

Basic income and global warming: breaking with the trade-off between poverty alleviation and GHG mitigation

Thiago Fonseca Morello¹, Vitor Schmid², Ricardo Abramovay³

Núcleo de Economia Socioambiental (NESA-USP)

www.nesa.org.br

BIEN 2010 FEA-USP 02/07/2010

Abstract

Climate change is casting a shadow of doubt and controversy over the capitalism's engine and its capacity to walk with its own legs, providing goods and amenities for human life on earth. But poverty alleviation does not necessarily have to be subsumed under this; such is the message of the paper. By translating Brazilian household's income and energetic consumption patterns into an income-sensitive CO₂ pattern, it is shown that there's room for transcending the poverty line without harming the ozone layer. What has as necessary condition the dominance of wood over gasoline, in the CO₂ content of the fuel bundle consumed by households with income not superior than R\$1.600,00/family/month (US\$888/family/month).

Keywords: climate change, poverty alleviation, household energetic consumption

1 Introdução

Melhorar o padrão de vida dos que se encontram hoje em situação de pobreza exige de maneira quase inevitável aumento nas emissões de gases de efeito estufa. É bem verdade que a generalização dos padrões de consumo dos países desenvolvidos é incompatível com a manutenção dos serviços básicos que os ecossistemas prestam às sociedades humanas (Behrens et al, 2007, Friends of Earth et al. 2009). No entanto, mesmo que as inovações tecnológicas voltadas à descarbonização da vida econômica avancem num ritmo superior ao atual, ainda assim, satisfazer as necessidades básicas da população mundial em termos de alimentação, vestuário, acesso à informação, à cultura, à educação, à habitação e à mobilidade (para citar apenas alguns itens) não se fará sem que aumentem as emissões.

Mas esta associação entre melhoria nos padrões de vida e emissões sem sempre é verdadeira. O mais importante biocombustível da atualidade, a lenha, usado como fonte de energia domiciliar das populações mais pobres do Planeta é triplamente prejudicial. Em primeiro lugar, parte significativa da lenha domiciliar resulta do corte de matas virgens e seu uso acaba por comprometer a biodiversidade (Uhlig: 2008). O segundo problema é que os fogões a lenha são frequentemente precários, trazendo sérios danos às famílias que deles dependem, em várias partes do mundo e, sobretudo, na Índia e na África (Uhlig: 2008). Por fim, o uso da lenha como combustível domiciliar responde por parte significativa das emissões mundiais de

¹Master in economics and member of the Socio-environmental Economics Research Center of São Paulo University (NESA-USP), tfmrs@yahoo.com.br.

² Undergraduate student in economics at São Paulo University and NESA-USP member, vitorschmid@yahoo.com.br

³Professor of the Department of Economics of São Paulo University and NESA's coordinator. www.abramovay.pro.br/

gases de efeito estufa. O “carbono negro” é responsável por 18% do aquecimento global, atrás apenas do dióxido de carbono, responsável por 40% das emissões (Rosenthal, 2010).

Isso significa que tanto a melhoria na qualidade dos fogões a lenha, como, sobretudo a substituição da lenha por outros combustíveis (mesmo que sejam de origem fóssil, como o gás liquefeito de petróleo) teriam por efeito reduzir as emissões de gases de efeito estufa, melhorar as condições de vida dos domicílios dependentes da lenha e diminuir a pressão sobre a biodiversidade (Uhlig: 2008).

Este trabalho mostra que, no Brasil, o consumo de lenha é inversamente proporcional à renda familiar (o mesmo valendo para o carvão vegetal empregado na cocção). Isso significa então, em tese, que, ao aumentar a renda e ter acesso a combustíveis domiciliares como o gás de cozinha, as famílias pobres reduzem suas emissões. É claro que esta suposição exige – o que não se faz aqui – que se verifique se as residências dos maiores consumidores de lenha domiciliar podem ser atendidas por outras fontes de energia ou se são tão distantes dos centros fornecedores que os custos deste abastecimento seria proibitivo. Mas, apesar disso, tudo indica que se trata de um caso em que descarbonização e elevação do padrão de vida caminham juntas.

A gradação é oposta para os energéticos referentes a serviços de transporte, especialmente para a gasolina que abastece automóveis particulares possuídos pelas famílias. Esta aumenta com a renda familiar em uma razão suficiente para compensar o efeito regressivo da “biomassa tradicional” (termo de Uhlig: 2008).

Essas são as duas evidências apresentadas na terceira seção do texto. Agregando-se o conteúdo de CO₂ da cesta de energéticos consumida pelas famílias, pode-se examinar sua distribuição entre as classes de rendimento, o que é feito na seção 4. Na quinta seção, ascensões entre classes de renda contíguas são postas em relação quanto a seu custo-carbono e então segue uma breve conclusão. Como preâmbulo, a próxima seção localiza o tema no debate internacional corrente.

2 Revisão de literatura: o debate internacional

No debate internacional sobre “justiça climática” a possibilidade de atribuir percentagens iguais nas reduções de CO₂ entre os países é prontamente rejeitada, o que se materializa na ideia do protocolo de Kyoto de responsabilidades comuns, mas diferenciadas (Chakravarty et al: 2009). Esta diferenciação refere-se às emissões passadas. Mesmo que se leve em conta, como lembram Pan e Chen (2010:28) que “as emissões do passado não eram consideradas erradas em função do limitado conhecimento sobre aquecimento global” (Pan e Chen, 2010:28). O fato é que estas emissões permitiram a instalação da estrutura material que forma uma das bases da criação e do uso da riqueza dos países desenvolvidos e que tanta falta faz ao mundo em desenvolvimento: estradas, fazendas, fábricas, escolas, instalações públicas, bibliotecas, teatros, museus, residências, teleféricos, metrô, ferrovias, portos, aeroportos, estádios, universidades, estabelecimentos comerciais, etc.

Além disso, é claro que além da diferença entre países, os níveis de responsabilidade nas emissões entre os indivíduos de um país é muito diferente.

Chakravarty et al (2009) partem de dados sobre a distribuição de renda de um país e suas emissões de CO₂ derivadas do consumo de combustíveis fósseis a partir dos quais estimam as contribuições individuais de seus habitantes nas emissões nacionais. Por fim, aplicam esta mesma metodologia aos demais países para obter um panorama global das contribuições

individuais no total emitido. Uma vez estabelecido um teto para as emissões futuras, é possível, então, identificar quem são e onde vivem os principais responsáveis pelo aquecimento global. Pode-se também impor um piso para as emissões individuais de CO₂ que atenda à satisfação das necessidades energéticas básicas da parcela mais pobre da população mundial.

É demonstrado, com isto, que apenas uma pequena parcela da população mundial, quase homogeneamente distribuída nas quatro regiões analisadas (EUA, países da OCDE menos os EUA, China, países não membros da OCDE menos a China), seria a grande responsável pelas emissões futuras. Quando se considera a erradicação da pobreza tem-se que o aumento nas emissões de um terço da população mundial, os mais pobres, poderia ser contrabalançado pela redução nas emissões dos 16% mais ricos.

Ananthapadmanabhan *et alia* (2007) trazem o debate internacional sobre “justiça climática” para dentro da Índia e mostram a urgente necessidade de aplicar o princípio das “responsabilidades comuns mas diferenciadas” intra-nacionalmente.

A partir da análise de dados primários de consumo de eletricidade e transporte de diferentes classes socioeconômicas da Índia, e de sua conversão em CO₂ emitido, os autores demonstram que, embora o nível médio de emissões *per capita* do país esteja muito aquém da média mundial – razão pela qual o governo indiano reivindica seu direito ao desenvolvimento econômico carbono-intensivo – isto só ocorre pois o enorme nível de emissões da significativamente pequena parcela mais rica de sua população (menos de 1%) é “camuflado”⁴ por uma legião de pobres (mais de 70% da população) que pouco emitem.

Groot (2010) demonstra ser possível estabelecer curvas de Lorenz no âmbito das emissões mundiais de gases de efeito estufa (GEE). Estas curvas mostram que a distribuição não é equânime.

É neste contexto que Pan e Chen (2010) apresentam a proposta de orçamento de carbono, para a fundamentação de políticas de mitigação que levem em conta as condições de cada país em atender a satisfação das necessidades básicas de sua população. Pan e Chen abordam o tema a partir do conceito de necessidades básicas (inspirado em Amartya Sen) que prioriza a alocação das emissões derivadas do consumo para a satisfação das necessidades humanas (e.g, vestuário, alimentação, habitação e mobilidade), em detrimento daquelas derivadas do consumo ostensivo e perdulário. Dado que as necessidades básicas são finitas sob uma perspectiva biológica, mas sofrem restrições ambientais e físicas (em virtude da finitude do planeta), e que o consumo ostensivo e perdulário tende a ter demandas infinitas, faz-se necessário orçar os direitos e encargos presentes dos países em termos de emissões futuras de CO₂ segundo as emissões necessárias para a promoção do bem-estar.

O sistema de orçamento de carbono parte de uma estimativa do orçamento acumulado global de carbono para dois cenários futuros de emissões até 2050 – ambos sujeitos à redução em 50% nas emissões com relação ao nível de 2005 –, a partir da qual se especifica o orçamento *per capita* de carbono consumido no passado e disponível para a satisfação futura das necessidades básicas humanas. Esta alocação inicial é então ajustada através de características próprias aos países que afetam a sua demanda por emissões.

Obtém-se, desta forma, um panorama global dos países deficitários e superavitários em direitos de emissões, sobre o qual se faz considerações acerca de políticas de mitigação que

⁴ I.e, a discrepância entre ricos e pobres tornar-se imperceptível quando as emissões são divididas pela população como um todo.

promovam, simultaneamente, a sustentabilidade ambiental e a satisfação das necessidades básicas humanas.

O interessante no caso da lenha, como se verá na próxima seção, é que a melhoria no padrão de vida das famílias (e, portanto, presumivelmente, a mudança na fonte de combustível domiciliar, tem como consequência reduzir as emissões).

3 O conteúdo CO₂ do consumo energético doméstico

3.1 Da Pesquisa de Orçamento Familiares ao Balanço Energético Nacional

O trabalho de Bôa Nova (1985) foi pioneiro no uso de pesquisas de orçamento familiar para compreender a desigualdade no acesso à energia no Brasil. Com base no Estudo Nacional da Despesa Familiar (ENDEF) de 1974/1975, Bôa Nova mostra que os domicílios usavam 24% da energia consumida no País. Deste total, 61% eram gastos nas residências e 39% nos transportes. Em matéria de transportes, os 10% mais ricos consumiam nada menos que 400 vezes mais energia que os 10% mais pobres. Mas na energia domiciliar, o maior consumo energético ficava entre os mais pobres, em virtude do intenso uso do fogão a lenha, cujo rendimento energético era de três a sete vezes menor que o equipamento a gás. Resultado: embora os 10% dos brasileiros de maior renda consumissem um terço de toda a energia elétrica e quase metade do petróleo, nada menos que 43% da biomassa (lenha, carvão) eram usados pelos 20% mais pobres.

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE: 2004), com dados de 2002/2003 corroboram os resultados de Bôa Nova, embora com informações coletadas 25 anos depois daquelas em que ele se baseou. A POF contém informações que permitem identificar os padrões de consumo dos diferentes grupos em que a população brasileira se subdivide, conforme a magnitude da renda familiar. Diferentemente de Bôa Nova, a preocupação não é com o uso geral de energia e sim com as emissões de gases de efeito estufa que daí decorre. É possível, por meio dos dados da POF, detectar padrões de emissão específicos às classes de renda.

3.2 O caso da lenha

A metodologia adotada – a qual é formalmente apresentada no apêndice ao final do texto - tem como idéia central partir da informação da POF acerca das despesas realizadas pelas classes de renda em bens ou serviços com comprovado teor de CO₂, para distribuir a magnitude agregada de emissões rastreáveis ao ciclo de vida destes itens entre tais grupos. Para os dois aspectos a que se restringe a análise (combustíveis domiciliares e transporte terrestre), esta última grandeza é obtida da aplicação de procedimento recomendado pelo Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC), ao consumo de fontes de energia reportadas no Balanço Energético Nacional (BEN) – conforme é norma nos relatórios de referência do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (especificamente E&E: 2010 e MCT: 2006).

É da conexão entre essas duas bases de dados (POF e BEN) que surgem os resultados da tabela abaixo, os quais se referem ao ano de 2003, ano-base da última edição da POF.

Tabela 1 – Emissões por família oriundas do consumo domiciliar de combustíveis, classes de rendimento da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (tCO₂)

Item / Classe de renda	<R\$400	R\$400-R\$600	R\$600-R\$1000	R\$1000-R\$1200	R\$1200-R\$1600	R\$1600-R\$2000	R\$2000-R\$3000	R\$3000-R\$4000	R\$4000-R\$6000	>R\$6000
Gás natural	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,08
GLP	0,23	0,28	0,32	0,33	0,34	0,34	0,34	0,32	0,31	0,33
Lenha	1,23	0,95	0,83	0,64	0,57	0,36	0,38	0,36	0,21	0,12
Querosene iluminante*	2,14E-03	1,46E-03	7,82E-04	5,81E-04	4,07E-04	4,58E-04	1,40E-04	1,21E-04	5,76E-05	7,61E-05
Carvão vegetal	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Total por família	1,56	1,31	1,20	1,00	0,94	0,72	0,74	0,72	0,57	0,54

Fonte: elaboração dos autores com dados da POF 2002-2003, do BEN 2003 e do artigo E&E (2010).

*Por conta da baixa magnitude, os valores são exibidos em notação científica, E-03 = 1/1.000 ou 10⁻³, E-04 = 1/10.000 ou 10⁻⁴, etc.

A tabela 1 vai no sentido contrário ao que mostram os principais trabalhos sobre a distribuição social das emissões de gases de efeito estufa. Diferentemente do que ocorre quando está em jogo o consumo em geral, no consumo domiciliar de combustíveis, maior pobreza associa-se a maior emissão. O grupo com renda inferior a R\$400/família/mês emite aproximadamente três vezes mais CO₂, ao produzir energia no interior do domicílio, do que o grupo que se encontra no patamar mais alto. O consumo residencial de energia dos mais ricos se revela menos carbono-intensivo e a razão para isso está na importância irrisória da lenha.

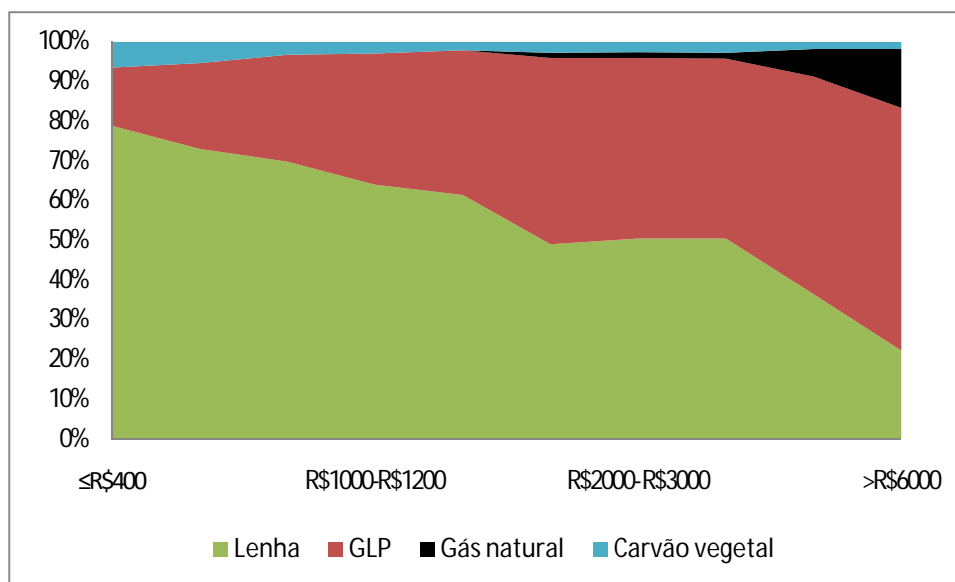
O gráfico 1 mostra que por volta de 80% das emissões dos mais pobres têm a queima de lenha como determinante. Situação essa que é progressivamente modificada quando se avança no sentido de uma renda familiar mais alta: o GLP passa a responder a 46% das emissões a partir de um rendimento familiar mensal não inferior a R\$2.000.

Mas a importância da lenha no padrão de emissões das classes de renda mais baixas não se deve apenas à sua importância no padrão de consumo domiciliar de energéticos⁵. Contribui para isso o fato de que a geração de uma dada quantidade de energia por meio da lenha redonda na emissão de uma massa de carbono 1,65 vezes maior do que seria necessário para

⁵ A relação entre uma exposição à pobreza e consumo de lenha está de acordo com algumas evidências apontadas por Uhlig (2008), estudo que reestima o consumo energético de lenha e carvão vegetal sob uma metodologia alternativa a do BEN. Cabe citar o trecho: “Por se tratar de uma fonte de energia de baixo custo, não necessitar de processamento antes do uso e ser parte significativa da base energética dos países em desenvolvimento, tem recebido a denominação de ‘energia dos pobres’, chegando a representar até 95% da fonte de energia em vários países (Uhlig: 2008).”

produzir a mesma energia com a queima de GLP (ou gás natural)⁶. O que nos diz que quanto menor a renda, mais intensiva em carbono tende a ser a principal fonte de energia empregada para suprimento familiar.

Gráfico 1 – Distribuição percentual das emissões referentes ao consumo domiciliar de energéticos, classes de rendimento da POF 2002-2003, Brasil, 2003



Observação: o querosene iluminante foi suprimido pois não é visível dada a exigüidade de sua participação.

3.3 O caso dos transportes

Da mesma forma que no trabalho de Bôa Nova (1985) o comportamento dos transportes é o inverso da lenha: quanto maior renda, maior o nível de emissões.

Tabela 2 – Emissões por família oriundas do transporte terrestre, classes de rendimento da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (tCO₂)

Item / Classe de renda	≤R\$400	R\$400-R\$600	R\$600-R\$1000	R\$1000-R\$1200	R\$1200-R\$1600	R\$1600-R\$2000	R\$2000-R\$3000	R\$3000-R\$4000	R\$4000-R\$6000	>R\$6000
Gasolina*	0,05	0,08	0,20	0,27	0,48	0,69	0,99	1,54	1,98	3,32
Diesel queimado por ônibus (frota 1997)**	0,06	0,11	0,19	0,26	0,29	0,33	0,35	0,29	0,31	0,25
Total por família	0,11	0,19	0,39	0,53	0,77	1,03	1,34	1,84	2,29	3,57

*Empregada em automóveis particulares (exclusive automóveis detidos por empresas)

⁶ Os coeficientes de conversão de um terajoule (TJ) de lenha em carbono e o percentual de carbono realmente oxidado na queima de lenha, apresentadas na seção A.1.2 do apêndice, quando multiplicados, dão o teor de carbono por terajoule de lenha, que é de 28,033 tC/TJ. Esta conta, para o GLP e o Gás Natural resulta em um valor de 17,028tC/TJ.

**transporte coletivo urbano + rodoviário interestadual + rodoviário intermunicipal. Tomam-se por base as emissões referentes à frota de 1997, de acordo com MCT (2006) (reportada na seção A.3 do apêndice como patamar inferior).

Fonte: elaborado pelos autores com dados do BEN 2003, E&E 2010, MCT 2006, O/D 2007, POF 2002-2003 e ANP 2004.

A tabela 2 apresenta as emissões de CO₂ que resultam da queima de gasolina por automóveis detidos e utilizados por famílias e da queima de óleo diesel pelos ônibus a que elas têm acesso. Neste último caso é necessário adotar dois patamares, dado que não se pôde obter um dado atualizado para a participação da categoria “ônibus” na frota brasileira de veículos a diesel (vide seção A.3 do apêndice). Porém, para simplificar a apresentação, consta na tabela apenas o patamar superior, referente ao ano de 1997 (MCT: 2006).

Atribui-se o consumo de diesel em proporção equivalente à participação da família na quilometragem total viajada com ônibus, por todos os indivíduos do País. Para isso, é levada em conta tanto a participação da família no número de viagens contratadas, quanto a distância em média percorrida. As modalidades de transporte consideradas são o transporte coletivo urbano, transporte interestadual e intermunicipal (a seção A.3 do apêndice detalha o procedimento).

A gasolina consumida por automóveis controlados pela família é uma fonte de emissões cuja contemplação é mais simples, uma vez que a POF coleta diretamente a informação acerca da despesa neste combustível. As emissões geradas por esse fator apresentam crescimento monotônico (sem quedas) da menor para a maior classe de rendimento, o mesmo não sendo observado para o caso do diesel. Entre a primeira classe de renda (rendimento \leq R\$400/família/mês) e a sétima (rendimento entre R\$2.000/família/mês e R\$3.000/família/mês), o fator ônibus revela um peso ascendente, o qual atinge seu pico nesta última classe passando, pois, a cair.

Uma vez que a trajetória das emissões por família ao longo dos grupos sociais é equivalente à trajetória das despesas por família, isso significa que, até um dado patamar de poder aquisitivo (no caso, renda familiar de R\$3.000/família/mês) a despesa em ônibus aumenta com a renda (é um bem normal, na definição microeconômica), o que se reverte daí em diante (passando, pois, a bem inferior). Provavelmente, este meio de transporte tende a perder participação nas distâncias percorridas por uma família para o automóvel particular, dado que as emissões geradas pela queima de gasolina aumentam monotonicamente com a renda.

Quanto a isso é preciso fazer a ressalva de que, enquanto a massa de CO₂ distribuída entre as famílias compreende todas as modalidades de transporte com ônibus, o procedimento de distribuição toma por base apenas a modalidade de transporte coletivo, uma limitação imposta pelos dados que se pôde reunir (como explicado no apêndice, seção A.3). Daí porque a conjectura de substituição da fonte de emissão aí implicada (o ônibus) pelo outro meio de transporte terrestre considerado (o automóvel a gasolina) é aqui levada adiante.

Tabela 3 – Distribuição das emissões de CO₂ referentes a consumo doméstico de combustíveis e transporte terrestre, classes de rendimento da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (tCO₂)

Energético / Classe de rendimento familiar mensal (R\$)	Até 400	Mais de 400 a 600	Mais de 600 a 1 000	Mais de 1 000 a 1 200	Mais de 1 200 a 1 600	Mais de 1 600 a 2 000	Mais de 2 000 a 3 000	Mais de 3 000 a 4 000	Mais de 4 000 a 6 000	Mais de 6 000	Total Brasil (Gg CO₂)
Gás encanado (ou Gás natural)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,08	450,87
Gás de bujão (ou GLP)	0,23	0,28	0,32	0,33	0,34	0,34	0,34	0,32	0,31	0,33	14.925,81
Lenha	1,23	0,95	0,83	0,64	0,57	0,36	0,38	0,36	0,21	0,12	34.274,09
Querosene iluminante	2,14E-03	1,46E-03	7,82E-04	5,81E-04	4,07E-04	4,58E-04	1,40E-04	1,21E-04	5,76E-05	7,61E-05	41,63
Carvão vegetal	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	2.157,33
Gasolina	0,05	0,08	0,20	0,27	0,48	0,69	0,99	1,54	1,98	3,32	29.604,75
Diesel queimado por ônibus (frota 1997)	0,06	0,11	0,19	0,26	0,29	0,33	0,35	0,29	0,31	0,25	10.214,97
Total por família	1,66	1,49	1,59	1,53	1,71	1,75	2,08	2,55	2,86	4,11	91.669,44
Famílias (#)	7.928.656	6.744.349	10.188.564	3.543.521	5.091.324	3.340.910	4.568.525	2.424.975	2.236.551	2.467.262	48.534.637
Total por classe de rendimento (GgCO₂)	13.185,35	10.082,28	16.210,91	5.424,72	8.695,39	5.850,83	9.497,54	6.184,85	6.386,97	10.150,60	91.669,44

Fonte: elaborado pelos autores com dados do BEN 2003, E&E 2010, MCT 2006, O/D 2007, POF 2002-2003 e ANP 2004.

4 Olhando através da pirâmide de renda

Os energéticos contemplados na seção anterior constituem uma amostra dos fatores geradores de CO₂ cuja alocação não decorre de uma decisão tecnológica, tomada por firmas produtivas. Pelo contrário, se tem aí componentes da cesta de bens e serviços cuja composição qualitativa (quais bens e serviços) e quantitativa (quanto de cada bem ou serviço) é um arbítrio das famílias. Um exemplo esclarece porque tal formulação é profícua. Às famílias cabe decidir entre o emprego de lenha ou de GLP para a cocção. Mas a elas não cabe decidir se a carne cozinhada deve ser produzida mediante a supressão da floresta amazônica ou em áreas há muito desflorestadas e inapropriadas para a agricultura – ao menos enquanto não houver uma certificação que permita ao consumidor distinguir entre as duas origens⁷.

Invocando a abordagem das capacitações de Amartya Sen (Comin: 2009), a "cesta de energéticos domiciliares" é uma primeira aproximação para o problema de compreender como o vetor de capacitações portado por uma família - conjunto de ações que a família tem poder para realizar -, se traduz, colateralmente, em contribuição para o efeito-estufa.

Conforme discutido até aqui, a POF mostra que a composição quantitativa da cesta de energéticos apresenta diferenças não-desprezíveis entre classes de renda em que a população brasileira pode ser subdividida. Mas, para uma análise do impacto climático das famílias o relevante não é a composição da cesta (em qualidade e/ou quantidade), mas sim seu conteúdo mensurado em CO₂. Este é o indicador a ser avaliado, o qual consta na última linha da tabela 3, agregado para todas as famílias de uma classe.

Como o gráfico 2 torna perceptível, as famílias classificadas nas primeiras três classes de rendimento familiar mensal são responsáveis por uma maior contribuição para o efeito-estufa do que as famílias das demais classes. Isto, é claro, agregando-se as emissões nas classes de renda. Esta aparente correlação negativa entre rendimento familiar mensal e teor de CO₂ do padrão de consumo, pode ser apurada com mais precisão se as emissões por classe de rendimento forem decompostas em: (i) emissões por família e; (ii) número de famílias por classe de rendimento. O gráfico 2 a seguir apresenta esta decomposição.

⁷ Esta representação microeconômica do problema não deve ser levada ao limite, pois como se lê em Uhlig (2008), o emprego de lenha e carvão para a cocção está longe de ser uma decisão racional: trata-se de uma implicação direta da inexistência de alternativas.

Gráfico 2 – Distribuição das emissões de CO₂ referentes a consumo doméstico de combustíveis e transporte terrestre, classes de rendimento da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (GgCO₂)

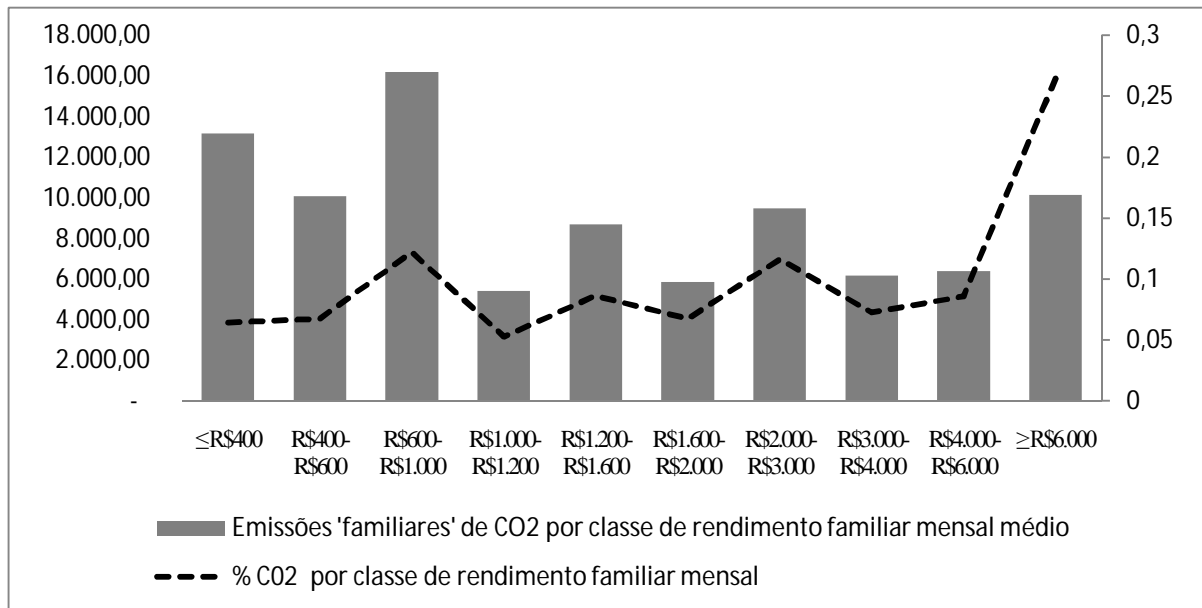
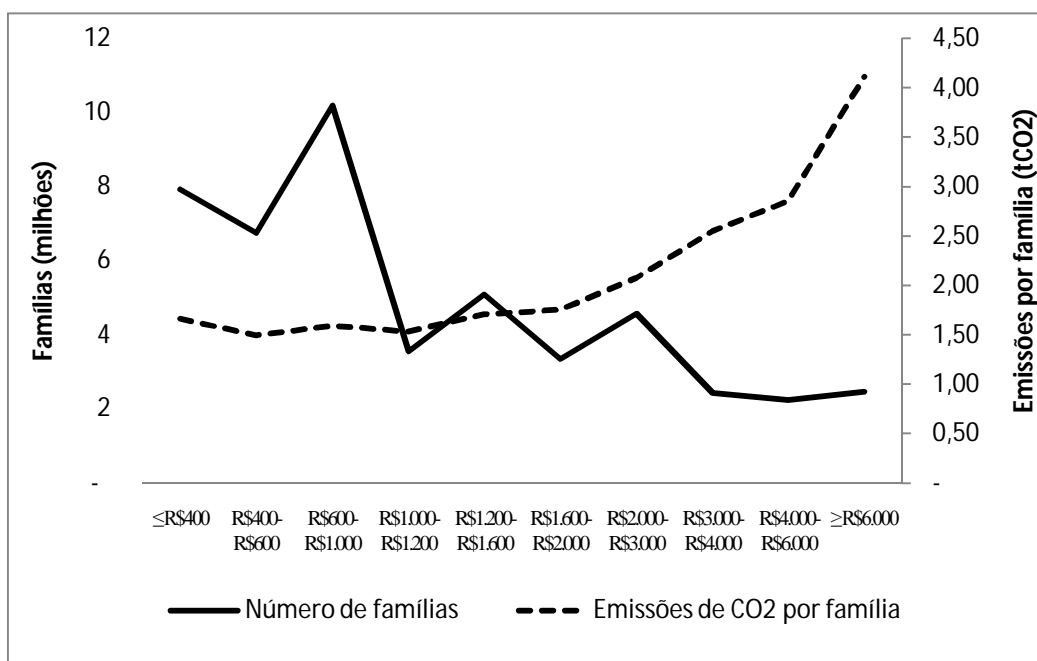


Gráfico 3 – Distribuição das emissões de CO₂ por família, referentes a consumo doméstico de combustíveis e transporte terrestre e distribuição das famílias, classes de rendimento da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (GgCO₂)

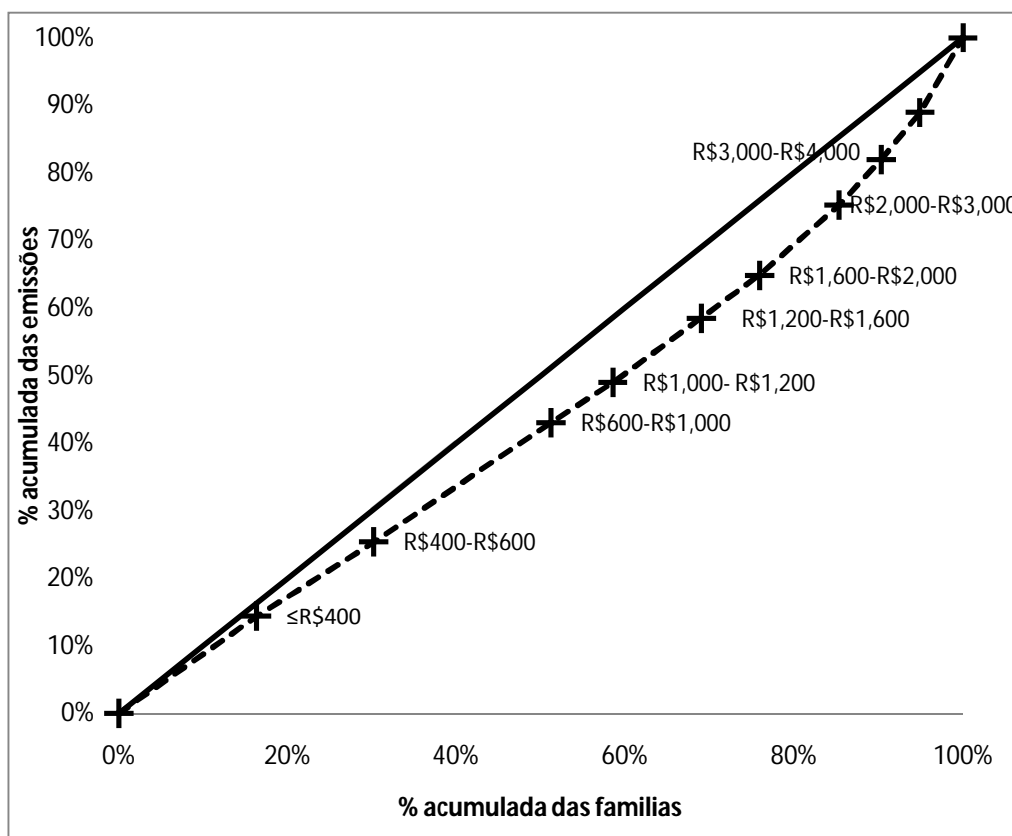


Fica claro, pois, que a tendência decrescente da distribuição de famílias por classe de rendimento, ao longo de níveis progressivamente superiores de rendimento familiar mensal,

atua para compensar a tendência crescente que as emissões por família apresentam ao longo destes mesmos níveis. Pondo de outra maneira, as famílias se distribuem por classes de rendimento de maneira oposta àquela que o teor de CO₂ se distribui pelas mesmas classes de rendimento. A conclusão é simples: prevalece, no Brasil, uma situação em que muitos emitem pouco e poucos emitem muito. Desconstrói-se a impressão inicial de que existe uma relação negativa entre nível de rendimento familiar e nível de emissões de CO₂. Resultado este que se restringe, note-se bem, ao consumo domiciliar de energéticos e ao transporte terrestre.

O gráfico 4 apenas torna mais explícito essa “desconstrução”. Tem-se nele uma corruptela de uma curva de Lorenz - diagrama tipicamente empregado para estudar distribuições populacionais por classe de renda – para a distribuição das emissões nacionais de CO₂ associadas ao consumo domiciliar de combustíveis e ao transporte terrestre.

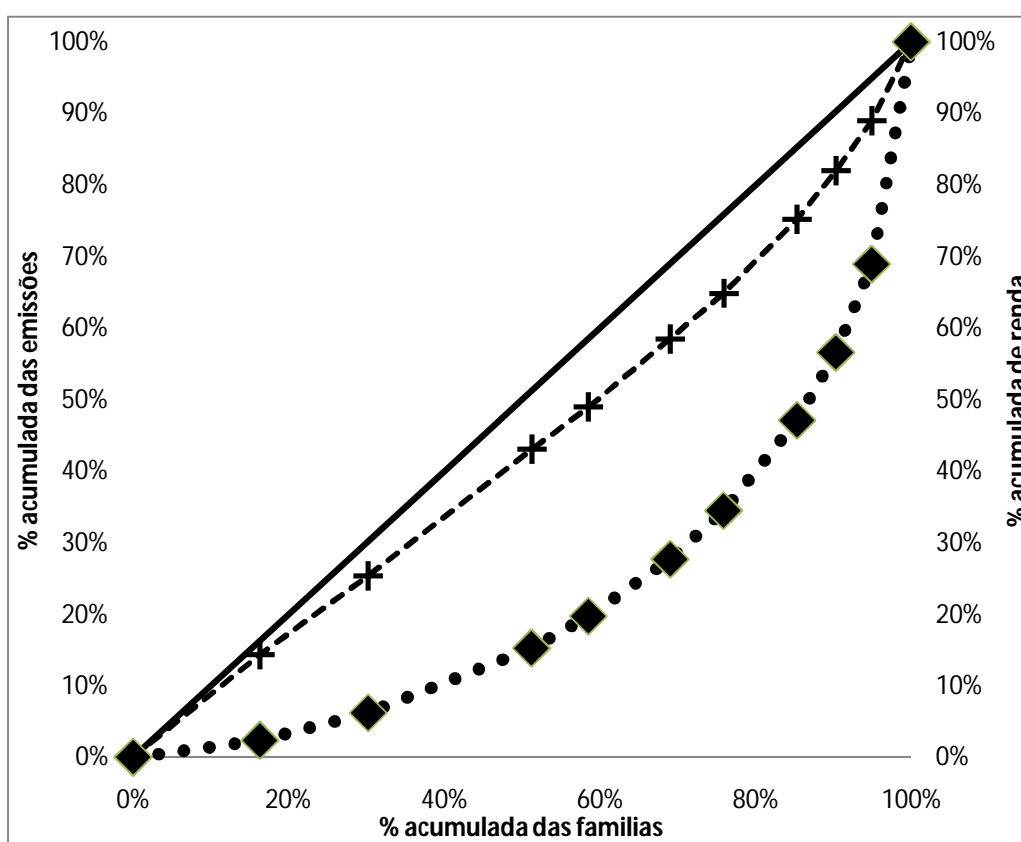
Gráfico 4 – Percentual acumulado das famílias x percentual acumulado das emissões de CO₂ (exclusivamente consumo doméstico de combustíveis e transporte terrestre) (curva de Lorenz), Brasil, 2003 (GgCO₂)



Se a população brasileira estivesse distribuída por faixas de CO₂ de maneira equitativa, a “curva de Lorenz” deveria estar sobreposta à linha de 45° a partir da origem. Esta última é, portanto, a linha da igualdade para as emissões. Mas o que prevalece efetivamente é a curva pontilhada. Com isso, pode-se afirmar que a relação inversa entre emissão de GEE por família e número de famílias por classe de renda, se traduz em uma distribuição desigual das emissões nacionais de GEE pela população brasileira. A medida da desigualdade é dada pela distância entre cada um dos pontos da curva rotulados com as classes de rendimento a que correspondem e a reta da igualdade.

Apenas para se ter um parâmetro, é interessante comparar a desigualdade em termos de emissões de CO₂ com a desigualdade em termos de renda (ou rendimento, na terminologia da POF). O gráfico a seguir sobrepõe a curva de Lorenz em CO₂ com a curva de Lorenz em renda, esta última calculada a partir da soma intra-classes para o rendimento mensal familiar, informado pela POF (trata-se da variável “renda” do banco de dados “domicílios” da POF 2002-2003).

Gráfico 5 – Percentual acumulado das famílias x percentual acumulado do rendimento agregado x percentual acumulado das emissões de CO₂ (exclusivamente consumo doméstico de combustíveis e transporte terrestre), Brasil, 2003 (GgCO₂)



Legenda: curva superior (pontilhado em retas) => Lorenz CO₂ e; curva inferior (pontilhado em pontos) => Lorenz renda.

Duas informações sintetizam o gráfico: (i) as famílias com rendimento inferior a R\$400/família/mês, correspondiam a 16% da população brasileira em 2003, concentrando 2% da renda e 14% das emissões estimadas (combustíveis domiciliares e transporte terrestre) e; (ii) as famílias com rendimento superior a R\$2.000/ família/mês, correspondiam a 15% da população, concentravam 53% da renda e 25% das emissões estimadas.

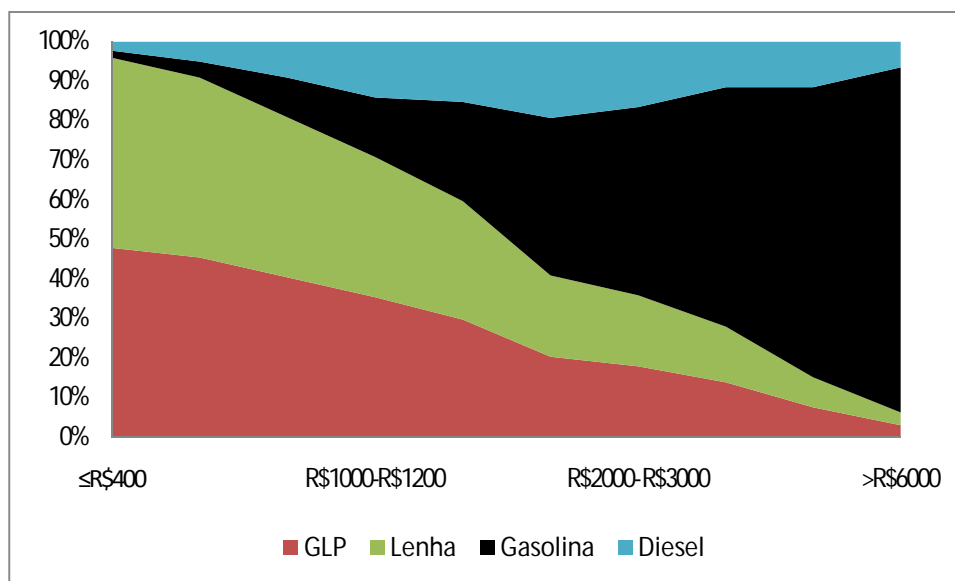
É nítido que a distribuição de renda é consideravelmente mais desigual do que a distribuição de CO₂. Uma vez que uma situação de plena igualdade distributiva pode ser representada pela sobreposição da curva de Lorenz sobre a reta de 45°, o cômputo da distância de cada ponto componente desta curva em relação ao ponto na reta de 45° que possui a mesma coordenada

horizontal (i.e., o mesmo valor para a abscissa), nos dá uma medida de desigualdade. É trivial demonstrar que essa medida pode ser computada pela soma, para todos os pontos da curva de Lorenz (dez, no caso) do valor absoluto das diferenças entre a proporção populacional acumulada e a proporção das emissões ou da renda acumulada⁸. Desta medida resulta que a desigualdade na distribuição de renda é 4,16 vezes maior do que a desigualdade na distribuição de CO₂.

5 O trade-off entre combate à pobreza e mitigação do efeito estufa

A última linha da tabela 3 revela que a importância da lenha enquanto fator gerador de CO₂ é tal que compensa, até a quarta classe de rendimento, o efeito do aumento monotônico do consumo de gasolina sobre o conteúdo total de carbono da cesta de energéticos domiciliares. É apenas a partir de um nível de renda superior a R\$1.600,00/família/mês que o patamar de CO₂ associado às famílias com renda inferior a R\$400,00/família/mês, é superado, passando o “efeito-gasolina” a dominar o “efeito-lenha”, conforme indica o gráfico 6 – uma decorrência direta do fato de que é na primeira classe de rendimento que o consumo domiciliar de lenha atinge o pico.

Gráfico 6 – Distribuição percentual das emissões inerentes à cesta de energéticos domiciliares, classes de rendimento da POF 2002-2003, Brasil, 2003



⁸ Formalmente, a fórmula para a medida de desigualdade proposta é: $D = \sum_i |f(x_i) - x_i|$, em que i é a i -ésima classe de rendimento e $f(x_i)$ é a proporção da renda ou das emissões acumuladas até a i -ésima classe de rendimento.

Tabela 4 – Diferenciais de emissões de CO₂ por família inter-classes contíguas de rendimento, cesta de energéticos domiciliares, Brasil, 2003 (tCO₂)

Item / Classe de renda	Diferencial (tCO ₂)
≤R\$400 → 400-600	-0,17
R\$400-600 → 600-1000	0,10
R\$600-1000→1000-1200	-0,06
R\$1000-1200→1200-1600	0,18
R\$1200-1600→1600-2000	0,04
R\$1600-2000→2000-3000	0,33
R\$2000-3000→3000-4000	0,47
R\$3000-4000→4000-6000	0,31
R\$4000-6000→>6000	1,26

Fonte: elaborado pelos autores.

A tabela acima apresenta os diferenciais, entre duas classes subseqüentes, do nível de emissões de CO₂ (exclusivamente consumo domiciliar de combustíveis e transporte terrestre) por família. Trata-se do custo em CO₂ de uma ascensão de uma família da classe para o qual o valor está registrado, para a classe imediatamente superior. Como se vê, para as famílias com renda não superior a R\$400, a ascensão para a classe posterior tem custo-carbono negativo, ou seja, trata-se de uma medida não intensificadora do efeito estufa.

Essa informação é relevante pois é possível classificar as famílias da primeira faixa como pobres⁹. Tem-se, portanto, que, focando-se nas emissões oriundas do consumo doméstico de

⁹ O programa Bolsa Família do governo, destinado à proteção de famílias tem como população-alvo as famílias com renda per capita média inferior a R\$150,00. Uma vez que o tamanho médio das famílias incluídas na classe de renda da POF em questão é de 3,34 pessoas e o rendimento familiar médio mensal na primeira classe é de R\$265,49, os membros desta pertencem à população-alvo do programa Bolsa Família. Helfand et al (2009), adota a metade do salário mínimo como linha de pobreza para a renda per capita. Este valor correspondia a R\$120,00 ao final de 2003 (BCB-SGS: 2010), um valor 1,51 vezes maior do que o rendimento familiar mensal per capita da primeira classe de rendimento – de acordo com os números que se acaba de mencionar.

combustíveis e do transporte terrestre, uma política de renda mínima que logre promover as famílias pobres para além da linha de pobreza, tal como as consideradas por Suplicy (2008), não teria qualquer impacto em termos de emissões de CO₂.

Conforme mostrado no início desta seção, esta conclusão depende crucialmente da dominância que o efeito-lenha exerce sobre o efeito-gasolina, o que se estende até a quinta classe de rendimento familiar da POF (i.e., para todas as famílias com renda não superior a R\$1.600,00/família/mês).

O resultado ora obtido deve ser qualificado com base no estudo de Uhlig (2008), em que uma metodologia alternativa à do BEN é proposta para estimar o consumo energético de lenha e carvão vegetal. Comparando a estimativa gerada com a do BEN, o autor conclui que esta publicação superestima, em 48,9%, o consumo de lenha e em 62,9% o consumo de carvão vegetal. Se as emissões aqui estimadas e associadas a esses dois combustíveis forem reduzidas, respectivamente, nas proporções de 50% e 63%, os diferenciais inter-classes de emissões passam aos valores da tabela 5.

Mesmo reduzindo-se o montante de lenha e carvão vegetal consumidos, mantém-se o ranque dos diferenciais inter-classes. É interessante comparar as diversas possibilidades de ascensão social. Um movimento da primeira para a terceira classe (passando pela segunda) tem um custo-carbono total de 0,2 tCO₂/família, enquanto que a ascensão para a próxima classe custa 0,22 tCO₂.

Considerando-se apenas as três últimas classes, o custo-carbono mínimo de ascensão é de 0,39 tCO₂, o qual é mais de duas vezes maior do que o custo máximo de transição entre classes de rendimento menor do que R\$1.000/família/mês.

A conclusão é clara: quando posta em relação com ascensões sociais comparáveis, uma política de combate à pobreza não se mostra relativamente carbono-intensificadora. Afirmação esta que se restringe à cesta de energéticos cuja escolha repousa no arbítrio das famílias brasileiras (combustíveis domiciliares + transporte terrestre).

Tabela 5 – Diferenciais de emissões de CO₂ por família inter-classes contíguas de rendimento, Brasil, 2003 (GgCO₂)

Item / Classe de renda	Diferencial (tCO ₂)
≤R\$400 → 400-600	-0,01
R\$400-600 → 600-1000	0,17
R\$600-1000 → 1000-1200	0,04
R\$1000-1200 → 1200-1600	0,22
R\$1200-1600 → 1600-2000	0,15
R\$1600-2000 → 2000-3000	0,32
R\$2000-3000 → 3000-4000	0,48
R\$3000-4000 → 4000-6000	0,39
R\$4000-6000 → >6000	1,30

Fonte: elaborado pelos autores.

4 Conclusão

Estudo da Goldman & Sachs (2008) estima que entre 60 e 80 milhões de pessoas anualmente entram no mercado consumidor de bens duráveis, formando uma espécie de nova classe média mundial. Os impactos ambientais destes novos consumidores são evidentemente imensos e em torno deste tema gira parte importante das negociações internacionais a respeito da limitação nas emissões pelos diferentes países. A proposta dos pesquisadores chineses liderados por Jiahua Pan (Pan e Chen, 2010) procura separar bens correspondentes à satisfação de necessidades básicas daqueles correspondentes a luxo e desperdício. Este trabalho mostra que o conteúdo de carbono da satisfação das necessidades básicas dos indivíduos pode ser muito variado. No caso dos combustíveis domésticos, a transição da lenha

para outras formas de combustíveis como o gás, por exemplo, tem como resultado a simultânea elevação da qualidade de vida e a redução tanto das emissões como da poluição causada por fogões rudimentares de lenha. Já no caso dos transportes, a passagem ao transporte individual movido a gasolina conduz ao aumento drástico das emissões.

Este é o fator que determina a trajetória crescente com a renda do conteúdo de CO₂ da cesta domiciliar de energéticos. Mesmo com o alto peso dos combustíveis “tradicionais” e considerando-se ainda o transporte coletivo, a superação da linha de pobreza por uma família é uma ascensão social com custo-carbono inferior aos demais avanços na pirâmide de renda.

O que decorre necessariamente de que o efeito-gasolina (mensurado em CO₂), apesar de progressivo (com a renda) não é dominante, vis a vis ao efeito-lenha, a não ser a partir de uma renda superior a R\$1.600,00/família/mês.

A diferenciação dos grupos de rendimento familiar no que tange aos hábitos de consumo se mostra, pois, relevante, enquanto determinante da participação na carga de CO₂ que o País lança na atmosfera. Uma dimensão a ser eventualmente considerada na sintonia fina de políticas pró-climáticas, especificamente no que respeita à equidade.

5 Referências¹⁰

ANANTHAPADMANABHAN, G., SRINIVAS, K., GOPAL, V. (2007). Hiding Behind the Poor. Bangalore: Greenpeace India Society, outubro de 2007. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/raw/content/india/press/reports/hiding-behind-the-poor.pdf>

ANP (2004) Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em www.anp.gov.br

BCB (2010) Série “Salário mínimo” (1619). Sistema Gerenciador de Séries do Banco Central do Brasil. Disponível em <http://www4.bcb.gov.br/?SERIESTEMP>

BEHRENS, A., Stefan G., Kovanda, J., Niza, S. (2007) “The material basis of the global economy. Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies”. Ecological Economics. N° 64:444-453

BEN (2003) Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia.

BÔA NOVA, A.C (1985) Energia e classes sociais no Brasil. Edições Loyola, São Paulo.

¹⁰ Todas as referências da internet foram acessadas pela última vez em 23/06/2010.

CHAKRAVARTY, S., Chikkaturb, A., Coninck, H., Pacalaa, S., Socolowa, R., Tavon, M. (2009) Sharing global CO₂ emission reductions among one billion high emitters. Proceedings of the National Academy of Sciences. July 2009.

COMIN, F., Qizilbash, M., Alkire, S. (2008). The capability approach: concepts, measures, applications. Cambridge University Press.

E&E (Economia & Energia: 2010) Relatório de referência “emissões de carbono por queima de combustíveis: abordagem top-down”. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas. OSCIP Economia e Energia. Disponível em www.mct.gov.br/clima

FIPE (2010) Pesquisa “Índice de Desempenho do Transporte Urbano (IDET)” Disponível em: <http://www.fipe.org.br/web/index.asp?aspx=/web/indices/idet/default.aspx>

FRIENDS OF EARTH, GLOBAL 2000 e SERI (2009) Overconsumption? Our use of the world's natural resources. http://www.foeeurope.org/publications/2009/Overconsumption_Sep09.pdf

GOLDMAN & SACHS (2008) The Expanding Middle: The Exploding World Middle Class and Falling Global Inequality. Global Economics Paper No: 170.

GROOT, L., (2010). "Carbon Lorenz curves," Resource and Energy Economics, Elsevier, vol. 32(1), pages 45-64, Janeiro.

HELFAND, S., ROCHA, R. e VINHAIS, H. (2009) “Pobreza e desigualdade de renda no Brasil rural: uma análise da queda recente”. Pesquisa e planejamento econômico v. 39 n° 1:59-80. <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/viewFile/1160/1045>

IBGE (2006) Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003. Microdados.

MCT (2006) Relatório de referência “emissões de gases de efeito estufa por fontes móveis, no setor energético”. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas. Ministério de Ciência e Tecnologia. Disponível em www.mct.gov.br/clima

MCT (2010) Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas. Disponível em www.mct.gov.br/clima

MMA (2010) Primeiro Inventário de Emissões Veiculares. Resumo executivo. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em www.mma.gov.br

O/D (2007) Pesquisa Origem-Destino da Companhia do Metropolitano de São Paulo. Disponível em: http://www.metro.sp.gov.br/empresa/pesquisas/od_2007/teod02.shtml

PAN, J. & CHEN, Y. (2010) “Carbon Budget Proposal” in Pachauri, R. K. org. Dealing with Climate Change. Stting a global agenda for mitigation and adaptation. Delhi. The Energy and Resources Institute.pp. 13-48

ROSENTHAL, E. (2009) – “To Cut Global Warming, Swedes Study Their Plates” The New York Times, 22 de outubro de 2009 - Disponível em: <http://www.nytimes.com/2009/10/23/world/europe/23degrees.html>.

SSE-ESP (2008) Balanço Energético do Estado de São Paulo 2008 ano-base 2007. Secretaria de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.energia.sp.gov.br/energia>

SUPLICY, E. M. (2008) O direito de participar da riqueza da nação: do Programa Bolsa Família à Renda Básica de Cidadania. XXXIII Encontro Nacional, Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (ANPEC), 06 a 09 de dezembro de 2005, Natal, Rio Grande do Norte.

UHLIG, A. (2008) Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. Instituto de Eletrotécnica e Energia, USP (Tese de doutorado). Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-14052008-113901/>

Apêndice

Descrição da metodologia de distribuição das emissões de CO₂, provenientes do consumo domiciliar de energéticos e do transporte terrestre, por classes de rendimento familiar mensal

A.1 Distribuição das emissões associadas ao consumo domiciliar de combustíveis por faixas de renda

A.1.1 Primeiro passo: Determinação dos combustíveis consumidos por residências no ano de 2003 e da respectiva quantidade.

A matriz oferta x consumo do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2003 aponta a seguinte estrutura de consumo de combustíveis por residências.

Tabela A 1 Consumo final residencial de energia, Brasil, 2003

Energético	Gás Natural	Lenha	Gás liquefeito de petróleo (GLP)	Querosene	Eletricidade	Carvão vegetal
Consumo 2003 (tEP)*	172	7.964	5.710	14	6.548	493

*tEP = tonelada equivalente de petróleo.

Fonte: BEN (2003)

A eletricidade não será levada em conta dado que seu consumo não redundará na liberação de CO₂.

A.1.2 Segundo passo: aplicação da metodologia de estimação das emissões de CO₂ do IPCC, tal como detalhado no recém (2010) publicado relatório de referência "Emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis: abordagem top-down".

Este documento é parte integrante do "Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa", publicado em 2010 pela instituição Economia & Energia (E&E) (no período de elaboração do artigo tal documento ainda estava submetido à consulta pública).

A aplicação da metodologia segue os cinco passos de imputação do conteúdo de CO₂ recomendados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), como detalhado abaixo. Suprime-se apenas o passo referente ao desconto da proporção do combustível não empregada para fins energéticos, caso em que o carbono contido em sua estrutura química não é liberado para a atmosfera, permanecendo "estocado" (stored) na terminologia do IPCC (E&E: 2010). A razão para isso é que o quantum de combustíveis reportados no BEN enquanto consumo se refere a consumo energético efetivo.

O procedimento empregado no relatório da E&E (2010) é sintetizado pela equação abaixo:

$$\omega = 10^{-3} \{[\mu \phi \gamma] - \eta\} \lambda 44/12$$

Em que:

ω \equiv emissão anual real de CO₂ (Gg CO₂)

μ \equiv consumo aparente de energia (Produção + Importação - Exportação - Ajuste de estoques) (tEP)

ϕ \equiv fator de conversão da unidade original para terajoules (TJ/tEP)

γ \equiv fator de emissão de carbono por unidade de energia contida no combustível (t C/TJ)

η \equiv quantidade anual de carbono estocado em produtos não energéticos (t C)

λ \equiv fração do carbono realmente oxidado na combustão

Da perspectiva do consumo de energia, a seguinte reformulação se mostra mais adequada:

$$\omega = 10^{-3} \{[\tau \phi \gamma]\} \lambda 44/12$$

Em que τ é o consumo de um dado energético, em toneladas equivalentes de petróleo (tEP).

Aplica-se aqui, portanto, apenas uma parte da metodologia top-down do IPCC, estritamente a que permite converter um energético em emissões de CO₂. A parte referente à mensuração do quantum de energia (i.e., quantidade de combustível) tem de ser substituída, dado que a perspectiva do exercício aqui desenvolvido é diametralmente oposta à visada pelo cálculo oficial. Enquanto o IPCC e o estudo da E&E (2010) focam a produção de energia, o foco do artigo é o consumo. A discussão acerca da maneira pela qual os procedimentos de estimação de emissões de CO₂ diferem entre essas duas abordagens está detalhada na seção A.4 ao final deste apêndice. A tabela abaixo mostra como os passos da metodologia do IPCC de conversão foram seguidos, reproduzindo-se, com as adaptações já explicadas, as tabelas que constam no relatório da E&E a partir da página 52 deste.

Tabela A 2 Conversão do quantum de combustíveis consumidos em CO₂, Brasil, 2003

Energético	Passo 1	Passo 2		Passo 3		
	τ	ϕ		γ		
	Consumo 2003 (tEP)	Conversão em TJ		Conversão em carbono		Divisão por 1.000
Gás Natural	172,48	41,87	7.221,39	17,20	124.207,95	124,21
Lenha	7.964,21	41,87	333.445,54	28,90	9.636.576,23	9.636,58
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	5.709,80	41,87	239.057,70	17,20	4.111.792,39	4.111,79
Querosene	13,97	41,87	585,06	19,60	11.467,24	11,47
Carvão vegetal	492,77	41,87	20.631,24	29,10	600.369,20	600,37

Tabela A 3 Continuação da tabela A.2

Energético	Passo 5		Passo 6
	λ		ω (GgCO ₂)
	Fração do carbono realmente oxidado		Conversão em CO ₂
Gás Natural	0,99	122,97	450,87
Lenha	0,97	9.347,48	34.274,09
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	0,99	4.070,67	14.925,81
Querosene	0,99	11,35	41,63
Carvão vegetal	0,98	588,36	2.157,33

A.1.3 Terceiro passo: distribuição das emissões por classes de renda, de acordo com os padrões de consumo domiciliar de energéticos revelados pela POF

A fonte de dados a que se recorre é a POF 2002-2003, quadro 7, itens 302, 502, 702, 902 e 1.002, banco de dados "despesas de 90 dias". Desta, pôde-se colher as seguintes informações:

Tabela A 4 Despesa em combustíveis por família, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (R\$)

Item / classe de rendimento familiar mensal	Até 400	Mais de 400 a 600	Mais de 600 a 1 000	Mais de 1 000 a 1 200	Mais de 1 200 a 1 600	Mais de 1 600 a 2 000	Mais de 2 000 a 3 000	Mais de 3 000 a 4 000	Mais de 4 000 a 6 000	Mais de 6 000
Gás encanado (1)	0,39	0,53	1,36	3,53	2,19	6,78	9,70	14,67	42,28	82,79
Gás de bujão (2)	165,08	204,58	233,21	236,80	245,49	245,95	243,71	233,11	221,17	234,40
Lenha (3)	32,95	25,41	22,32	17,20	15,35	9,54	10,09	9,57	5,54	3,23
Querosene iluminante (4)	3,07	2,09	1,12	0,84	0,59	0,66	0,20	0,17	0,08	0,11
Carvão vegetal (5)	14,40	10,77	6,04	4,44	2,95	2,84	2,41	2,86	1,62	2,02
Número de famílias	7.928.656	6.744.349	10.188.564	3.543.521	5.091.324	3.340.910	4.568.525	2.424.975	2.236.551	2.467.262

(1) código 7-302, (2) código 7-502, (3) código 7-702, (4) código 7-902, (5) código 7-1.002.

Fonte: POF 2002-2003

A metodologia de distribuição parte do fato de que, matematicamente, a participação de uma família na despesa total (agregando todas as classes de rendimento) de um bem é equivalente à sua participação na quantidade consumida de tal bem. A passagem a seguir demonstra esse

fato, denotando por D_{ik} a despesa da i -ésima família no k -ésimo bem, por p_k o preço deste bem e por q_{ik} a quantidade adquirida por tal família do mesmo bem.

$$\frac{D_{ik}}{\sum_{i=1}^I D_{ik}} = \frac{p_k q_{ik}}{\sum_{i=1}^I p_k q_{ik}} = \frac{p_k q_{ik}}{p_k \sum_{i=1}^I q_{ik}} = \frac{q_{ik}}{\sum_{i=1}^I q_{ik}}$$

Desta maneira, a participação média de uma família da classe "i", na despesa total no energético "k", é equivalente à participação desta família no consumo, medido em quantum, do energético "k". O dado para o consumo energético em quantum foi coletado, conforme indica a seção A.1.1, do BEN 2003.

A.1.4 Resultados

A POF, portanto, fornece apenas a participação média de uma família no consumo do energético, participação esta que deve ser multiplicada pelo quantum reportado no BEN para chegarmos ao consumo. Uma vez que a quantidade consumida dos energéticos do BEN 2003 foi traduzida, em A.1.2., em emissões de CO₂, pode-se aplicar diretamente a participação média, estimada a partir da POF, nestas emissões. Basta, para isso, estabelecer correspondências entre os itens do BEN e os itens de consumo da POF, que são diretas, a não ser, talvez, pela correspondência entre gás natural (BEN) e gás encanado (POF) e GLP (BEN) e gás de bujão (POF). A tabela abaixo traz os resultados desta conta.

Tabela A 5 Emissões de CO₂ associadas ao consumo doméstico de combustíveis, por família, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (tCO₂)

Energético / Classe de rendimento familiar mensal	Até 400	Mais de 400 a 600	Mais de 600 a 1 000	Mais de 1 000 a 1 200	Mais de 1 200 a 1 600	Mais de 1 600 a 2 000	Mais de 2 000 a 3 000	Mais de 3 000 a 4 000	Mais de 4 000 a 6 000	Mais de 6 000	Total Brasil (Gg CO ₂)
Gás encanado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,08	450,87
Gás de bujão	0,23	0,28	0,32	0,33	0,34	0,34	0,34	0,32	0,31	0,33	14.925,81
Lenha	1,23	0,95	0,83	0,64	0,57	0,36	0,38	0,36	0,21	0,12	34.274,09
Querosene iluminante	2,14E-03	1,46E-03	7,82E-04	0,00	4,07E-04	4,58E-04	0,00	0,00	5,76E-05	7,61E-05	41,63
Carvão vegetal	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	2.157,33

A.2 Distribuição das emissões associadas ao consumo de gasolina por automóveis particulares

Um combustível de considerável relevância no padrão de consumo domiciliar de energéticos é a gasolina empregada em automóveis de propriedade da família. Para incorporar as emissões associadas, é preciso seguir um caminho diferente do percorrido na seção A.1.2, já que na matriz do BEN o combustível "gasolina" consta na rubrica "transportes total". Não é,

portanto, possível chegar à fração do energético correspondente apenas à queima em automóveis particulares, separando, pois, o consumo de empresas e famílias.

Com base na POF 2002-2003, quadro 23, item 701, banco de dados "Despesas Individuais", foram obtidos os dados da tabela A.6.

A Agência Nacional do Petróleo (ANP), em seu anuário de 2004, informa o preço da gasolina para todas as unidades da federação brasileira (UFs). Dada a desprezível variação entre essas áreas (a razão entre o desvio padrão e a média, ao longo das UFs, é de 5,5%) pode-se tomar a média inter-UF para o preço da gasolina, um valor de R\$ 2,1457/ litro (ANP: 2004).

Procedendo-se com a razão entre a despesa em gasolina por classe de rendimento e o preço da gasolina, tem-se um indicador de quantum, i.e., uma estimativa para a quantidade, em litros, de gasolina consumida por cada classe. A partir disso, basta aplicar o fator de conversão de metros cúbicos de gasolina em tEP, antes ajustada para a correspondência entre litro e metro cúbico (1 metro cúbico = 1.000 litros), para chegar ao conteúdo energético do consumo de gasolina comum referente a cada uma das classes de rendimento da POF.

Com esses valores em mãos, pode-se adotar a metodologia apresentada na seção A.1.2, para obter as emissões de CO₂ advindas da queima de gasolina em automóveis particulares, por classe de rendimento. Basta, para isso, empregar os seguintes fatores de conversão: (i) m³ em tEP: 0,77 tEP/ m³ gasolina; (ii) tEP em TJ: 41,868 TJ/ tEP; (iii) TJ em carbono: 18,9 tC/TJ de gasolina e; (iv) fração do carbono realmente oxidado: 99%. O resultado final deve ser dividido por 10⁶ para chegar-se a um número em GgCO₂.

A tabela A.7 apresenta o resultado desta conversão, por classe de rendimento, e por família. Para chegar às emissões por família, dividiram-se as emissões por classe pelo número de famílias na classe.

Tabela A 6 Despesa em gasolina comum, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (R\$)

Classe de rendimento familiar mensal	Gasolina comum	Número de famílias
Até 400	356.229.901,86	7.928.656
Mais de 400 a 600	543.599.099,19	6.744.349
Mais de 600 a 1 000	2.006.267.096,21	10.188.564
Mais de 1 000 a 1 200	930.951.554,52	3.543.521
Mais de 1 200 a 1 600	2.374.424.146,18	5.091.324
Mais de 1 600 a 2 000	2.243.347.883,03	3.340.910
Mais de 2 000 a 3 000	4.392.899.013,42	4.568.525
Mais de 3 000 a 4 000	3.626.600.463,47	2.424.975
Mais de 4 000 a 6 000	4.291.316.187,88	2.236.551
Mais de 6 000	7.955.005.518,58	2.467.262

Fonte: POF 2002-2003, item 23-701.

Tabela A 7 Consumo de gasolina comum por automóveis particulares e emissões de CO₂ associadas, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Brasil, 2003

Classe de rendimento familiar mensal	Até 400	Mais de 400 a 600	Mais de 600 a 1 000	Mais de 1 000 a 1 200	Mais de 1 200 a 1 600	Mais de 1 600 a 2 000	Mais de 2 000 a 3 000	Mais de 3 000 a 4 000	Mais de 4 000 a 6 000	Mais de 6 000
Consumo de gasolina (tEP)	127,83	195,07	719,95	334,07	852,07	805,03	1576,41	1301,42	1539,95	2854,68
Emissões associadas (GgCO ₂)	367,20	560,33	2068,03	959,61	2447,52	2312,40	4528,13	3738,24	4423,42	8199,88
Emissões por família (tCO ₂)	0,046	0,083	0,203	0,271	0,481	0,692	0,991	1,542	1,978	3,323

A.3 Distribuição das emissões associadas ao consumo de gasolina por automóveis particulares

A.3.1 Primeiro passo: estimação do total de emissões associado à queima de diesel por ônibus urbano (exclusive ônibus intermunicipal)

Outra fonte a ser considerada como parte do padrão familiar de emissões de CO₂ é o transporte público, ou seja, os deslocamentos com auxílio de meios de transporte sobre os quais as famílias não detêm propriedade, sendo utilizados coletivamente. Esse aspecto é captado focando-se o transporte por meio de ônibus, veículo este que consome óleo diesel, um combustível com alto teor de carbono (além de substâncias potencialmente poluentes, que não são objeto de consideração aqui). Com isso completa-se o conjunto de meios de transporte terrestres, emissores de CO₂, acessados por uma família para se deslocar, considerado no “Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases Estufa” (MCT: 2006).

O total de diesel consumido em operações de transporte rodoviário está reportado na matriz do BEN 2003. Porém não se explicita a participação dos diversos tipos de veículos. A metodologia empregada no relatório de referência denominado “Emissões de gases de efeito estufa por fontes móveis, no setor energético” divulgado no âmbito do “Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa”, estabelece um procedimento para dividir este consumo de diesel entre categorias de veículos (MCT: 2006). Propõe-se a seguinte fórmula:

$$\text{Fator de rateio da categoria } i = \frac{X_i P_i C_i}{\sum_i X_i P_i C_i}$$

Em que “fator de rateio” é a participação da categoria no consumo de combustível, X_i representa o número de veículos da categoria i (frota especificação i), P_i a potência nominal da categoria i (kW) e C_i o consumo específico mínimo da categoria i (g/ kWh).

Três categorias são levadas em conta enquanto consumidoras de diesel: comerciais leves, caminhões e ônibus (MCT: 2006). Uma das principais dificuldades no cálculo da taxa do

fator de rateio por categoria (como é denominada pelo MCT) está na estimação da frota por categoria. O relatório fez isso apenas para os anos de 1990 a 1997, o que torna necessário recorrer a algumas premissas, já que o ano de referência do artigo é o de 2003. Adotam-se dois patamares para a participação dos ônibus na frota de veículos a diesel:

(a, patamar superior) Segundo MCT (2006): 13,4% da frota diesel estimada para 1997 correspondia à categoria ônibus em geral (coletivo urbano, fretado, etc.),

(b, patamar inferior) Segundo MMA (2010): 11% da frota a diesel correspondia, em 2009, a categoria ônibus (em geral).

O último patamar foi estimado para o inventário de emissões veiculares elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) que teve apenas seu resumo executivo publicado até o momento em que o artigo foi finalizado (maio de 2010) (MMA: 2010).

Uma simples modificação da fórmula para cálculo do fator de rateio por categoria permite substituir o tamanho absoluto da frota pelo tamanho relativo (participação): basta dividir numerador e denominador por $\sum_i X_i$. Com isso, tem-se:

$$\left(\frac{X_i}{\sum_i X_i} P_i C_i \right) / \left(\sum_i \left(\frac{X_i}{\sum_i X_i} P_i C_i \right) \right)$$

Ou, denotando-se $X_i / \sum_i X_i$ por α_i :

$$\alpha_i P_i C_i / \left(\sum_i \alpha_i P_i C_i \right)$$

Para chegar aos fatores de rateio das categorias a diesel, basta incorporar a esta fórmula os dados a seguir.

Tabela A 8 Dados para estimação do fator de rateio da categoria “ônibus” no consumo de diesel, Brasil

Variável / categoria	Comerciais leves	Caminhões	Ônibus
α_i para 1997*	27,21%	59,15%	13,45%
α_i para 2009**	41,00%	48,00%	11,00%
P_i (kW)***	90	195	155
C_i (g/kWh) ***	201	192	197
Rateio 1997	+	+	13,18%
Rateio 2009	+	+	11,68%

* MCT (2006)

** MMA (2010)

*** Retirado de MCT (2006)

+Omitido pois foge ao escopo da análise.

Os dois patamares para o fator de rateio levam aos seguintes níveis de consumo de diesel por ônibus.

Tabela A 9 Patamares para o consumo de diesel por ônibus, Brasil

Diesel para transporte rodoviário (tEP)*	Fatia dos ônibus (fator de rateio para 1997)	Fatia dos ônibus (fator de rateio para 2009)
25.252,00	3.327,34	2.950,49

*BEN (2003)

Para chegar nas emissões de CO₂ referentes à queima de diesel por ônibus, emprega-se a mesma metodologia adotada nas seções A.1.2 e A.2, a qual está resumida na tabela a seguir.

Tabela A 10 Conversão do quantum de diesel consumido no transporte com ônibus em CO₂, Brasil, 2003

Energético	Passo 1	Passo 2		Passo 3		
	τ	ϕ		γ		
	Consumo 2003 (TeP)	Conversão em TJ		Conversão em carbono		Divisão por 1.000
Patamar superior	3.327,34	41,87	139.308,95	20,20	2.814.040,81	2.814,04
Patamar inferior	2.950,49	41,87	123.531,25	20,20	2.495.331,23	2.495,33

Energético	Passo 5		Passo 6
	λ		ω (GgCO ₂)
	Fração do carbono realmente oxidado		Conversão em CO ₂
Patamar superior	0,99	2.785,90	10.214,97
Patamar inferior	0,99	2.470,38	9.058,05

É preciso destacar que os patamares de emissões aqui tomados por base se referem ao transporte por meio do veículo ônibus, cobrindo, portanto, os coletivos urbanos, o transporte intermunicipal e interestadual.

A.3.2 Segundo passo: distribuição, por classes de rendimento, das emissões por queima de diesel pelo transporte com ônibus

A premissa de distribuição é a de que a participação de uma classe de rendimento no consumo de diesel por ônibus é equivalente à participação da classe no total de quilômetros viajados por todas as classes, com ônibus, ao longo de um ano, no País como um todo. Ou seja, quanto mais (menos) quilômetros uma classe de rendimento (ou família, ou indivíduo) percorreu ao longo do ano, maior (menor) é sua participação no total de diesel consumido por ônibus.

Para obter esta participação, recorre-se à seguinte formulação do problema.

O numero de quilômetros percorridos dentro de um ônibus, ao longo de um ano, por um individuo i é dado por:

$$x_i = \sum_{j=1}^{J_i} \delta_i^j$$

Em que j indica a j -ésima viagem de ônibus contratada por i no ano e δ_i^j a distância, em km, percorrida em tal viagem. Ou seja, basta somar a distância percorrida em cada uma das viagens de ônibus contratadas por i , ao longo do ano, para chegar à distância total percorrida com ônibus no período.

A participação do indivíduo i na quilometragem total das viagens realizadas por ônibus no âmbito nacional é então:

$$\frac{x_i}{\sum_{j=1}^I x_i}$$

O que pode ser escrito da seguinte maneira, se o numerador e o denominador forem divididos por $\frac{J_i}{\sum_{j=1}^I J_i}$:

$$\frac{x_i}{\sum_{j=1}^I x_i} = \frac{x_i / \frac{J_i}{\sum_{j=1}^I J_i}}{\sum_{j=1}^I x_i / \frac{J_i}{\sum_{j=1}^I J_i}} = \frac{x_i / J_i}{\sum_{j=1}^I x_i / \sum_{j=1}^I J_i} \frac{J_i}{\sum_{j=1}^I J_i}$$

Em que x_i/J_i é a média para as distâncias percorridas em viagens de ônibus por "i" e $\frac{J_i}{\sum_{j=1}^I J_i}$ é a participação de "i" no número de viagens de ônibus contratadas por todos os indivíduos ao longo do ano. Denotando essas grandezas por \bar{x}_i e \hat{J}_i , respectivamente, chegamos a forma final para a participação de i na quilometragem contratada:

$$\varepsilon_i = \frac{\bar{x}_i \hat{J}_i}{\sum_{j=1}^I \bar{x}_i \hat{J}_i}$$

Tem-se ai a decomposição da participação em dois fatores, ou efeitos: (i) o efeito "número de viagens", mensurado por \bar{x}_i e que nos diz que a participação de um indivíduo na quilometragem contratada é tão maior (menor) quanto maior (menor) é o numero de viagens de ônibus por ele contratadas e; (ii) o efeito "distância", mensurado por \hat{J}_i , e que nos diz que a

participação de um indivíduo na quilometragem contratada é tão maior quanto maior é a distância média, em km, por ele percorrida por viagem.

Assim, um indivíduo que realiza muitas viagens de ônibus por ano ao longo de distâncias em média relativamente curtas tende a ter uma participação próxima a um indivíduo que realiza comparativamente poucas viagens mas a distâncias em média relativamente longas.

Pondo de outra maneira, o que a fórmula faz é ponderar a participação do indivíduo em termos de “tickets de ônibus” adquiridos ou de viagens de ônibus contratadas, pela discrepância entre a distância média, calculada estritamente para o conjunto de viagens realizadas por ele (média intra-indivíduos), e a distância média calculada para o conjunto de viagens de ônibus realizadas por toda a sociedade (média inter-indivíduos). Essa leitura da fórmula fica mais clara na versão abaixo:

$$\varepsilon_i = \hat{J}_i \frac{\bar{x}_i}{\sum_{j=1}^I x_i / J}$$

Em que $J = \sum_{j=1}^I J_i$, é o número total de viagens de ônibus contratadas (tickets vendidos).

Os dados referentes à participação de um indivíduo no total de viagens de ônibus contratadas podem ser obtidos da POF 2002-2003. Antes cabe observar que a participação de um indivíduo na despesa total em contratação de viagens de ônibus é matematicamente equivalente a sua participação em termos do número de viagens, fato esse demonstrado na seção A.1.3.

A POF reporta a despesa com diversas modalidades de transporte de ônibus, transporte coletivo urbano, transporte intermunicipal, interestadual, etc. Toma-se por base apenas as despesas referentes a primeira modalidade de transporte. As razões para isso são: (i) a metodologia empregada para chegar às emissões relacionadas ao uso de ônibus não permite distinguir as diversas modalidades de transporte e; (ii) a despesa referente à contratação de ônibus urbano é a que contou com o maior número de informantes entre todas as modalidades de transporte via ônibus.

Dessa maneira, se a inespecificidade da metodologia empregada para chegar às emissões de ônibus conduz a um impasse, a gradação de confiabilidade dos dados da POF (medindo confiabilidade pelo número de informantes) aponta para a solução: focar na distribuição da despesa em ônibus urbano. Assim sendo, as despesas com "ônibus urbano convencional", por classe de renda, são apresentadas na tabela A.11. Tomando-se a proporção por classe na despesa total tem-se \hat{J}_i calculado por classe. O índice "i" passa a ser referir, portanto, a uma classe de renda. A tabela A.11 também apresenta este resultado.

O dado referente a distância média percorrida por viagem de ônibus urbano, por classe de renda, é de difícil obtenção. Tomou-se conhecimento de apenas um estudo em que a informação acerca da duração de viagens realizadas com ônibus é coletada por classes de rendimento mensal familiar. Trata-se da pesquisa "Origem e Destino" do metrô do Estado de São Paulo, a qual se circunscreve, à região metropolitana de São Paulo (RMSP) (OD: 2008).

A ausência de um levantamento comparável, que cubra outros Estados, dita a necessidade de extrapolar a relação entre renda familiar e duração média de viagens de ônibus, apurada para a RMSP, para o Brasil como um todo, este o âmbito do presente estudo. A tabela A.12 apresenta a informação que consta na pesquisa em questão.

Tabela A 11 Participação na despesa em ônibus urbano, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Brasil, 2003

Classe de rendimento/ Variável	Despesa em ônibus urbano (R\$/classe) (Brasil)	% Despesa total \hat{J}_i
Até 400	544.770.624,04	4,52%
Mais de 400 a 600	823.443.747,59	6,83%
Mais de 600 a 1 000	2.165.380.056,42	17,97%
Mais de 1 000 a 1 200	1.019.052.453,49	8,46%
Mais de 1 200 a 1 600	1.666.474.325,24	13,83%
Mais de 1 600 a 2 000	1.333.729.984,08	11,07%
Mais de 2 000 a 3 000	1.886.632.661,50	15,66%
Mais de 3 000 a 4 000	904.273.022,10	7,51%
Mais de 4 000 a 6 000	879.719.439,02	7,30%
Mais de 6 000	824.986.041,35	6,85%

Tabela A 12 Duração média de viagens em modo coletivo, Região Metropolitana de São Paulo, 2007

Renda familiar mensal	até 760	760 a 1520	1520 a 3040	3040 a 5700	mais de 5700	Total
Tempo médio por viagem diária em modo coletivo de transporte*	68	70	66	62	58	67

*modo coletivo de transporte compreende ônibus, metrô, trem, van, fretado e transporte escolar.

Fonte: O/D (2007, pg 52).

Como se vê, a informação não se refere à distância propriamente dita, mas ao tempo em média percorrido por viagem. E, além disso, tal média se refere a todos os meios coletivos de transporte e não apenas ao ônibus.

O primeiro problema pode ser contornado pela hipótese de que as classes de renda realizam deslocamentos em transporte coletivo a uma velocidade aproximadamente igual. Isso valendo, se há distinção entre a distância média de viagem entre classes, isso se deve a um diferencial no tempo médio de viagem, variável a que se refere o dado.

A segunda dificuldade não pode ser contornada e será preciso adotar o dado tal como se apresenta, mesmo sabendo que ele está sujeito a distorções impostas por relações existentes entre o tempo de viagem em outros meios coletivos de transporte que não o ônibus, e a renda familiar do contratante da viagem - é um exemplo a relação do metrô, um meio de transporte de grande relevância na região em que as informações foram geradas, com a renda familiar dos passageiros.

Um terceiro problema se refere à incompatibilidade dos valores de corte das classes de renda tomados por base na pesquisa O/D e aqueles que são adotados na publicação original da POF, até aqui tomados por base. A única saída é interpolar, imperfeitamente, as faixas, da maneira mostrada abaixo.

Tabela A 13 Duração média de viagens em modo coletivo, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Região Metropolitana de São Paulo, 2007

Classe de rendimento familiar mensal	Até 400	Mais de 400 a 600	Mais de 600 a 1 000	Mais de 1 000 a 1 200	Mais de 1 200 a 1 600	Mais de 1 600 a 2 000	Mais de 2 000 a 3 000	Mais de 3 000 a 4 000	Mais de 4 000 a 6 000	Mais de 6 000
Tempo médio por viagem diária em modo coletivo de transporte	68	68	70	70	70	66	66	62	62	58

Uma vez qualificadas as imperfeições do dado acerca da duração das viagens por classe de renda, pode-se apresentar o cálculo da razão entre o tempo médio individual da classe (média intra-classe) e a média inter-classes para essa variável $\left(\frac{\bar{x}_i}{\sum_{j=1}^I \bar{x}_i \hat{f}_i}\right)$, bem como a participação das classes na quilometragem total viajada (ε_i), é o que se tem na tabela A.14.

Tabela A 14 Participação na despesa em ônibus urbano, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Brasil, 2003

Classe de rendimento/ Variável	Tempo (minutos/viagem) (RMSP) [Ai] \bar{x}_i	%gasto [Bi]	Média intra-classe/ média inter-classes [Ci = Ai/(∑Ai x Bi)] $\frac{\bar{x}_i}{\sum_{j=1}^I \bar{x}_j \hat{J}_j}$	Participação da classe na quilometragem total [Di = Bi x Ci] ϵ_i
Até 400	68	4,52%	1,019527966	4,61%
Mais de 400 a 600	68	6,83%	1,019527966	6,97%
Mais de 600 a 1 000	70	17,97%	1,049514083	18,86%
Mais de 1 000 a 1 200	70	8,46%	1,049514083	8,88%
Mais de 1 200 a 1 600	70	13,83%	1,049514083	14,52%
Mais de 1 600 a 2 000	66	11,07%	0,98954185	10,95%
Mais de 2 000 a 3 000	66	15,66%	0,98954185	15,49%
Mais de 3 000 a 4 000	62	7,51%	0,929569616	6,98%
Mais de 4 000 a 6 000	62	7,30%	0,929569616	6,79%
Mais de 6 000	58	6,85%	0,869597383	5,95%

Multiplicando-se as participações por classe na quilometragem total pela emissão nacional de CO₂ oriunda da queima de diesel em ônibus, chega-se aos valores da tabela A.15.

Tabela A 15 Emissões de CO2 associadas à queima de diesel pelo transporte em ônibus, classes de rendimento familiar mensal da POF 2002-2003, Brasil, 2003 (GgCO₂)

Classe de rendimento familiar mensal	Até 400	Mais de 400 a 600	Mais de 600 a 1 000	Mais de 1 000 a 1 200	Mais de 1 200 a 1 600	Mais de 1 600 a 2 000	Mais de 2 000 a 3 000	Mais de 3 000 a 4 000	Mais de 4 000 a 6 000	Mais de 6 000
Patamar superior (1997)	470,89	711,77	1.926,76	906,76	1.482,83	1.118,94	1.582,80	712,67	693,32	608,23
Patamar superior por família (tCO ₂)	0,06	0,11	0,19	0,26	0,29	0,33	0,35	0,29	0,31	0,25
Patamar inferior (2009)	417,56	631,16	1.708,54	804,06	1.314,89	992,21	1.403,54	631,95	614,79	539,35
Patamar inferior por família (tCO ₂)	0,05	0,09	0,17	0,23	0,26	0,30	0,31	0,26	0,27	0,22

Os valores por família foram calculados dividindo-se os valores por faixa pelo número de famílias por faixa.

Faz-se necessário assinalar que a distribuição das emissões associadas a transporte urbano toma por base dados que se referem, exclusivamente, a apenas uma modalidade de transporte, o transporte coletivo. O que conflita com o fato de que o total nacional de emissões incorpora o transporte com ônibus em geral, i.e., todas as modalidades. Esse erro é minorado pela evidência revelada por dados compilados pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE): a predominância do ônibus coletivo urbano, tanto em termos de quilometragem, como em termos do número de passageiros transportados, no âmbito nacional, é praticamente absoluta. A tabela abaixo reporta essa evidência.

Tabela A 16 Participação das modalidades de transporte via ônibus, Brasil, 2003

Modalidade de transporte via ônibus	% em n° de passageiros	% em quilometragem
Transporte rodoviário interestadual	1%	<0,1%
Transporte rodoviário intermunicipal	5%	<0,1%
Transporte coletivo urbano	94%	99,99%

Fonte: Proporções calculadas pelos autores a partir de Pesquisa “Índice de Desempenho do Transporte Urbano (IDET)”, da FIPE (<http://www.fipe.org.br/web/index.aspx?aspx=/web/indices/idet/default.aspx>).

A.4 Comparações da metodologia proposta com outras metodologias e/ou resultados

A.4.1 Relatório de referência “emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis: abordagem top-down (E&E: 2010).”

Conforme mencionado nas seções anteriores, esse é o "estudo-fonte" do qual a metodologia de conversão do consumo de energéticos em emissões de CO₂ foi retirada.

Não é possível comparar as estimativas para as emissões de CO₂, associadas aos energéticos considerados com o reportado neste estudo. A razão para isso está na oposição em relação à perspectiva: enquanto nas estimativas anteriormente detalhadas focam-se as emissões associadas ao consumo final de energéticos, o estudo da E&E foca o lado da produção de energéticos ou da oferta nacional. Imputa-se às emissões à produção de combustíveis primários, conforme definição do BEN, i.e., Petróleo, Lenha, Carvão metalúrgico, Cana de açúcar, etc. e não à produção ou consumo de combustíveis secundários, p.ex., GLP, gasolina, carvão vegetal, alcatrão, etanol, etc. Trata-se de um expediente que segue à risca o princípio contábil do BEN em que se considera como geração de energia a produção de combustíveis primários, sendo os combustíveis secundários apenas transformações de conteúdo energético anteriormente gerado.

Isso é feito para evitar-se dupla contagem, uma vez que, da mesma maneira que o teor energético dos combustíveis secundários é contabilizada nos combustíveis primários que os geraram – mas apenas no caso em que os últimos foram produzidos no interior do País -, o teor de carbono, e daí de CO₂, é também imputado à fonte primária.

Desta maneira, os combustíveis secundários não são considerados fontes de emissão, exceto no caso em que foram importados, uma vez que a fonte primária de energia não foi, neste caso, produzida no interior do País.

Outra correção ocorre com as exportações de fontes secundárias, que são consideradas como exportações de CO₂. Como o consumo final de energia é sempre consumo de fontes secundárias (de acordo com os conceitos que aqui se busca esclarecer), sejam elas oriundas de fontes primárias produzidas ou não no interior do país, imputar emissões de CO₂ ao consumo final de energia redundaria em contemplar fontes de emissões não contempladas pelo relatório E&E (exceto pelo caso patológico em que as fontes secundárias provêm exclusivamente de importações, como é o caso “aproximado” do carvão mineral).

Da perspectiva do consumo de energéticos, portanto, queima de GLP, gasolina, GNV, querosene e carvão vegetal, são fatores geradores de CO₂. Mas não da perspectiva da oferta de energéticos, uma vez que é apenas a produção de fontes primárias que gera emissão de CO₂.

A lenha é uma exceção, mas apenas como combustível final (e não como insumo para carvoarias), dado que é uma fonte primária que é consumida e, por isso, podemos, apenas para esse energético, estabelecer uma comparação com o relatório do E&E.

O número obtido por nossos cálculos equivale a 52% das emissões imputadas à lenha (66.012 GgCO₂) para o ano de 2003 (vide página 93 do documento) o que está em consonância com o

fato de que o consumo residencial de lenha corresponde a 52% de toda a lenha consumida em 2003, de acordo com o BEN. O restante sendo destinado aos setores agropecuário e industrial (caldeiras).

É claro que, se o consumo de todos energéticos levados em conta no BEN 2003 for convertido, pela ótica do consumo final, em emissões de CO₂, deveremos chegar a um total equivalente ao apresentado pelo E&E. Simplesmente porque da mesma maneira que o teor energético das fontes primárias é o compute do teor energético das fontes secundárias, as emissões de CO₂ das primeiras também correspondem à totalização das emissões pela queima das segundas.

Para finalizar, é interessante apontar que as "emissões familiares" calculadas equivalem a 18% do total estimado pela E&E para 2003.

A.4.2 Balanço energético do Estado de São Paulo (BEESP, SSE-ESP: 2008).

Para testar a metodologia de distribuição das emissões associadas ao consumo de gasolina, ela foi aplicada ao Estado de São Paulo (ESP), a partir de dados da POF 2002-2003, referentes ao consumo de gasolina (despesas e número de informantes por classe de renda) para esta região.

Pôde-se calcular o quantum de gasolina consumido por classe de renda, conforme o procedimento da seção A.2. Assim fazendo, verificou-se, em primeiro lugar, que o quantum em tEP, produzido pela POF com base nas despesas médias e número de informantes por classe de renda, se equiparava ao reportado pelo BEESP 2008, para o ano de 2003. E isso com erro de 20%: O BEESP reporta 3.994 mil tEP contra a estimativa, feita a partir da metodologia do artigo, de 3.381 mil tEP. Cabe qualificar, lembrando que estamos estima-se o consumo de gasolina por famílias, de modo que a não consideração das empresas deve levar, obrigatoriamente, à subestimação do consumo total.

Em segundo lugar, comparou-se as emissões de CO₂ estimadas para o ano de 2003, com base na metodologia, com as reportadas para o ano de 2007 (único ano para o qual as emissões por energético estão disponíveis). Resultado: a estimativa subestima em apenas 20% a do BEESP (como o estimado se refere a 2003 e, mais uma vez, não se incorpora a gasolina consumida por empresas, a subestimação é esperada). A estimativa do BEESP para 2007 é de 11,7 Mt CO₂ (vide tabela pagina 116, rubrica gasolina) e da metodologia aqui proposta, 9,71 MtCO₂.

A.4.3 Balanço energético nacional (BEN: 2003)

Comparando a quantidade de gasolina consumida, aqui estimada, e o reportado pelo BEN 2003, tem-se que esta subestima em apenas 22% a primeira (10.306,49 mil tEP contra 13.162 mil tEP). O que é esperado dado que o consumo de gasolina por automóveis e motocicletas pertencentes a empresa não está incorporado a nossos cálculos.