são aqueles aos quais este trabalho atribui maior confiabilidade. Primeiramente, por motivo óbvio, porque incorporam as três variáveis APC para

entender os seus efeitos sobre o consumo de energia elétrica. Em segundo lugar, as restrições impostas à estimação dos coeficientes nos modelos XI e XII possuem forte amparo teórico na literatura, conferindo maior sustentação às estimativas obtidas.

O modelo hierárquico também apresenta, na avaliação deste trabalho, uma forte aplicabilidade teórica aos problemas relacionados à identificação dos efeitos APC, apesar das críticas feitas ao método (Bell; Jones, 2014). A congruência e a similaridade dos coeficientes estimados pelos modelos completos (com e sem restrição) e pelo modelo hierárquico constituem fortes evidências de que esses resultados representam os efeitos de APC mais plausíveis para o consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Desse modo, as análises apresentadas a seguir baseiam-se nos resultados encontrados pelos modelos completos e hierárquico.

Em relação especificamente aos efeitos de idade, os resultados indicam leve queda do consumo nas idades mais jovens, atingindo o menor nível na faixa etária de 30 a 39 anos, seguida de crescimento contínuo da intensidade do consumo à medida que aumenta a idade do chefe do domicílio. Em termos gerais, esse resultado sugere que, quanto mais envelhecida é a família, maior tende a ser o consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Esse resultado corrobora boa parte da literatura recente sobre o tema (Inoue *et al.*, 2022; Estiri; Zagheni, 2019; Bardazzi; Pazienza, 2020; Aslam; Ahmad, 2018; Diógenes; Ojima, 2020).

Especificamente sobre a queda observada no grupo etário de 30 a 39 anos nos modelos completos, é necessária cautela interpretativa. Considerando as limitações inerentes aos modelos APC, especialmente a sensibilidade das estimativas às restrições adotadas e ao problema de identificação, essa inflexão deve ser interpretada como um padrão etário estimado, e não como um efeito comportamental isolado da idade. Além disso, esse resultado não deve ser entendido necessariamente como uma atipicidade substantiva do grupo de 30 a 39 anos em relação ao padrão geral de crescimento do consumo à medida que o domicílio envelhece, pois também pode refletir incertezas associadas às estimativas do grupo etário anterior, de 20 a 29 anos, cuja densidade amostral relativa é menor em todos os períodos analisados.¹

O efeito de idade observado nos resultados pode ser explicado pelo fato de que as famílias adaptam o comportamento de consumo às necessidades das diferentes fases do ciclo de vida. Por exemplo, os idosos passam mais tempo em casa durante o dia e geralmente requerem mais conforto térmico, utilizando mais equipamentos elétricos de resfriamento ou aquecimento (Yu *et al.*, 2018). Outro fator explicativo é uma maior resistência entre os idosos para atitudes pró-ambientais, já que não se beneficiarão de uma melhoria na qualidade ambiental no futuro (Menz; Welsch, 2012; Bhattacharjee; Reichard, 2011; Hersch; Viscusi, 2006).

¹ Na amostra sem expansão, o grupo etário de 20-29 anos corresponde a 13,44% dos domicílios em 2002, 12,30% em 2008 e 8,40% em 2017, enquanto o grupo de 30-39 anos representa, respectivamente, 24,67%, 21,71% e 19,14%. Em média, o grupo de 20-29 anos responde por 11,21% da amostra, contra 21,63% do grupo de 30-39 anos.

Outro aspecto que interfere no efeito de idade é a diminuição do número de pessoas no domicílio à medida que a família envelhece, representando um efeito de economia de escala. Se anteriormente tinha-se um familiar nuclear compartilhando todo o gasto energético de uma casa, ao longo do envelhecimento da família esse arranjo familiar passa a ser de uma ou duas pessoas, demandando praticamente o mesmo gasto energético para manter o domicílio, o que acarreta no aumento do consumo *per capita* da família (Wu *et al.*, 2021, Fernandez-Villaverde; Krueger, 2007).

A renda é outra variável relevante que pode contribuir para o aumento do consumo de energia elétrica ao longo da idade, já que se esperam crescimento da renda e acúmulo de capital ao longo do ciclo de vida dos indivíduos. Com uma renda maior, a família está mais propícia a adquirir mais bens de consumo elétricos, morar em casas maiores, entre outras atitudes que incrementarão a intensidade do uso de energia do domicílio (Estiri; Zagheni, 2019). Contudo, há vários fatores de confundimento na relação entre renda e consumo de energia dos domicílios, agindo de forma direta e indireta (Deaton, 2018). Se, por um lado, uma renda mais elevada amplia a capacidade das famílias em adquirir imóveis maiores e maior quantidade de eletrodomésticos, que tendem a aumentar sua demanda de energia, por outro, também pode favorecer a compra de casas e equipamentos mais eficientes do ponto de vista energético (Kissinger; Damari, 2021).

Quanto aos efeitos de período, os resultados identificaram um crescimento da intensidade de consumo de energia elétrica *per capita* entre os anos observados. Esse comportamento pode ser atribuído a uma série de fatores, entre os quais se destaca a diminuição do tamanho das famílias brasileiras, o que contribui para o aumento do consumo *per capita* de energia por meio do efeito de escala. A renda também pode estar associada ao efeito de período, uma vez que se observou aumento da renda *per capita* dos domicílios durante o período de análise, ampliando a possibilidade da aquisição de bens de consumo elétricos.

Contudo, é preciso fazer algumas ponderações sobre os efeitos de período. A POF não tem periodicidade regular e apresenta intervalos relativamente grandes entre uma edição e outra, o que dificulta a identificação dos fatores associados ao efeito de período, especialmente os de caráter econômico. Torna-se, portanto, mais difícil captar flutuações do consumo decorrentes de políticas públicas e crises econômicas, que geralmente são agudas e podem ter efeitos prolongados ou não.

No que diz respeito aos efeitos de coorte observados, pode-se dividir as coortes em dois grupos. Verifica-se que as coortes mais antigas, nascidas entre 1912 e 1959, apresentaram maiores níveis de intensidade de consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Já as coortes nascidas entre 1960 e 1999 registraram queda significativa e constante do consumo. O aumento observado na coorte mais recente, 2000-2005, deve ser analisado com cautela, pois a base de dados possui poucas observações de domicílios chefiados por pessoas que nasceram nesse período. Assim,

esse resultado pode representar apenas um ruído decorrente de uma amostra ainda muito pequena.²

O padrão observado para os efeitos de coorte é consistente com o argumento teórico de que as coortes mais jovens, por apresentarem níveis mais elevados de escolaridade e terem vivenciado, ainda jovens, o surgimento e a consolidação do discurso ambiental – inclusive com a inclusão dessa temática nos conteúdos escolares – apresentam atitudes mais econômicas do ponto de vista energético no âmbito domiciliar. Em uma perspectiva mais abrangente, pode-se supor que as coortes mais jovens, pelas razões já expostas, apresentem maior consciência ambiental acerca das consequências dos seus hábitos de consumo e expressem valores pós-materialistas, associados a comportamentos de menor intensidade de consumo (Inglehart, 1971; Menz; Kühling, 2011). Chancel (2014) reforça esse entendimento ao afirmar que as gerações nascidas após 1960 ingressaram na vida adulta após o segundo choque do petróleo, período em que a necessidade de reduzir o consumo de energia se consolidava como uma preocupação pública relevante.

Essa interpretação, contudo, não é consensual. Há pesquisas que apontam justamente o contrário, mostrando que os jovens, apesar de mais escolarizados e conscientes das questões ambientais, não incorporam ao cotidiano hábitos de consumo menos intensivos ou atitudes ambientalmente menos danosas. Haveria, nesse caso, um descompasso entre consciência ambiental e ações concretas (Pampel; Hunter, 2012).

O contexto econômico ao qual as diferentes coortes foram expostas, ao que a teoria também impute grande influência na definição de comportamentos e hábitos de consumo duradouros, também pode ajudar a entender os efeitos de coorte no consumo de energia elétrica observados. A trajetória do crescimento econômico do Brasil é marcada por distintas fases de crescimento e retração, sendo observado o período mais próspero a partir de 1945 até o fim da década de 1970 (Tombolo; Sampaio, 2013). É justamente nesse período de contínuo crescimento econômico que grande parte das coortes que apresentaram o maior consumo de energia vivenciaram as suas fases formativas de infância e juventude, que são as fases mais determinantes para definição dos hábitos e comportamentos de consumo. As coortes nascidas entre 1940 e 1960, por exemplo, vivenciaram seus primeiros 20 anos de vida em um contexto de expansão econômica. Essa experiência pode ter contribuído para a formação de padrões de consumo mais elevados e persistentes ao longo da vida. Já as coortes mais recentes, pós-1960, tiveram menos ou nenhuma oportunidade de vivenciar esse período economicamente próspero e foram submetidas a um contexto econômico mais instável, notadamente a partir da década de 1980, marcado por elevada inflação e desemprego, o que pode ter contribuído para a formação de hábitos permanentemente mais baixos de consumo.

² Na amostra sem expansão, a coorte 2000-2005 aparece apenas na POF 2017, com 53 domicílios, correspondendo a 0,10% da amostra daquele período. A coorte imediatamente anterior, 1990-1999, também apresenta baixa participação em 2008, com 120 domicílios (0,24%), embora alcance 3.138 domicílios em 2017 (6,04%). Os totais amostrais considerados foram de 41.182 domicílios em 2002, 49.157 em 2008 e 51.965 em 2017. Esses números reforçam a necessidade de cautela na interpretação das estimativas das coortes mais recentes.

Outros fatores também podem estar associados aos efeitos de coorte, sejam eles decorrentes ou não de uma maior consciência da causa ambiental. As coortes mais jovens tendem a morar em imóveis menores, o que pode decorrer da redução do tamanho das famílias, de transformações associadas à urbanização e à cultura contemporânea, de mudanças nos padrões arquitetônicos das moradias e/ou de uma indução do próprio mercado imobiliário e da construção civil. Essas residências menores, em geral, demandam menos energia para aquecimento, resfriamento ou iluminação do que imóveis maiores. Desse modo, as gerações mais jovens, que tendem a viver em imóveis menores, devem consumir menos energia do que as gerações mais velhas que vivem em residências maiores (Inoue *et al.*, 2022). Além de menores, os domicílios formados mais recentemente tendem a contar com equipamentos tecnologicamente mais eficientes, o que também pode reduzir a intensidade de consumo de energia elétrica (Pourouchottamin *et al.*, 2013).

Os efeitos de coortes no consumo de energia elétrica domiciliar reportados pela literatura são diversos. Algumas pesquisas chegaram a conclusões semelhantes às deste trabalho (Inoue *et al.*, 2022; Meyer, 2015), enquanto outras identificaram padrões divergentes (Bardazzi; Pazienza, 2020; Aslam; Ahmad, 2018; Menz; Welsch, 2012; Chancel, 2014).

Diante do exposto, cabe ressaltar que os efeitos de coorte devem ser analisados de forma parcimoniosa, pois os dados utilizados neste estudo não permitem observar diretamente consciência ambiental, valores individuais ou atitudes declaradas em relação ao consumo. Assim, os resultados não devem ser interpretados como evidência direta de maior consciência ambiental das coortes mais recentes, mas sim como indicação de diferenciais geracionais no consumo domiciliar de energia elétrica. Além disso, explicações alternativas também são plausíveis. Como discutido, o menor consumo relativo das coortes mais recentes pode estar associado a fatores econômicos, tecnológicos, habitacionais e demográficos, como mudanças no tamanho e na composição dos domicílios, predomínio de moradias menores, maior eficiência energética dos equipamentos e transformações nos padrões de acesso e uso de bens duráveis. Dessa forma, a queda do consumo entre as coortes pós-1960 deve ser compreendida como resultado potencial de um conjunto de fatores, e não exclusivamente como consequência de maior consciência ambiental ou de valores pós-materialistas.

De maneira geral, os efeitos de idade no consumo de energia elétrica domiciliar encontrados por este trabalho convergiram com o que a maioria da literatura especializada sugere, que é um aumento do consumo com o avanço da idade. Já os efeitos de período e coorte apresentaram maior heterogeneidade em relação aos estudos consultados. Essa similaridade dos efeitos de idade é coerente, uma vez que essa dimensão está associada a mudanças no comportamento do consumo decorrentes de variações ligadas aos processos biológicos e sociais do envelhecimento dos indivíduos, de modo que se espera que não haja diferença significativa dos efeitos de idade entre distintas populações. Já os efeitos de período e coorte refletem as consequências dos eventos e contextos históricos, sociais, econômicos, culturais e políticos aos quais essas pessoas foram expostas, de modo que

essa questão é muito particular e específica para cada população ou país. Nesse sentido, uma maior divergência é esperada.

Conclusões

O consumo de energia elétrica das famílias vem ganhando destaque na agenda de pesquisas em razão do seu impacto sobre a demanda global de bens e serviços e, consequentemente, sobre a emissão de gases de efeito estufa, além de refletir estilos de vida, hábitos e comportamentos da unidade social na qual se concentra grande parte das formas de consumo. Portanto, é pertinente questionar quais são os principais condicionantes e condutores do consumo de energia elétrica dos domicílios ao longo do tempo. Dada a característica multidimensional e conceitual do consumo, sua efetiva compreensão requer abordagens capazes de contemplar minimamente essa complexidade que o envolve. Os métodos de idade-período-coorte apresentam grande utilidade nesse sentido, podendo fornecer uma ferramenta perspicaz acerca da evolução dos padrões de consumo energético das famílias e das influências associadas às diversas fases do ciclo de vida, bem como aos contextos sociais, históricos e econômicos experimentados pelas diferentes coortes.

Quanto às principais limitações do trabalho, pode-se citar a dificuldade de construir uma série histórica mais extensa em razão do número relativamente reduzido de edições da POF, o que pode interferir na acurácia das estimativas. Outra limitação é o uso do consumo domiciliar de energia elétrica como forma de se estimar o estilo de vida da família, uma vez que existem várias outras formas de consumo dos domicílios e dos indivíduos que os compõem e que também contribuem para o impacto no meio ambiente. Desse modo, o consumo domiciliar de energia elétrica é tratado, neste estudo, como um indicador parcial dos padrões de consumo e das condições de vida dos domicílios. Embora seja uma dimensão relevante do metabolismo doméstico, esse consumo também reflete fatores estruturais, territoriais e tecnológicos, como características da moradia, acesso a equipamentos, eficiência energética, clima, localização regional e disponibilidade de infraestrutura. Portanto, não deve ser interpretado como medida exaustiva dos estilos de vida ou do impacto ambiental total dos domicílios.

Considerando essas limitações e a relativa controvérsia acerca dos métodos APC, ainda que este trabalho tenha adotado os métodos que julgamos mais adequados, recomenda-se que os resultados sejam interpretados à luz dessas contextualizações. O que deve ser levado em conta e ressaltado não é propriamente o valor das estimativas, mas sim as tendências identificadas dos efeitos de idade, período e coorte.

Cabe ponderar ainda que, apesar do resultado encontrado para os efeitos de coortes, considera-se prematuro rotular a coorte pós-1960 no Brasil como uma “geração verde”, pós-materialista ou qualquer outra denominação semelhante. Os resultados não permitem atribuir diretamente esse padrão a uma maior consciência ambiental. O comportamento mais ambientalmente amigável das coortes mais jovens pode decorrer, em parte, de outras

questões ligadas à estrutura/organização social, às condições econômicas e demográficas, às transformações tecnológicas e às características habitacionais, e que não estão relacionadas a atitudes deliberadas de economia de energia resultantes de uma preocupação mais nobre com o impacto do seu consumo ao meio ambiente.

No âmbito das políticas públicas de planejamento da demanda e da geração de energia elétrica no país, os resultados encontrados laçam luz sobre a importância de incorporar, às projeções de demanda, as mudanças na composição da população segundo idade (envelhecimento populacional) e coorte (metabolismo demográfico), bem como os diferenciais de consumo por estas características.

Por fim, cabe a reflexão sobre qual direção as alterações de valores morais e éticos em uma sociedade de consumo estão levando a humanidade. Não se pode negar os avanços substanciais em eficiência energética nas últimas décadas e nem subestimar as potencialidades das inovações tecnológicas nos processos de geração de energia elétrica por fontes limpas e nos processos industriais de manufatura. Contudo, a atenção apenas nas melhorias tecnológicas e energéticas dos processos produtivos pode não ser suficiente e oportuna para fazer frente a todas as alterações negativas que o homem vem exercendo sobre a natureza, sendo necessária e urgente também uma revisão dos nossos padrões e níveis de consumo.

Referências

- ASLAM, M.; AHMAD, E. Impact of ageing and generational effects on household energy consumption behavior: evidence from Pakistan. **Energies**, v. 11, n. 8, 2018. <https://doi.org/10.3390/en11082003>
- ASSADOURIAN, E. The rise and fall of consumer cultures. *In*: WORLDWATCH INSTITUTE. **State of the World 2010: transforming cultures from consumerism to sustainability**. 27th ed. New York: Routledge, 2013. p. 3-20.
- BARDAZZI, R.; PAZIENZA, M. G. Switch off the light, please! Energy use, aging population and consumption habits. **Energy Economics**, v. 65, p. 161-171, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.04.025>
- BARDAZZI, R.; PAZIENZA, M. G. When I was your age: generational effects on long-run residential energy consumption in Italy. **Energy Research & Social Science**, v. 70, e101611, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101611>
- BELL, A. Introducing age, period and cohort effects. *In*: BELL, A. (Ed.). **Age, period and cohort effects: statistical analysis and the identification problem**. [S.l.]: Routledge, 2020.
- BELL, A.; JONES, K. Another 'futile quest'? A simulation study of Yang and Land's Hierarchical Age-Period-Cohort model. **Demographic Research**, v. 30, n. 11, p. 333-360, 2014. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2013.30.11>
- BHATTACHARJEE, S.; REICHARD, G. Socio-economic factors affecting individual household energy consumption: a systematic review. *In*: ASME 2011 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY SUSTAINABILITY. **Proceedings [...]**. Washington, DC, 2011. p. 1-11. <https://doi.org/10.1115/ES2011-54615>

BÜTTNER, T.; GRÜBLER, A. The birth of a “green” generation? Generational dynamics of resource consumption patterns. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 50, n. 2, p. 113-134, 1995. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(95\)00052-C](https://doi.org/10.1016/0040-1625(95)00052-C)

CHANCEL, L. Are younger generations higher carbon emitters than their elders? Inequalities, generations and CO₂ emissions in France and in the USA. **Ecological Economics**, v. 100, p. 195-207, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.009>

DEATON, A. **The analysis of household surveys: a microeconomic approach to development policy**. Reissue edition with a new preface. Washington, DC: World Bank, 2018. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1331-3>

DIÓGENES, V. H. D. **Efeitos de idade, período e coorte no consumo de energia elétrica dos domicílios brasileiros no século XXI: uma análise sob a perspectiva da relação população-consumo-ambiente**. Tese (Doutorado em Demografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, 2022.

DIÓGENES, V. H. D.; OJIMA, R. Analysis of the impact of the age structure transition on electricity consumption in Brazilian households. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 54, p. 428-448, 2020. <https://doi.org/10.5380/DMA.V54I0.68814>

ESTIRI, H.; ZAGHENI, E. Age matters: ageing and household energy demand in the United States. **Energy Research & Social Science**, v. 55, p. 62-70, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.006>

FERNÁNDEZ-VILLAVERDE, J.; KRUEGER, D. Consumption over the life cycle: facts from Consumer Expenditure Survey Data. **Review of Economics and Statistics**, v. 89, n. 3, p. 552-565, 2007. <https://doi.org/10.1162/rest.89.3.552>

FOSSE, E.; WINSHIP, C. Analyzing Age-Period-Cohort Data: a review and critique. **Annual Review of Sociology**, v. 45, n. 1, p. 467-492, 2019.

GVISIEZ, G. H. N.; RIOS-NETO, E. L. G.; SAWYER, D. O. Projeção da demanda demográfica por domicílios: aplicação da metodologia das taxas de chefia baseada em modelos idade-período-coorte. In: GUIMARÃES, J. R. S. (Org.). **Demografia dos negócios: campo de estudo, perspectivas e aplicações**. Campinas: Abep, 2006. p. 214-255.

GUIMARÃES, R. R. de M.; RIOS-NETO, E. L. G. Comparação entre metodologias de idade-período-coorte para o estudo de uma medida da progressão escolar no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 28, n. 2, p. 349-367, 2011. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0102-30982011000200007>

HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR., E.; OJIMA, R. **População e ambiente: desafios à sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

HOLFORD, T. R. Understanding the effects of age, period, and cohort on incidence and mortality rates. **Annual Review of Public Health**, v. 12, p. 425-457, 1991. <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.12.050191.002233>.

INGLEHART, R. The silent revolution in Europe: intergenerational change in post-industrial societies. **American Political Science Review**, v. 65, n. 4, p. 991-1017, 1971. <https://doi.org/10.2307/1953494>

INOUE, N.; MATSUMOTO, S.; MAYUMI, K. Household energy consumption pattern changes in an aging society: the case of Japan between 1989 and 2014 in retrospect. **International Journal of Economic Policy Studies**, v. 16, n. 1, p. 67-83, 2022. <https://doi.org/10.1007/s42495-021-00069-y>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IPCC. **Climate change 2021: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

IVANOVA, O.; FLORES-ZAMORA, J.; KHELLADI, I.; IVANAJ, S. The generational cohort effect in the context of responsible consumption. **Management Decision**, v. 57, n. 5, p. 1162-1183, 2019. <https://doi.org/10.1108/MD-12-2016-0915>

JACKSON, T. **Prosperity without growth?** The transition to a sustainable economy. [S.l.]: Sustainable Development Commission, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/3MK12Sm>

JIANG, L.; HARDEE, K. How do recent population trends matter to climate change? **Population Research and Policy Review**, v. 30, n. 2, p. 287-312, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11113-010-9189-7>

KISSINGER, M.; DAMARI, Y. Household metabolism: integrating socio-economic characteristics and lifestyles on individual and national scales as a mean for advancing environmental management. **Journal of Environmental Management**, v. 279, e111526, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111526>

LENGLART, F.; LESIEUR, C.; PASQUIER, J.-L. Les émissions de CO₂ du circuit économique en France. In: INSEE. **L'économie française: comptes et dossiers**. (Insee Références), éd. 2010. Paris: Insee, 2010. p. 101-125.

LIDDLE, B. Consumption-driven environmental impact and age structure change in OECD countries: a cointegration-STIRPAT analysis. **Demographic Research**, v. 24, p. 749-770, 2011. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2011.24.30>

LIU, J.; WANG, R.; YANG, J. Metabolism and driving forces of Chinese urban household consumption. **Population and Environment**, v. 26, n. 4, p. 325-341, 2005. <https://doi.org/10.1007/s11111-005-3345-8>

MARTINE, G. Promovendo a demografia da sustentabilidade. In: MARTINE, G. (Org.). **População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira**. Campinas: Abep, 2012.

MARTINE, G.; TORRES, H.; MELLO, L. F. de. Cultura do consumo e desenvolvimento econômico na era das mudanças climáticas. In: MARTINE, G. (Org.). **População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira**. Campinas: Abep, 2012, p. 19-32.

MASON, A.; LEE, R. Labor and consumption across the lifecycle. **Journal of the Economics of Ageing**, v. 1-2, p. 16-27, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jeoa.2013.06.002>

MELLO, L. F. de; SATHLER, D. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 2, p. 357-380, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-30982015000000020>

MENZ, T.; KÜHLING, J. Population aging and environmental quality in OECD countries: evidence from sulfur dioxide emissions data. **Population and Environment**, v. 33, n. 1, p. 55-79, 2011. <https://doi.org/10.1007/S11111-011-0132-6>

MENZ, T.; WELSCH, H. Population aging and carbon emissions in OECD countries: accounting for life-cycle and cohort effects. **Energy Economics**, v. 34, n. 3, p. 842-849, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.016>

MEYER, A. Does education increase pro-environmental behavior? Evidence from Europe. **Ecological Economics**, v. 116, p. 108-121, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.018>

OJIMA, R. Mais quente e mais cheio? Alguns mitos e outras verdades sobre a população e mudanças climáticas no Brasil. *In*: MARTINE, G. (Org.). **População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais**: contribuições para uma agenda brasileira. Campinas: Abep, 2012, p. 57-70.

OLIVEIRA, A. M. H. C. de; RIOS-NETO, E. L. G. Modelos idade-período-coorte aplicados à participação na força de trabalho: em busca de uma versão parcimoniosa. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 21, n. 1, p. 21-47, 2004.

PAMPEL, F. C.; HUNTER, L. M. Cohort change, diffusion, and support for environmental spending in the United States. **American Journal of Sociology**, v. 118, n. 2, p. 420-448, 2012.

PERZ, S. G.; WALKER, R. T.; CALDAS, M. M. Beyond population and environment: household demographic life cycles and land use allocation among small farms in the Amazon. **Human Ecology**, v. 34, n. 6, p. 829-849, 2006. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9039-8>

POUROUCHOTTAMIN, P.; BARBIER, C.; CHANCEL, L.; COLOMBIER, M. New representations of energy consumption. **Les Cahiers du CLIP**, n. 22, out. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/4b3dhBA>

REZENDE, S.; WAJNMAN, S.; HELLER, L. Análise de idade, período e coorte do saneamento urbano no Brasil contemporâneo (1972 a 2002). *In*: GUIMARÃES, J. R. S. (Org.). **Demografia dos negócios**: campo de estudo, perspectivas e aplicações. 1. ed. Campinas: Abep, 2006. p. 287-318. Disponível em: <https://proceedings.science/abep-series-demographicas/demographicas-v3/trabalhos/analise-de-idade-periodo-e-coorte-do-saneamento-urbano-no-brasil-contemporaneo?lang=pt-br>. Acesso em: 15 jun. 2026.

RIOS-NETO, E.; OLIVEIRA, A. Aplicação de um modelo de idade-período-coorte para a atividade econômica no Brasil metropolitano. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 29, p. 243-272, 1999. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5033>. Acesso em: 15 jun. 2026.

RYDER, N. B. The cohort as a concept in the study of social change. **American Sociological Review**, v. 30, n. 6, p. 843-861, 1965. <https://doi.org/10.2307/2090964>

TOMBOLO, G.; SAMPAIO, A. V. O PIB brasileiro nos séculos XIX e XX: duzentos anos de flutuações econômicas. **Revista de Economia**, v. 3, n. 37, p. 181-216, 2013.

TUNG, A.-C. Consumption over the lifecycle: an international comparison. *In*: LEE, R.; MASON, A. (Ed.). **Population aging and the generational economy**: a global perspective. Cheltenham: Edward Elgar, 2011. p. 136-160.

WANG, P.; WU, W.; ZHU, B.; WEI, Y. Examining the impact factors of energy-related CO₂ emissions using the STIRPAT model in Guangdong Province, China. **Applied Energy**, v. 106, p. 65-71, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.036>

WU, W.; KANAMORI, Y.; ZHANG, R.; ZHOU, Q.; TAKAHASHI, K.; MASUI, T. Implications of declining household economies of scale on electricity consumption and sustainability in China. **Ecological Economics**, v. 184, e106981, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106981>

YANG, Y.; LAND, K. C. A mixed models approach to the age-period-cohort analysis of repeated cross-section surveys, with an application to data on trends in verbal test scores. **Sociological Methodology**, v. 36, n. 1, p. 75-97, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9531.2006.00175.x>

YANG, Y.; LAND, K. C. Age-period-cohort analysis of repeated cross-section surveys: fixed or random effects? **Sociological Methods & Research**, v. 36, n. 3, p. 297-326, 2008. <https://doi.org/10.1177/0049124106292360>

YU, B.; WEI, Y. M.; KEI, G.; MATSUOKA, Y. Future scenarios for energy consumption and carbon emissions due to demographic transitions in Chinese households. **Nature Energy**, v. 3, n. 2, p. 109-118, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0053-4>

ZAGHENI, E. The leverage of demographic dynamics on carbon dioxide emissions: does age structure matter? **Demography**, v. 48, n. 1, p. 371-399, 2011. <https://doi.org/10.1007/s13524-010-0004-1>

ZHAO, L.; HE, L.; CHENG, L.; ZENG, G.; HUANG, Z. The effect of gasoline consumption tax on consumption and carbon emissions during a period of low oil prices. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1429-1436, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.117>

Sobre os autores

Victor Hugo Dias Diógenes é doutor e mestre em Demografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e graduado em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e em Ciências Atuariais pela UFRN. Professor adjunto do Departamento de Demografia e Ciências Atuariais (DDCA) da UFRN. Membro permanente do Programa de Pós-graduação em Demografia (PPGDEM) da UFRN. Pesquisador do Laboratório de Estudos Atuariais e Demográficos (Lead) e do Laboratório de Estimativas e Projeções Populacionais (Lepp) da UFRN.

Ricardo Ojima é cientista social. Doutor e mestre em Demografia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Professor no Departamento de Demografia e Ciências Atuariais (DDCA) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Coordenador do Laboratório de Estudos de Mobilidade Populacional Nordestina (LEMoN) e do Laboratório de Comunicação Aplicada em Demografia (LabCAD), ambos vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Demografia da UFRN.

Rumenick Pereira da Silva é doutor em Estatística pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), mestre em Matemática Aplicada e Estatística pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e graduado em Estatística pela UFRN. É cientista de dados no Sebrae Nacional.

Endereço para correspondência

Victor Hugo Dias Diógenes

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Avenida Senador Salgado Filho, s/n, no bairro Lagoa Nova
59078-970 – Natal-RN, Brasil

Ricardo Ojima

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Avenida Senador Salgado Filho, s/n, no bairro Lagoa Nova
59078-970 – Natal-RN, Brasil

Rumenick Pereira da Silva

Sebrae Nacional – Núcleo de Pesquisa e Gestão do Conhecimento (NPGC)
SGAS (Setor de Grandes Áreas Sul), Quadra 605, Conjunto A, Asa Sul
70200-904 – Brasília-DF, Brasil

CRediT

Reconhecimentos: Não aplicável.

Financiamento: Este estudo foi financiado, em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) – Brasil – código de financiamento 001.

Conflitos de interesse: Os autores certificam que não têm interesse pessoal, comercial, acadêmico, político ou financeiro que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito.

Aprovação ética: Os autores certificam que o trabalho não inclui seres humanos ou animais.

Disponibilidade de dados e material: Os conteúdos já estão disponíveis.

Contribuições dos autores:

Victor Hugo Dias Diógenes: conceituação; curadoria de dados; análise formal; investigação; metodologia; *software*; visualização; escrita – rascunho original; escrita – revisão & edição.

Ricardo Ojima: conceituação; aquisição de financiamento; investigação; escrita – rascunho original; escrita – revisão & edição.

Rumenick Pereira da Silva: análise formal; metodologia; *software*.

Editores: Bernardo Lanza Queiroz, Júlia Almeida Calazans e Maria Carolina Tomás.

Abstract

Age, period, and cohort effects on household electricity consumption in Brazilian households in the 21st century: an analysis from the perspective of the population–consumption–environment nexus

In the historiography of international immigration to São Paulo, Italians hold a prominent position. As a group numerically larger than both the Portuguese and Spanish, Italians crossed the Atlantic driven by the hope of “making it in America,” playing a central role in the global phenomenon of mass migration. This article discusses the specific case of Italian immigration to the municipality of Franca, São Paulo, highlighting its implications for local and state-level social, economic, and demographic development through an analysis of historical statistics. During the “Great Migration” at the turn of the 20th century, the Italian presence expanded within the municipality; immigrants distinguished themselves in rural areas by becoming landowners and in urban centers by contributing to the artisanal and industrial sectors—most notably the footwear industry. Although less studied than in other regions, immigration in Franca reveals significant socio-demographic shifts, marking it as a promising field for further research.

Keywords: Population–environment. Electricity consumption. Household. Age–period–cohort effects.

Resumen

Efectos de edad, período y cohorte en el consumo de energía eléctrica de los hogares brasileños en el siglo XXI: un análisis desde la perspectiva de la relación población-consumo-medio ambiente

El consumo es un mediador clave del nexo población–ambiente, especialmente en el marco de la sociedad de consumo y de la emergencia climática global. Comprender la interacción histórica entre el consumo y los procesos demográficos exige considerar dimensiones sociales, económicas, conductuales y éticas. Para captar estas dinámicas temporales, este estudio adopta un enfoque de Edad–Período–Cohorte (EPC), utilizando el consumo de electricidad en los hogares como *proxy* de los estilos de vida familiares y de los patrones de consumo a nivel poblacional. A partir de datos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil (*Pesquisa de Orçamentos Familiares*—POF), se analizan los efectos de edad, período y cohorte sobre el consumo per cápita de electricidad residencial. Para abordar el problema de identificación característico de los modelos EPC, se estiman modelos de regresión lineal bajo distintas especificaciones de restricciones junto con un modelo jerárquico de efectos mixtos de dos niveles. Los resultados muestran un mayor consumo de electricidad en hogares encabezados por personas de mayor edad y un incremento constante a lo largo de los períodos analizados. Sin embargo, las cohortes nacidas después de 1960 presentan una disminución en la intensidad del consumo energético respecto de las generaciones anteriores. Estos hallazgos destacan las contribuciones específicas de cada dimensión temporal, profundizan en la comprensión de la evolución del comportamiento energético doméstico en Brasil y aportan evidencia empírica para orientar la planificación energética y las políticas públicas ambientales.

Palabras clave: Población–ambiente. Consumo de electricidad. Hogar. Efectos de edad–período–cohorte.

Recebido para publicação em 06/03/2026

Aceito para publicação em 19/06/2026