

# Medindo a pobreza energética no Brasil: uma proposta fundamentada no Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI)

Yormy Eliana Melo Poveda, Universidade Federal Fluminense (UFF), yemelop@gmail.com  
Luciano Dias Losekann, Universidade Federal Fluminense (UFF), lucianolosekann@id.uff.br  
Niágara Rodrigues da Silva, Universidade Federal Fluminense (UFF), niagararodrigues@gmail.com

## Resumo

No Brasil ainda não existe uma definição oficial de pobreza energética, o que reflete na ausência de indicadores que descrevam o problema e, conseqüentemente, limitam a implementação de programas e políticas adequadas para a sua mitigação. Esta pesquisa propõe a elaboração de uma métrica de pobreza energética que sintetize as diversas dimensões da energia que contribuem ou prejudicam o bem-estar das famílias brasileiras, fundamentados na abordagem de capacidades de Amartya Sen (1993) e no Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) desenvolvido por Nussbaumer et al. (2011; 2012). Com base na última edição da Pesquisa de Orçamentos Familiares (2017-2018), o índice proposto para o Brasil inclui indicadores sobre o uso de combustíveis para cozinhar, a percepção de qualidade do fornecimento de energia elétrica, a disponibilidade do serviço de eletricidade, variáveis relacionadas com a posse de bens que permitem o uso da energia elétrica e a capacidade de pagamento das contas de energia. Os resultados apontam que 11.5% dos domicílios analisados no Brasil são pobres energéticos multidimensionais. A intensidade das privações foi de 31.9% e o MEPI alcançou valores de 4.6%. No meio rural os índices de pobreza energética são expressivos se comparados com o meio urbano.

**Palavras-chave:** Pobreza energética, Índice de Pobreza Energética Multidimensional, privações.

## Abstract

In Brazil there is still no official definition of energy poverty, which reflects the absence of indicators that describe the problem and, consequently, limit the implementation of programs and adequate policies for its mitigation. This research proposes the development of an energy poverty metric that synthesizes the different dimensions of energy that contribute to or hinder the well-being of Brazilian families, based on the capabilities approach of Amartya Sen (1993) and on the Multidimensional Energy Poverty Index (MEPI) developed by Nussbaumer et al. (2011; 2012). Based on survey data from the last edition of the Brazilian Family Expenditure Survey (2017-2018), the proposed index for Brazil includes indicators on the use of fuels for cooking, the perception of quality of electricity, the availability of electricity service, variables related to the ownership of appliances and the affordability of energy services. The results show that 11.5% of the households analyzed in Brazil are multidimensional energy poor. The intensity of deprivations was 31.9% and the MEPI reached values of 4.6%. In rural areas, energy poverty rates are expressive when compared to urban areas.

**Key-words:** Energy poverty, Multidimensional Energy Poverty Index, deprivations.

**Área ANPEC:** Área 12 - Economia Social e Demografia Econômica.

**Classificação JEL:** P36, I32, Q40.

## 1. Introdução

A inícios do século XXI o conceito de pobreza energética começou a ser extensamente debatido pelo mundo, adquirindo características de acordo com o nível de desenvolvimento dos países. Nos estados mais desenvolvidos a privação energética tem sido comumente associada aos altos preços dos combustíveis, a baixa renda domiciliar e a ineficiência energética (Healy e Clinch, 2002; Rademaekers et al., 2016). Nos países em desenvolvimento, o conceito foi referido, inicialmente, com a insuficiência de infraestrutura para atender a

demanda de energia doméstica moderna. As definições variam conforme o contexto regional e aos tipos de serviços energéticos que são considerados como básicos (iluminação, aquecimento de espaços, cocção de alimentos, comunicação, entre outros).

No Brasil ainda não existe uma definição oficial de pobreza energética, o que reflete na ausência de indicadores que descrevam o problema e, conseqüentemente, limitam a implementação de programas e políticas adequadas para a sua mitigação. Se bem no país foram implementados programas para garantir que a população tivesse acesso físico aos serviços energéticos modernos, eletricidade e gás doméstico, o maior desafio está no melhoramento da qualidade da energia doméstica e em permitir o acesso à energia a preços razoáveis. Isso, de acordo com o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 – segundo o qual os países devem “assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, para todos” (UN, 2020).

Esta pesquisa propõe a elaboração de uma métrica de pobreza energética que sintetize as diversas dimensões da energia que contribuem ou prejudicam o bem-estar das famílias brasileiras, fundamentados na abordagem de capacidades de Amartya Sen (1993) e no Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) desenvolvido por Nussbaumer et al. (2011; 2012). Com base nos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017-2018 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o índice proposto inclui indicadores sobre o uso de combustíveis para cozinhar, a percepção de qualidade do fornecimento de energia elétrica, a disponibilidade do serviço de eletricidade, a posse de bens que permitem o uso da energia elétrica e a capacidade de pagamento das contas de energia.

Este índice será estimado ao nível nacional e pretende mostrar os padrões espaciais da pobreza energética por área rural e urbana e por estado. Uma das bondades do índice é que é possível quantificar a contribuição de cada indicador no índice geral de pobreza energética, constituindo um elemento essencial na criação e focalização de políticas e programas energéticos para combater o fenômeno.

Assim, esta pesquisa é pioneira em fornecer uma medida de pobreza energética no Brasil e nas regiões, além de estudar as dimensões em que as famílias são mais vulneráveis em termos energéticos. Esta medição da pobreza energética é fundamental para aprimorar a disponibilidade da informação e auxiliar nas ações que devem ser tomadas para melhoramento do acesso à energia moderna, segura, confiável e a preços acessíveis.

Além desta introdução, esta pesquisa incorpora três seções. A segunda seção apresenta as diversas definições e as formas de medir a pobreza energética na literatura internacional. A terceira seção delimita a pobreza energética em termos conceituais e detalha a metodologia do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) adaptado para o Brasil. A quarta seção mostra os resultados da pesquisa e a quinta seção apresenta as conclusões.

## **2. Entendendo a Pobreza Energética: Definições e Formas de Medição**

Esta seção compreende uma revisão das definições e formas de medição sobre pobreza energética em diversos países onde é abordada a problemática. A primeira parte compila as diversas definições de pobreza. A segunda parte denota os principais indicadores de pobreza energética. A terceira parte compreende uma revisão de literatura dos trabalhos sobre pobreza energética desenvolvidos no Brasil.

### **2.1 Definições de Pobreza Energética**

A definição sobre pobreza energética é complexa e dinâmica. Não existe uma forma unânime de defini-la na literatura, pois os seus determinantes variam de acordo com fatores sociológicos e culturais relacionados com a prática diária do consumo de energia (Bouzarovski e Petrova, 2015; Day, et al., 2016).

Uma das teorias mais comuns que ilustram a pobreza energética está relacionada com a falta de acesso a fontes de energia moderna. O relatório *World Energy Outlook* (WEO) da *Internacional Energy Agency* (IEA,

2017, p. 21) define acesso à energia como “acesso confiável e a preços financeiramente acessíveis dos serviços energéticos modernos, eletricidade, gás natural, Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) ou sistemas de biogás”. A confiabilidade dos serviços energéticos significa que estes são factíveis de serem utilizados na maioria das vezes e são financeiramente acessíveis quando o seu preço não proíbe o seu uso.

A definição de acesso à energia usualmente inclui tanto o acesso a eletricidade quanto a combustíveis modernos para preparação de alimentos e aquecimento de espaços. Entretanto, o acesso à energia não é suficiente para satisfazer as necessidades básicas que aliviam a pobreza energética. Winkler et al. (2011) afirmam que para países em desenvolvimento, os níveis de consumo em famílias recém-conectadas às redes de eletricidade permanecem abaixo do esperado por algum tempo, sendo a capacidade de pagamento um dos fatores explicativos. Ademais, há casos em que a disponibilidade do serviço não é diária e integral ou existem altos índices de interrupção do serviço. A conexão à rede de energia é importante, porém não determina a capacidade de uso. A extensão em que os serviços de energia são realmente usados depende da capacidade de pagamento (*affordability* em inglês) das famílias (Winkler, et al., 2011) e a qualidade dos serviços (Bhatia e Angelou, 2015).

Bhatia e Angelou (2015), por sua parte, incluíram na definição de pobreza energética elementos sobre a qualidade dos serviços energéticos e deram importância ao uso da energia para usos produtivos e econômicos. Os autores definiram a pobreza energética como a impossibilidade de usar serviços energéticos modernos de forma saudável, cômoda e eficiente, resultando num nível de consumo de energia insuficiente para suportar o desenvolvimento social e econômico.

Bouzarovski e Petrova (2015) tentam superar a dicotomia acesso-capacidade de pagamento ao propor uma definição que conota a pobreza energética como um problema global, que afeta por diferentes formas a população vulnerável, tanto de países desenvolvidos quanto de estados em via de desenvolvimento. Eles definiram a pobreza energética como a incapacidade (das famílias) de alcançar um nível social e materialmente necessário dos serviços energéticos domésticos (Bouzarovski e Petrova, 2015, p.31).

Com uma abordagem multidimensional, Day et al. (2016) conceitualizam a pobreza energética com base na teoria de capacidades, desenvolvida inicialmente por Amartya Sen e Martha Nussbaum (Sen e Nussbaum, 1993; Sen, 2000).

Day et al. (2016, p. 260) definiram a pobreza energética como *a inabilidade de realizar capacidades essenciais, em razão de um resultado direto e indireto do insuficiente acesso a serviços de energia financeiramente acessíveis, confiáveis e seguros, considerando os meios alternativos disponíveis para realizar essas capacidades*. Entende-se o acesso à energia de forma ampla, onde reitera-se a importância da disponibilidade dos serviços energéticos e a capacidade dos indivíduos de fazerem uso deles, de acordo com as habilidades, as crenças e as disposições materiais.

Os autores afirmam que esta é uma definição mais abrangente se comparado com as definições mais frequentes dos países europeus, pois admite que a energia é necessária para dar suporte as capacidades, que incluem a saúde, mas não estão limitadas a esta. Reconhece o papel dos serviços energéticos, sem especificar algum serviço em especial, o que permite que a definição seja dinâmica e flexível e consoante com diferentes contextos geográficos e culturais.

### **2.3 Indicadores de Pobreza Energética**

Neste estudo propõe-se uma categorização de indicadores de pobreza energética em três abordagens. As duas primeiras abordagens têm a ver com as mais tradicionais nos países desenvolvidos, associados com indicadores de despesas, de um lado, e indicadores consensuais, do outro. Uma terceira abordagem trata da pobreza energética multidimensional com indicadores compostos. A Tabela 1 sintetiza os principais indicadores de pobreza energética encontrados na literatura e que foram agrupados por abordagem.

**Tabela 1 – Síntese dos indicadores de pobreza energética**

Abordagem	Indicador	Referência
Indicadores de despesas	TPR: Despesas energéticas superiores ao 10% da renda.	Boardman (2010)
	MIS: A renda, depois de descontados os custos da moradia, menos o custo mínimo de vida é inferior as despesas energéticas.	Moore (2012)
	LIHC: Despesa energética superior à média nacional e renda familiar residual inferior a linha de pobreza.	Hills (2012)
	HEP: Despesa energética inferior a mediana nacional.	Rademaekers et al. (2016)
	2M: A participação da despesa energética na renda domiciliar supera em dobro a mediana nacional.	Schuessler (2014)
Indicadores consensuais	Inabilidade de manter aquecida a residência. A OMS recomenda manter uma temperatura entre 18 e 21° C.	Estatísticas sobre Rendimentos e Condições de Vida na União Europeia (EU-SILC) (Eurostat, 2021)
	Inabilidade de pagar as contas de serviços públicos em dia.	
	Presença de problemas de infraestrutura do domicílio como umidades nas paredes ou pisos, telhados com goteiras, janelas em decomposição, entre outros.	
Indicadores multidimensionais	MEPI: As privações energéticas de uma família excedem um limiar arbitrário.	Nussbaumer et al. (2011; 2012)

Fonte: Elaboração própria.

A primeira abordagem consiste nos indicadores de despesas que pretendem aferir a capacidade de pagamento dos serviços energéticos das famílias de menor renda. São 5 os indicadores de despesas mais frequentes na literatura. O indicador TPR (*Ten Percent Rule* TPR), proposto por Boardman (1991) para o Reino Unido, aponta que famílias com despesas energéticas superiores a 10% de sua renda estariam provavelmente em condição de pobreza de combustível. O indicador Renda Mínima Padrão (*Minimum Income Standard*-MIS), elaborado por Moore (2012), categoriza uma família em condição de pobreza energética se não tem renda suficiente para pagar as despesas energéticas básicas, depois de descontar outras despesas mínimas necessárias. Hills (2012) propôs outro indicador para medir a pobreza energética no Reino Unido, denominado Baixa Renda – Altos Custos (LIHC). A proposta esteve orientada a identificar a pobreza energética com base em dois critérios que se devem cumprir simultaneamente: i) a despesa energética da família superar a média nacional; ii) a renda familiar residual, após pagar as contas de energia, cair abaixo da linha de pobreza. O Índice de Pobreza Energética Oculta (*Hidden Energy Poverty* -HEP) classifica famílias em situação de pobreza energética quando o dispêndio energético está abaixo da mediana nacional, em razão de a família se restringir por debaixo do necessário para satisfazer outras necessidades (Rademaekers, et al., 2016). O indicador *High Expenditure in Income* (2M) caracteriza a pobreza energética quando a participação do gasto energético na renda domiciliar é duas vezes superior a mediana nacional (Schuessler, 2014).

Devido às limitações dos indicadores de despesas energéticas como a definição de limiares arbitrários e a alta sensibilidade aos preços da energia doméstica, foi proposta outra abordagem de indicadores, chamada de consensual ou subjetiva. Esta segunda abordagem trata da compreensão e percepção das famílias em pobreza energética, envolvendo fatores como a inabilidade de manter a residência aquecida, atraso no pagamento das contas de serviços públicos e as condições de infraestrutura do domicílio (Healy e Clinch, 2002). Para investigar a percepção das famílias sobre o conforto térmico, foi utilizado um nível de temperatura recomendado pela Organização Mundial da Saúde, sendo entre 18°C e 21°C dentro da residência. Entre a avaliação das condições de infraestrutura da moradia, estão: a presença de umidade nas paredes ou pisos das residências, telhados com goteiras, decomposição de janelas, entre outros.

Finalmente, outra abordagem tem a ver com indicadores compostos, que tentam retratar a multiplicidade da pobreza energética em um ou poucos números. O indicador de pobreza energética multidimensional (*Multi-dimensional Energy Poverty Index* - MEPI), desenvolvido por Nussbaumer et al. (2012), está centrado nos serviços energéticos e o efeito que estes tem no bem-estar das pessoas. Os serviços

energéticos selecionados, também chamados de dimensões, são cocção de alimentos, iluminação, serviços derivados das tecnologias (eletrodomésticos), entretenimento e educação e comunicação. Cada dimensão deve incorporar uma gama de indicadores relevantes para quantificá-la. Por exemplo, o serviço de cocção é representado pelo tipo de combustível utilizado para a preparação de alimentos, o serviço de iluminação é medido pelo acesso à eletricidade. As outras dimensões são medidas pela posse de eletrodomésticos tais como geladeira, televisão e celular. Os indicadores são de natureza binária, mostrando se uma família possui ou não um determinado serviço energético. Uma família é declarada como pobre energeticamente se a combinação das privações excede um patamar pre-definido.

Em síntese, encontram-se divergências na medição de pobreza energética, pois cada indicador é referido a diferentes circunstâncias, experiências e formas de afrontar a privação energética.

## **2.4 Pobreza Energética no Brasil**

No Brasil ainda não existe uma definição oficial de pobreza energética nem um método para a sua medição, pelo que diversos trabalhos têm sido efetuados conforme as circunstâncias da área de estudo.

A pobreza energética no Brasil tem sido pesquisada principalmente em comunidades urbanas de baixa renda. Um dos primeiros trabalhos foi elaborado por Oliveira e Pereira de Melo (2005) ao analisar os fatores de vulnerabilidade energética e exclusão social no Complexo do Caju, bairro do Rio de Janeiro. Os autores apontam a que um ambiente de exclusão social, junto com a atuação de grupos vinculados ao crime, penaliza aos consumidores de GLP com menor renda, uma vez que grupos criminosos estabelecem um sobre-preço do GLP. Por isso, nas comunidades de baixa renda o uso do “gato”<sup>1</sup> serviu como estratégia para equilibrar os gastos energéticos com a renda domiciliar. A conclusão dos autores é que o problema energético central enfrentado pela população do Caju reside na capacidade de as famílias arcarem com as despesas decorrentes do seu consumo de energia.

Ainda para comunidades de baixa renda, há os trabalhos de Butera et al. (2019) e Paiva (2019). Paiva (2019) elaborou um indicador de capacidade de pagamento do serviço de eletricidade para as famílias de baixa renda com base nos dados coletados numa amostra de domicílios dos bairros Residencial Vista Bela (Londrina, Paraná) e Jardim Campos Verdes (Cambé, Paraná). O indicador incorporou as seguintes variáveis: renda, número de moradores da residência, consumo, despesas totais da casa, impacto da fatura de energia elétrica nas despesas da habitação, tarifa e inadimplência. Butera et al. (2019) realizaram uma pesquisa de campo nos bairros Reta-Velha (Itaboraí, RJ) e Jardim Bom retiro (São Gonçalo, RJ) para coletar informação de consumo e eficiência energética das famílias. Os resultados constatarem que nestes bairros uma das barreiras para consumir os serviços energéticos domésticos que afirmam bem-estar às pessoas são as altas despesas energéticas em relação a renda domiciliar. Nessa situação, as famílias optam pelo uso de conexões legais e ilegais como uma forma de compensar as altas despesas energéticas com a renda domiciliar disponível.

Já Pereira et al. (2011) aplicaram questionários em comunidades rurais do Pará antes e depois da eletrificação dos domicílios para estimar a pobreza energética, baseado no mínimo consumo de energia que satisfaz as necessidades básicas, e o coeficiente de Gini. A conclusão é que após a fase de eletrificação a proporção de pobres energéticos e a desigualdade da região decresceu.

Até então, na literatura nacional, não há uma definição sobre pobreza energética dada pelos órgãos governamentais, nem há uma definição acadêmica explícita. Associado a isso, não existem medições de pobreza energética em escala nacional ou regional. Definições a partir do debate acadêmico são relevantes para abrir caminhos na consolidação de uma definição oficial no Brasil. Ademais, a medição da pobreza energética serve como diagnóstico dos fatores que contribuem e reforçam a vulnerabilidade energética das famílias. A

---

<sup>1</sup> Nome utilizado para a conexão irregular à rede de distribuição de energia elétrica.

importância desta pesquisa é ser a primeira em fornecer uma definição e medição de pobreza energética ao nível nacional, assim como mostrar as heterogeneidades regionais ao construir índices por Unidade Federativa.

### **3. Delimitando a pobreza energética no Brasil: construção conceitual e aplicação empírica**

A proposta desta pesquisa trata da construção de um índice composto com base no Índice Multidimensional de Pobreza Energética (MEPI) de Nussbaumer et al. (2011) e a abordagem de capacidades de Amartya Sen (1999). O MEPI é uma adaptação do Índice de Pobreza Multidimensional (MPI) global elaborado pela Iniciativa Pobreza e Desenvolvimento Humano de Oxford - OPHI, na sigla em inglês (Alkire e Foster, 2007; Alkire e Foster, 2011).

O MEPI é um índice composto que surgiu com a necessidade de capturar um grupo de vários elementos para representar adequadamente o nexos entre os serviços energéticos e o desenvolvimento humano, indo além dos indicadores que focalizam exclusivamente no acesso ou na capacidade de pagamento.

A abordagem de Nussbaumer et al. (2011; 2012) apresenta-se como o referencial empírico para medição da pobreza energética nesta pesquisa por várias razões. Primeiro, o MEPI é flexível e de fácil adaptação a diferentes contextos e culturas (Nussbaumer, et al., 2011). Em segundo lugar, este indicador mede tanto a incidência (proporção de domicílios pobres energéticos) quanto a intensidade da pobreza energética (o número médio de privações dos pobres energéticos). Os indicadores tradicionais apenas provem medidas de incidência, sem detectar se as famílias sofrem de privações energéticas simultaneamente. Terceiro, uma abordagem multidimensional parece ser mais plausível para países em desenvolvimento onde a pobreza energética é manifestada de diferentes formas e não está unicamente limitada a fatores econômicos, renda e preços dos combustíveis. Finalmente, a diferença dos indicadores tradicionais, este tipo de métricas dá importância aos usos finais da energia e as questões relacionadas com a qualidade e confiabilidade dos serviços energéticos (Nussbaumer et al., 2011).

Na primeira parte desta seção será delimitado o escopo conceitual da pobreza energética, com base na teoria de capacidades de Amartya Sen (1999), e a segunda parte consta dos dados utilizados na pesquisa. A terceira parte explica a metodologia e a quarta sintetiza os estudos que tem estimado o MEPI em diversos países.

#### **3.1 Escopo conceitual da pobreza energética: abordagem de capacidades**

A teoria de capacidades foi introduzida inicialmente por Amartya Sen e Martha Nussbaum, quer seja como um trabalho conjunto, quer seja como um trabalho independente (Sen e Nussbaum, 1993; Sen, 2000). Esta teoria trata de uma abordagem da pobreza para além da renda monetária, que é o critério tradicional da identificação da pobreza. Esta abordagem considera o bem-estar não apenas como o aumento da renda per capita, mas também como uma expansão do que as pessoas podem ser e fazer.

A abordagem de capacidades está fundamentada em dois conceitos: funcionamentos (*functionings*) e capacidades (*capabilities*). Funcionamentos referem-se aos estados de existência do indivíduo, em particular as variadas coisas que ele ou ela consegue fazer e ser (Sen, 1993). Funcionamentos podem ser entendidos como um conjunto de atividades e estados essenciais para o viver humano, os quais podem ser questões elementares, como ser adequadamente nutrido, possuir bom estado de saúde, estar livre de doenças previsíveis, até ser questões mais complexas, como ser feliz, ter autorrespeito e sentir-se como parte da vida em comunidade (Sen, 1993). A capacidade de uma pessoa consiste nas combinações alternativas de funcionamentos que um indivíduo pode alcançar, dos quais ele ou ela pode escolher. Por tanto, a capacidade é um tipo de liberdade: a liberdade substantiva de ter estilos de vida diversos. De acordo com Sen (1993), um exemplo é quando uma pessoa abastada que faz jejum pode ter a mesma realização de funcionamento em relação a comer ou nutrir-se que uma pessoa forçada a passar fome, sendo que a primeira pessoa possui um “conjunto capacitário” diferente

do da segunda (a primeira pode escolher comer bem e ser bem nutrida, enquanto para a segunda não existe alternativa).

A pobreza ou subdesenvolvimento é, por tanto, conceitualizada como privação de capacidades, ou seja, a ausência de capacidades para alcançar funcionamentos cruciais e valiosos tais como estar em bom estado de saúde, ter acesso à educação ou a um trabalho bem pago (Day, et al., 2016).

Sob esta abordagem, a pobreza energética nesta pesquisa é definida como a condição de um agregado familiar que carece simultaneamente de vários dos serviços energéticos essenciais, afetando negativamente a realização de diferentes capacidades e, por tanto, o bem-estar. Esta definição compreende a relação entre energia e serviços energéticos, importante para identificar se a energia está fortalecendo ou enfraquecendo as capacidades de uma família.

## **3.2 Dados**

Para realização da métrica de pobreza energética no Brasil e suas diferentes regiões, foram utilizados os microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos anos 2017-2018. Trata-se de uma pesquisa que visa, principalmente, mensurar as estruturas de consumo, dos gastos e dos rendimentos, e inclui informação sobre várias características dos domicílios e das famílias.

A coleta da pesquisa foi realizada em todo o território brasileiro, no período de junho de 2017 a julho de 2018. A amostragem da POF 2017-2018 produz estimativas representativas de todo o país, das grandes regiões, das suas unidades federativas e da área rural e urbana.

A POF 2017-2018 conta com uma amostra de 58.039 Unidades de Consumo (UC) e 57.920 domicílios. Segundo o conceito adotado no IBGE, a Unidade de Consumo da POF coincide com a família. O domicílio é definido como a moradia estruturalmente separada e independente, constituída por um ou mais cômodos. Para efeitos de explorar a pobreza energética em função de variadas dimensões, que incluem, entre outras, as condições físicas do domicílio para acessar a energia, a unidade de análise será o domicílio.

Foram retirados da amostra os domicílios com renda e despesas energéticas nulas, assim como aqueles em que a renda domiciliar fosse superior às despesas energéticas. Se bem estes casos podem fornecer alguma informação sobre a vulnerabilidade energética, não é possível conhecer as razões para um domicílio registrar despesas nulas ou que superem a renda. Esses domicílios não são representativos pois constituem 2.4% do total de domicílios da amostra da POF 2017-2018. Dessa forma, a amostra foi restringida para 56.501 domicílios, que ponderadas por seus respectivos fatores de expansão representam 67.581.814 domicílios no Brasil.

A POF 2017-2018 é considerada como uma base de dados amostral complexa do tipo conglomerado em dois estágios, com estratificações geográfica e estatísticas das unidades primárias de amostragem. Assim, foi necessário a incorporação do plano amostral para obter estimativas mais precisas.

## **3.3 Metodologia**

### **3.3.1 Modelo matemático**

O MEPI proposto para o Brasil é uma adaptação do trabalho pioneiro de Nussbaumer et al. (2011). Este índice trata de quatro dimensões com seus respectivos indicadores, que serão detalhados na seguinte seção. Uma pessoa é identificada como pobre se a combinação das privações de um domicílio excede um limiar pre-estabelecido. O MEPI é produto da taxa de contagem (proporção de pessoas identificadas como pobres) e a intensidade média das privações dos identificados como pobres energéticos.

Formalmente, é possível medir a pobreza energética de uma população de  $n$  indivíduos<sup>2</sup> através de  $d$  indicadores, como segue:

$$Y = [y_{ij}] \quad (1)$$

$Y$  representa a matriz de capacidades  $n \times d$  da pessoa  $i$  para os indicadores  $j$ . Cada vetor linha,  $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}, \dots, y_{id})$ , representa as capacidades do indivíduo  $i$  nos vários indicadores, e cada vetor coluna,  $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, \dots, y_{nj})$ , dá a distribuição de capacitações do indicador  $j$  através dos indivíduos.

Cada indicador  $j$  tem um peso assignado  $w_j$ , onde a somatória dos pesos é igual a 1:

$$\sum_{j=1}^d w_j = 1 \quad (2)$$

É determinado um corte  $z_j$  a cada indicador usado para identificar se um indivíduo é privado ou não nesse indicador, baseado nas suas capacidades. Para o caso, o elemento da matriz de capacidades não é estritamente numérico, pois o corte é definido como um conjunto de condições a serem cumpridas (serão detalhadas na seção 3.3.2). Então, define-se uma matriz de privação como segue:

$$G = [g_{ij}] \quad (3)$$

$$g_{ij} = w_j \text{ se } (y_{ij} < z_j) \quad (4)$$

$$g_{ij} = 0 \text{ se } (y_{ij} \geq z_j) \quad (5)$$

onde  $g_{ij} > 0$  dá a privação do individuo  $i$  para o indicador  $j$ . A entrada da matriz  $ij$  é equivalente ao peso da variável  $w_j$  quando a pessoa está privada no indicador  $j$ , e zero quando a pessoa não está privada.

Finalmente, é construído um vetor coluna  $c$  dos indivíduos  $i$ :

$$c_i = \sum_{j=1}^d g_{ij} \quad (6)$$

Onde  $c_i$  dá a somatória das privações ponderadas da pessoa  $i$ . Um corte de pobreza,  $k$ , dá a linha de pobreza, sendo que  $c_i > k$  identifica um indivíduo pobre através de todas as dimensões. Por tanto, seja  $c_i(k)$  o vetor que inclui  $c_i$  para aqueles identificados como pobres energéticos e conta zero para aqueles não identificados como pobres.

A taxa de incidência da pobreza energética multidimensional é dada por:

$$H = \frac{q}{n} \quad (7)$$

Onde  $q$  é o número de pobres energéticos e  $n$  é a população total. A média das privações para aqueles que são identificados como pobres,  $A$ , é calculada como segue:

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{c_i(k)}{q} \quad (8)$$

Finalmente, o MEPI é dado pela multiplicação da taxa de incidência ( $H$ ) e a intensidade da pobreza ( $A$ ):

$$\text{MEPI} = H \times A \quad (9)$$

Vale destacar que este indicador tem uma propriedade importante chamada de monotonicidade dimensional. Ou seja, se uma família se torna pobre energética e a família que já é considerada pobre energética

<sup>2</sup> Indivíduos refere-se à unidade de análise. Este pode ser pessoas, famílias ou domicílios.



torna-se pobre em outra dimensão adicional, isto é refletido no incremento do valor agregado do indicador (Nussbaumer, et al., 2012). Ademais, outra das vantagens do método é a possibilidade de criar índices de decomposição e fazer análises focalizadas por sub-grupos, regiões geográficas. Também é factível quantificar a contribuição de cada indicador ao índice total de pobreza energética. Dita contribuição percentual de um indicador para o índice de pobreza energética geral é calculada como o produto do índice de contagem censurado (*censored headcount ratio*) e o seu peso relativo, dividido pelo MEPI (Santos, 2019). O índice de contagem censurado é a proporção de domicílios que foram identificados como pobres energéticos multidimensionais e tem privações num determinado indicador (Santos, 2019).

### 3.3.2 Identificação das dimensões, os indicadores e os pesos

A construção do MEPI envolve a seleção de dimensões, indicadores e pesos para identificar se uma família é pobre energética ou não. Com base nos dados disponíveis na POF 2017-2018, na evidência empírica e no contexto do Brasil, são definidas as dimensões consideradas como essenciais para as famílias. As dimensões selecionadas são: uso de combustíveis para cozinhar, usos finais da eletricidade, qualidade do serviço de eletricidade e capacidade de pagamento. A Tabela 2 detalha as dimensões do uso de energia doméstica, os respectivos indicadores de privação e seus pesos.

**Tabela 2 – Dimensões, indicadores de privação e pesos**

Dimensão	Sub-categoria	Indicador de privação	Peso
Uso de combustível para cozinhar	Uso de combustíveis tradicionais para cozinhar	Combinação de três condições: Domicílio no qual foram utilizados combustíveis tradicionais para cozinhar; e Domicílio no qual foram catados combustíveis domésticos tradicionais; e Domicílios em que o rendimento da família dificulta levar a vida até o fim do mês.	0.30
Usos finais da eletricidade	Conforto térmico	Domicílio sem ventilador ou ar-condicionado.	0.05
	Conservação de alimentos	Domicílio sem geladeira.	0.05
	Acesso à informação/lazer	Domicílio sem microcomputador ou televisão.	0.05
	Serviços gerais	Domicílio sem máquina de lavar roupas.	0.05
Qualidade do serviço de eletricidade	Frequência do serviço	Domicílio sem disponibilidade diária em tempo integral do serviço de eletricidade.	0.10
	Percepção de qualidade do serviço de eletricidade ou ausência do serviço.	Domicílio com percepção ruim do fornecimento de eletricidade ou sem acesso ao serviço de eletricidade.	0.10
Capacidade de Pagamento	Dificuldades financeiras no pagamento das contas de energia	Domicílio que atrasou no pagamento de água, eletricidade ou gás e as despesas energéticas superam o 5% da renda domiciliar.	0.30

Fonte: Elaboração própria.

Os procedimentos para definir pesos são agrupados em abordagens estatísticas ou normativas, ou alguma combinação das duas (Decancq e Lugo, 2013). As abordagens estatísticas incluem análise de componentes principais e análise fatorial, entre outras. A desvantagem das abordagens estatísticas é que elas são muito dependentes do conjunto de dados específico usado e, portanto, a ponderação com base nas abordagens estatísticas torna as comparações entre regiões difíceis. As abordagens normativas implicam definir pesos com base em um julgamento de valor, que deve ser devidamente justificado (Santos, 2019). Isso às vezes é baseado na opinião de especialistas e às vezes até mesmo em evidências empíricas sobre a importância de certas dimensões. Pesos normativos têm sido o procedimento dominante tanto na construção do Índice de Pobreza Multidimensional (MPI) quanto no Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI), com

algumas exceções como o estudo pioneiro de Nussbaumer et al. e (2011) e um estudo para o Chile (Villalobos, et al., 2021).

Devido às limitações para fazer uma análise consensual entre especialistas sobre as ponderações de cada dimensão e ao fato de que uma abordagem estatística para determinar os pesos não permite comparação entre regiões geográficas, neste trabalho foi adotado um método normativo. Este procedimento consistiu em atribuir pesos fundamentos na importância dos indicadores para os objetivos de política do Brasil e seguindo a evidência empírica.

O uso de combustível para cozinhar é considerado como uma das dimensões fundamentais a serem analisadas na medição de pobreza energética dada a importância que este serviço tem para atingir capacidades básicas como a alimentação e a qualidade de vida das pessoas (Nussbaumer, et al., 2011; Nagothu, 2016). Em razão disso, o uso de energia para cozinhar tem uma das maiores ponderações.

Para capturar a privação nesta dimensão foi preciso combinar o indicador de uso de combustíveis tradicionais para cozinhar, lenha ou carvão, com outras variáveis investigadas na POF 2017-2018: a aquisição de combustíveis tradicionais domésticos por produção própria e a variável que identifica se o rendimento total da família dificulta levar a vida até o fim do mês. Este procedimento foi realizado a fim de ilustrar de fato a privação energética no uso de combustível para cozinhar e na tentativa de evitar erros de inclusão de quem usou lenha ou carvão para cozinhar por preferências culturais.

O uso de combustíveis sólidos não é o mais recomendável pois existe evidência dos importantes efeitos diretos na saúde e na desigualdade de gênero. Larsen (2015) afirma que aproximadamente 24 mil mortes por ano no Brasil estão relacionadas com a poluição interna da residência, causada pelo uso de combustíveis sólidos para cozinhar. Isto afeta principalmente as comunidades rurais. Além disso, as mulheres e crianças são os principais responsáveis por catar lenha nas regiões rurais, dedicando em torno de 18 horas semanais (Gioda, 2019; MMA, 2013).

A dimensão relacionada com eletricidade tem sido analisada em função dos serviços que este provê (Nussbaumer, et al., 2011). O acesso a eletricidade é de uso limitado se os usuários potenciais não têm os meios financeiros para pagar pela energia ou investir em aparelhos para entregar o serviço desejado (Nussbaumer, et al., 2011). Por tanto, nesta dimensão foram abordados indicadores que detalham o uso final dela, ou seja, através da posse ou não dos eletrodomésticos considerados como essenciais para que as famílias satisfaçam as suas necessidades energéticas. Esta dimensão foi classificada em quatro indicadores: i) indicador conforto térmico, em que uma família tem privação caso não possua ventilador ou ar-condicionado; ii) indicador conservação de alimentos, em que uma família tem privação quando não possuir geladeira; iii) indicador acesso à informação e lazer, em que há privação se o agregado familiar não conta com TV ou computador; iv) indicador serviços gerais em que a privação é mostrada se o domicílio não possui máquina de lavar roupas.

Outra dimensão diz respeito a qualidade do serviço de eletricidade, relevante para identificar o uso efetivo da conexão à rede de energia (Bhatia e Angelou, 2015). Com os dados da POF 2017-2018, é possível delimitar a privação nesta dimensão se uma família declarou que o domicílio teve disponibilidade de energia elétrica por algumas horas ou outra frequência. Um segundo de privação é se a família registrou que o serviço é ruim ou se não tem acesso ao serviço.

A dimensão qualidade dos serviços energéticos e usos finais de eletricidade tem uma ponderação menor frente a outras dimensões, sem desconhecer que estas são relevantes para as famílias incrementarem o seu bem-estar. Foi estruturado assim porque se bem a ausência de aparelho domésticos e a baixa qualidade da energia restringe as capacidades do indivíduo de conservar os alimentos, manter o conforto térmico, entre outros, a pobreza energética abrange uma questão além da ausência de equipamentos ou da má qualidade da eletricidade (Nussbaumer, et al., 2011; Abbas, et al., 2020).

Finalmente, a dimensão sobre capacidade de pagamento é fundamental para examinar se as famílias enfrentam dificuldades financeiras para pagar as contas de energia, um problema que tem sido frequentemente ilustrado nos trabalhos do Brasil (Oliveira e Pereira de Melo, 2005; Butera F. et al., 2019; Paiva, 2019). Ademais, esta dimensão é importante considerando a meta estabelecida nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos (UN, 2020). Nesta dimensão optou-se por combinar a variável sobre atraso no pagamento de água, eletricidade ou gás no período de referência de 12 meses com um indicador objetivo que detalhe o peso que tem o dispêndio energético na renda domiciliar. Foi construído um índice que identifica a uma família em situação de vulnerabilidade energética se destinar mais de 5% da sua renda domiciliar mensal disponível para as despesas em eletricidade, gás encanado ou GLP. Este é uma adaptação do indicador TPR, sendo este limiar de 5% mais adequado para o contexto do Brasil (Oliveira e Pereira de Melo, 2005). Assim, a privação nesta dimensão é dada pelos domicílios que atrasaram no pagamento dos serviços públicos e destinam mais de 5% da sua renda domiciliar disponível as despesas energéticas.

Em razão do MEPI ser sensível aos pesos das variáveis, devem ser realizados testes de robustez. Nesta pesquisa será aplicado o teste de coeficiente de correlação de Spearman e Kendall para verificar se há mudanças significativas no *ranking* estadual do MEPI diante de mudanças nos pesos das variáveis. Na seção 4.3 serão apresentados os resultados destes testes.

### **3.3.4 O corte multidimensional, $k$**

A escolha do corte multidimensional,  $k$ , segue o recomendado por Alkire e Foster (2011) e Nussbaumer et al. (2011), em que este deve refletir uma privação mínima para ser considerado como pobre em um contexto específico e além disso deve representar prioridades específicas e os objetivos da política. Para o contexto do Brasil, um domicílio é considerado pobre energético quando o *score* de privações ( $c_i$ ) é equivalente ou superior ao corte ( $k$ ) de 0.34. Com esse parâmetro, por exemplo, um agregado familiar estaria em pobreza energética se tem dificuldades financeiras para o pagamento das contas de energia e não possui um dos eletrodomésticos da dimensão usos finais de eletricidade. A família teria privações em dois indicadores essenciais, pelo que a qualidade de vida se reduziria. Evidentemente, com esse corte há diferentes combinações de privações para que uma família seja identificada como pobre, sendo que qualquer combinação reflete uma privação energética mínima importante. Adicionalmente, os trabalhos empíricos sobre medição de fenômenos multidimensionais como a pobreza ou pobreza energética indicam que a tendência é usar um critério que detecta como pobres as observações privadas em uma dimensão total ou, alternativamente, em 1/3 dos indicadores (Alkire e Foster, 2007; Nussbaumer, et al., 2011; Nagothu, 2016; Mahmood e Shah, 2017; Sadatha e Acharyab, 2017; Santos, 2019). A despeito do processo utilizado para determinar o corte, é preciso verificar a sua robustez (Alkire e Foster, 2011; Nussbaumer, et al., 2012). Na seção 4.3 serão apresentados os testes de dominância que incluem diferentes valores possíveis de  $k$ .

## **3.4 Revisão de literatura sobre aplicações do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI)**

A partir do trabalho pioneiro de Nussbaumer et al. (2011;2012) para a região africana, surgiram outras aplicações para países em desenvolvimento. A Tabela 3 sintetiza os estudos desenvolvidos com base no Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI).

**Tabela 3 – Síntese de estudos com aplicações fundamentadas no Índice Multidimensional de Pobreza Energética (MEPI)**

Referência	Região de análise	Dimensões analisadas	Conclusão e principais contribuições
Nussbaumer et al. (2011; 2012)	29 países africanos	Uso de combustíveis para cozinhar, iluminação e serviços fornecidos por equipamentos domésticos.	Os resultados foram classificados em níveis: pobreza energética severa para países com MEPI > 0.9; pobreza energética moderada para países com MEPI menor do que 0.6.
Sher et al. (2014)	Paquistão	Uso de combustíveis para cozinhar, iluminação e serviços fornecidos por equipamentos domésticos.	O indicador de privação sobre poluição interna, seguido do uso de combustíveis tradicionais para cozinhar mostrou a maior contribuição no índice de pobreza energética multidimensional.
Nagothu (2016)	Índia	Uso de combustíveis para cozinhar, serviços de iluminação e quantidade de consumo de variados serviços energéticos.	Quantidade significativa de estados tem pobreza energética moderada (entre 0.2 e 0.4). Os estados do Nordeste do país têm os maiores índices de pobreza energética multidimensional devido ao menor acesso a eletricidade e pelo baixo consumo energético.
Mahmood e Shah (2017)	Paquistão	Uso de combustíveis para cozinhar, acesso a eletricidade, mobilidade, serviços de eletricidade, serviços para o conforto térmico.	A ausência de fontes de energia moderna para cozinhar é o indicador com maior participação no índice, especialmente nas áreas rurais.
Sadath e Acharya (2017)	Índia	Iluminação, acesso a GLP, tipo de fogão, a família usou lenha, resíduos de esterco, resíduo de colheita, querosene ou carvão/ para fins de iluminação, aquecimento ou preparação de alimentos.	Mostra a heterogeneidade da pobreza energética na Índia, sendo que os estados têm níveis de pobreza energética que vão desde 10% (Chandigarh) até níveis de 90% (Delhi). O estudo evidencia que a pobreza energética está positivamente relacionada com a pobreza monetária, a desigualdade de gênero e negativamente relacionada com a saúde do agregado familiar.
Fernandez (2019)	Perú	Uso de combustíveis para cozinhar, iluminação, serviços fornecidos por equipamentos domésticos.	O MEPI mostrou uma queda significativa no período, passando de 0.27 em 2006 a 0.11 em 2016. Um padrão similar ocorreu nas regiões do país.
Abbas et al. (2020)	6 países do Sul da Ásia	Uso de combustíveis para cozinhar, poluição interna do ar, iluminação, uso de eletrodomésticos, uso de aparelhos para o lazer e uso de aparelhos de comunicação.	Afganistão e Bangladesh são os países com maior pobreza energética multidimensional. Os autores também exploram os determinantes socioeconômicos do MEPI por país usando um modelo de MQO e um Tobit.
Villalobos et al. (2021)	Chile	Indicador de despesas energéticas, variáveis sobre o conforto térmico, variáveis sobre o comportamento e do nível de informação do consumidor, qualidade dos serviços energéticos.	Os autores propõem a realização de um Índice de Pobreza Energética Multidimensional baseado em indicadores de Percepção (PMEPI), além de comparar com o indicador de despesa energética TPR. A conclusão é que estes dois indicadores devem ser usados de forma complementar para detectar as famílias em situação de pobreza energética.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4. Resultados

Na primeira parte deste capítulo serão apresentados os resultados do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) para o Brasil e as áreas rural e urbana, assim como se realizará uma análise desagregada por dimensões e indicadores. Na segunda parte, são examinados os padrões espaciais da pobreza

energética nos estados do Brasil. Na terceira parte se realizará uma análise de sensibilidade do MEPI diante de mudanças nos pesos das dimensões e do limiar arbitrário,  $k$ .

#### 4.1 Análise dos resultados do Índice Multidimensional de Pobreza Energética (MEPI) no Brasil

Os resultados na Tabela 4 indicam que a proporção de domicílios em condição de pobreza energética é de 11.5%. A intensidade da pobreza, por sua parte, é de 39.6% no país, ou seja, as famílias em situação de pobreza energética têm privações, em média, de 39.6% dos indicadores analisados. O valor do MEPI foi de 4.6%, que representa a proporção de pobres energéticos ajustada pela intensidade da privação experimentada por estes agregados familiares.

**Tabela 4 – Incidência, Intensidade e Índice Multidimensional de Pobreza Energética (MEPI) no Brasil e por áreas**

Índice	Brasil	Área urbana	Área rural
Incidência da pobreza energética	0.115	0.091	0.274
Intensidade da pobreza energética	0.396	0.384	0.423
Índice Multidimensional de Pobreza Energética (MEPI)	0.046	0.035	0.116

Fonte: Resultados da pesquisa com dados da POF 2017-2018.

Comparando as estimativas do Brasil com outros países da região, encontram-se algumas divergências. As estimativas de Fernandez (2019) para o Peru mostram que o MEPI alcançou um nível de 0.11 em 2016, evidentemente é superior aos cálculos do Brasil. A autora constatou que as desigualdades entre as famílias rurais para acessar aos serviços energéticos, eletricidade e gás doméstico, são muito grandes frente as áreas urbanas. Similarmente, os cálculos do MEPI adaptado para o Chile em 2017 registraram valores maiores (0.087) frente as estimativas do Brasil (Villalobos et al., 2021). Uma explicação plausível para essa diferença está nos indicadores e dimensões empregados pelos autores. Os indicadores do estudo chileno correspondem com a percepção de qualidade dos serviços de eletricidade e gás doméstico, o comportamento e hábitos do consumidor, a percepção de que a energia elétrica e gás natural são caros, percepção sobre dificuldades para manter o conforto térmico e sobre o nível de educação da família em assuntos relacionados com o uso de energia doméstica. Consequentemente, é coerente que a pobreza energética no Brasil seja menor já que as famílias são avaliadas em indicadores mais básicos, sem descartar a possibilidade de que de fato a pobreza energética no Brasil seja menor. Isto sugere que é fundamental a construção de dados e estatísticas no Brasil que compilem outros aspectos relacionados com a perspectiva do consumidor residencial de energia e propiciem o desenvolvimento de métricas mais adequadas sobre pobreza energética, sendo que o caso chileno seria um potencial referente para iniciar esse caminho.

Fazendo uma leitura por áreas, é evidente o fato de a pobreza energética multidimensional ocorrer com maior incidência no meio rural, embora os agregados familiares considerados como pobres energéticos tenham uma intensidade ligeiramente maior do que dos domicílios urbanos. Portanto, o MEPI nas áreas rurais é mais elevado que nas áreas urbanas.

Uma das virtudes do MEPI é a possibilidade de explorar a contribuição de cada indicador no índice total de pobreza. Na Tabela 5 observa-se que o indicador sobre capacidade de pagamento tem a maior contribuição relativa, sendo de 58.16% no índice de pobreza energética multidimensional do país. O uso de combustíveis para cocção de alimentos é outro dos indicadores com maior relevância no índice total, com uma contribuição relativa de 21.5%. No que diz respeito aos indicadores de qualidade do serviço de eletricidade, encontra-se uma contribuição relativamente baixa, explicado pela reduzida proporção de domicílios sem acesso a eletricidade em tempo integral, além do que a maioria das famílias brasileiras não considerem o serviço de eletricidade como ruim.

Identicamente as estatísticas do país, o indicador sobre capacidade de pagamento registrou a maior contribuição no índice da área urbana. Apesar de as famílias urbanas terem acesso à energia moderna

doméstica, estas enfrentam dificuldades financeiras para pagar as contas de energia. Nas áreas rurais, a dimensão uso de combustíveis para cozinhar apresenta valores expressivos se comparado com as outras dimensões. Este resultado é condizente com a literatura: as famílias rurais são mais dependentes de combustíveis tradicionais diante da incapacidade financeira de adquirir fontes de energia moderna e a possibilidade da sua substituição por combustíveis de biomassa que são catados facilmente no entorno da moradia (Gioda, 2019).

**Tabela 5 – Contribuição relativa (%) dos indicadores no MEPI do Brasil e no MEPI por área urbana e rural, 2017-2018**

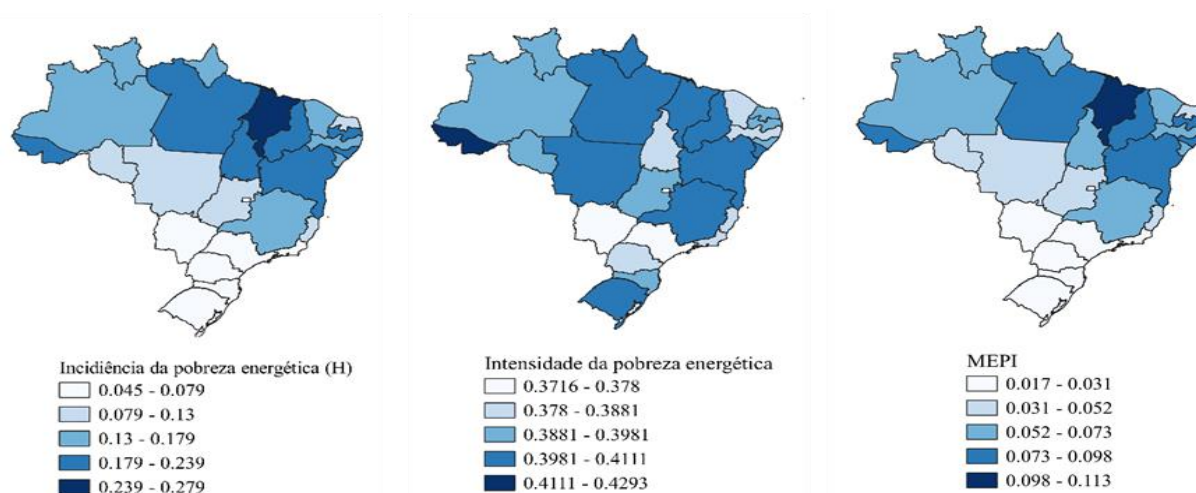
Indicadores	Brasil	Área urbana	Área rural
Uso de combustíveis para cozinhar	0.215	0.083	0.470
Não possui equipamentos para o conforto térmico	0.051	0.045	0.064
Não possui equipamentos para o acesso à informação e lazer	0.006	0.005	0.008
Não possui geladeira	0.006	0.004	0.008
Não possui máquina de lavar roupas	0.099	0.097	0.102
Disponibilidade parcial do serviço de eletricidade	0.008	0.006	0.011
Percepção ruim do serviço de eletricidade	0.035	0.036	0.033
Capacidade de pagamento	0.580	0.723	0.305

Fonte: Resultados da pesquisa com dados da POF 2017-2018.

#### 4.2 Padrões espaciais da pobreza energética multidimensional no Brasil

A Figura 1 ilustra os índices de incidência, de intensidade e o Índice Multidimensional de Pobreza Energética (MEPI) para cada Unidade Federal (UF) do Brasil. Os estados com mais altos índices de pobreza energética multidimensional foram das macrorregiões Nordeste e Norte: Maranhão (11.28%), Pará (9.77%) e Piauí (9.14%). Já os três estados com menores índices foram São Paulo (1.68%), Santa Catarina (1.79%) e o Distrito Federal (2.10%).

**Figura 1 – Incidência, intensidade e Índice Multidimensional de Pobreza Energética (MEPI) por Unidade Federativa do Brasil, 2017-2018**



Fonte: Resultados da pesquisa com dados da POF 2017-2018.

Da Figura 1 observa-se que a pobreza energética multidimensional tem diferenças marcadas entre as regiões do Brasil, especialmente pela incidência ou proporção de pobres energéticos. O valor mínimo de incidência da pobreza energética foi de 4.53%, registrado em São Paulo, e o valor máximo foi de 27.94%,

registrado no Maranhão. Em contraste, no quesito de intensidade há menos heterogeneidade entre as regiões, sendo que o nível de variação foi entre 37.15% (São Paulo) e 42.93% (Acre). Em síntese, para aqueles estados em que o MEPI é alto, a proporção de pobres energéticos também é elevada.

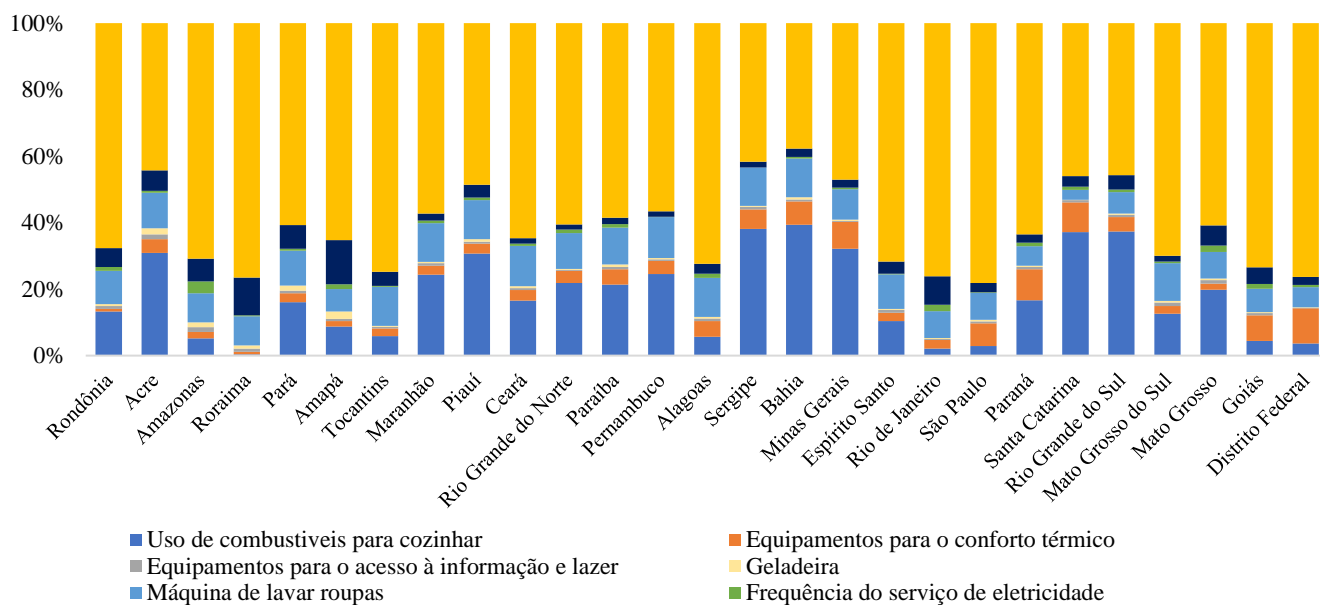
Estes resultados também mostram que aquelas regiões com maior pobreza energética são aquelas com maior proporção de pobres monetários, de acordo com o IBGE (2019).

Na Figura 2 são apresentadas as contribuições relativas (em termos percentuais) dos indicadores para a pobreza energética multidimensional de cada estado. Esta análise de decomposição é importante para auxiliar na identificação dos aspectos que requerem maior atenção dos programas e políticas energéticas.

Com exceção da Bahia, a dimensão capacidade de pagamento tem a maior contribuição relativa nos índices de pobreza energética estaduais. Isto sinaliza que as famílias brasileiras são vulneráveis aos preços dos combustíveis modernos, eletricidade e gás doméstico. Na Bahia, por sua parte, o uso de combustível para cozinhar é a dimensão mais representativa em relação as outras analisadas. Neste estado o uso de combustíveis sólidos para cozinhar é predominante devido ao menor poder aquisitivo da população (Gioda, et al., 2019), sugerindo a necessidade de revisar as políticas que incentivem a sua substituição por combustíveis mais limpos.

Chama a atenção que em Amapá e Roraima a contribuição do indicador relacionado com a percepção ruim do fornecimento de eletricidade é alta, se comparado com outros estados. Cabe mencionar que a capital de Roraima, Boa Vista, é a única capital que ainda não está conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (Ponte, 2018). O suprimento de energia de Roraima é realizado pela geração termoelétrica a diesel e pela importação de energia da Venezuela (Ponte, 2018). Essa energia da Venezuela chega até Boa Vista por uma linha de transmissão que tem passado por frequentes desligamentos, levando a interrupções no fornecimento de energia e implicando em redução do bem-estar do consumidor. Certamente, nesses estados a capacidade de pagamento e a qualidade do serviço tem muita representatividade no índice de pobreza energética. Isso constata que os programas nessa região devem orientar-se para garantir a confiabilidade do suprimento energético e em aliviar a carga financeira das contas de eletricidade.

**Figura 2 – Contribuição relativa (%) dos indicadores para o Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) por Unidade Federativa do Brasil, 2017-2018**



Fonte: Resultados da pesquisa com dados da POF 2017-2018.

### 4.3 Análise de sensibilidade

Nesta seção são apresentados testes que avaliam a robustez das estimativas quando, de um lado, as ponderações das variáveis são modificadas e, do outro, o corte multidimensional ( $k$ ) sofre alterações. Para esses testes, são utilizados dois coeficientes de correlação de ordem de postos: Spearman e Kendall. Os dois testes servem propósitos muito semelhantes. No teste de correlação de Spearman, a correlação é testada com base nas diferenças entre a classificação de duas variáveis para uma observação (no caso, estados). O teste de correlação de Kendall mede a correlação com base no número de concordâncias e discordâncias do par de variáveis. As concordâncias de pares são aquelas em que a ordem de postos das duas variáveis é a mesma e a discordância de pares são aquelas em que a classificação das duas variáveis não segue a mesma ordem. Os dois coeficientes de correlação são testes não paramétricos que medem a força e a direção da associação entre duas variáveis. Estes coeficientes não têm nenhuma suposição sobre a distribuição dos dados e é uma análise de correlação apropriada quando as variáveis são medidas em uma escala ordinal ou contínua. O coeficiente de Kendall, Tau, usualmente resulta em valores menores que o coeficiente de correlação de Spearman, rho (Nagothu, 2016).

#### 4.3.1 Mudanças nos pesos das dimensões e indicadores

Os testes a realizar consistem na mudança de pesos dos indicadores, mantendo o demais constante. Isto supõe que não há mudanças no parâmetro de corte multidimensional,  $k$ , e este manterá o valor de 0.34. No primeiro teste, o peso do indicador capacidade de pagamento passará de 0.30 a 0.25, sendo necessário modificar o peso dos outros indicadores para que a soma dos pesos seja igual a 1. O indicador posse de máquina de lavar roupas, que contava com um peso de 0.05, passará a ter um peso de 0.10. Com estas mudanças, uma família será definida como pobre se tem dificuldades financeiras para pagar as contas de energia e se tem privações em dois indicadores que tenham um peso de 0.05 cada um.

No segundo teste, as dimensões têm igual peso (0.25), sendo que nas dimensões com mais de um indicador, a distribuição dos pesos é também igualitária. Por exemplo, na dimensão qualidade do serviço de eletricidade, o peso de 0.25 deve ser igualmente dividido entre os dois indicadores.

A Tabela 6 e a Tabela 7 mostram respectivamente os resultados dos coeficientes de correlação da ordem de posto de Spearman e Kendall. Estes coeficientes avaliam a correlação entre os resultados estaduais do MEPI original, o MEPI com os pesos do teste 1 e o MEPI com os pesos do teste 2. De acordo com o teste de Spearman e Kendall, existe uma forte correlação positiva entre os diferentes resultados estaduais do MEPI tanto para o teste 1 quanto para o teste 2, sendo estatisticamente significativos ao 1%. Em conclusão, observa-se que ocorre uma correlação positiva e alta entre os distintos testes do MEPI, indicando que os postos dos índices estaduais seguem aproximadamente o mesmo padrão.

**Tabela 6 – Coeficiente de correlação da ordem de postos de Spearman**

Spearman	MEPI	MEPI teste 1	MEPI teste 2
MEPI	1		
MEPI -teste 1	0.9933*	1	
MEPI -teste 2	0.9579*	0.9524*	1

Nota: n=27. \*estatisticamente significativo ao 1%.

**Tabela 7 – Coeficiente de correlação de postos de Kendall**

Kendall	MEPI	MEPI teste 1	MEPI teste 2
MEPI	1		
MEPI - teste 1	0.9544*	1	
MEPI - teste 2	0.8519*	0.8291*	1

Nota: n=27. \*estatisticamente significativo ao 1%.



### 4.3.1 Mudanças no corte multidimensional

Nesta seção, a análise de sensibilidade é sobre mudanças no corte para identificar os domicílios com pobreza energética multidimensional. O corte no modelo original foi de 0.34 como mencionado anteriormente. Nos testes, este parâmetro tomará valores de 0.24, 0.44 e 0.54.

Na Tabela 8 e na Tabela 9 observam-se os cálculos do coeficiente de correlação de Spearman e Kendall, respectivamente. Os resultados de correlação de Spearman para o MEPI com  $k = 0.34$  e o MEPI com  $k = 0.24/0.44$  são superiores a 0.9. Por sua parte, o Tau de Kendall para o MEPI com  $k = 0.34$  e  $k = 0.24$  é de 0.8120, enquanto o Tau para  $k = 0.44$  está entre 0.8 e 0.9. Ou seja, encontra-se que para esses valores de  $k$ , o MEPI estadual segue uma ordem similar e os resultados são robustos. Já os coeficientes de correlação quando  $k = 0.34$  e  $k = 0.54$  caem de forma mais expressiva no teste de Spearman e de Kendall, porém mantém uma correlação forte de acordo com o teste de Spearman. Identifica-se, assim, que o MEPI é sensível quanto maior for o  $k$ .

**Tabela 8 – Coeficiente de correlação da ordem de posto de Spearman**

Spearman	k=0.24	k=0.34	k=0.44	k=0.54
k=0.24	1			
k=0.34	0.9335*	1		
k=0.44	0.9420*	0.9347*	1	
k=0.54	0.6960*	0.7674*	0.8046*	1

Nota: n=27. \*estatisticamente significativo ao 1%.

**Tabela 9 – Coeficiente de correlação de postos de Kendall**

Kendall	k=0.24	k=0.34	k=0.44	k=0.54
k=0.24	1			
k=0.34	0.8120*	1		
k=0.44	0.8230*	0.8063*	1	
k=0.54	0.5271*	0.5783*	0.6353*	1

Nota: n=27. \*estatisticamente significativo ao 1%.

## 5. Conclusões

No Brasil não existe uma definição oficial de pobreza energética, consequência da deficiência de dados e estatísticas que permitam construir uma métrica adequada. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi delimitar o escopo conceitual da pobreza energética para o Brasil, baseado no conceito de capacidades de Amartya Sen e Martha Nussbaum (Sen e Nussbaum, 1993; Sen, 2000), e construir um Índice Multidimensional de Pobreza energética (MEPI) adaptado do índice desenvolvido por Nussbaumer et al. (2011).

Com os dados da POF 2017-2018, o índice incluiu variáveis sobre percepção de qualidade dos serviços energéticos, das dificuldades financeiras que as famílias brasileiras enfrentam para pagar as contas de energia, sobre a posse de aparelhos para o uso de energia elétrica e o sobre o acesso a fontes de energia para cozinhar. Durante o processo de construção foram encontrados alguns desafios em relação a escolha de indicadores que de fato representassem a vulnerabilidade energética das famílias, especialmente na variável uso de combustível para cozinhar. Estes desafios foram tratados, mas é preciso reconhecer que outras variáveis não disponíveis na POF 2017-2018 seriam ideais para detectar a privação no uso de energia para preparar alimentos. Possíveis formas de entender a privação energética nessa dimensão, são: a frequência de uso de combustíveis tradicionais, a distância percorrida para catar lenha, o tempo gasto catando lenha, o tempo gasto na cozinha, envolvimento de pessoas da família na aquisição da lenha (Nagothu, 2016).

Embora tendo as limitações, esta pesquisa contribuiu para desenvolver uma métrica de pobreza energética na escala nacional e regional e identificou as dimensões em que as famílias são mais vulneráveis. Os resultados apontam que 11.5% dos domicílios analisados no Brasil são pobres energéticos

multidimensionais. A intensidade das privações foi de 31.9% e o MEPI alcançou valores de 4.6%. As estimativas são heterogêneas no país, sendo os estados das regiões Nordeste e Norte os mais pobres energéticos. No meio rural os índices de pobreza energética são expressivos se comparados com o meio urbano. Os agregados familiares do Brasil se mostram vulneráveis na dimensão capacidade de pagamento, especialmente na área urbana. Na zona rural, o uso de combustíveis para cozinhar é o indicador com maior contribuição na pobreza energética.

Apesar do Brasil ter alcançado a universalização dos serviços energéticos modernos - eletricidade e gás doméstico- as famílias são vulneráveis ao nível de renda, as mudanças de políticas e regulações energéticas que impactem o nível de preços dos combustíveis modernos. Daí a necessidade de estabelecer políticas que ampliem as possibilidades de superar progressivamente as condições de vulnerabilidade energética, envolvendo ações transversais em diferentes esferas do governo, federal, estadual e local. Para alcançar os ODS, as políticas devem focalizar-se por regiões e áreas, em vista das circunstâncias e dos fatores que contribuem na pobreza energética.

## Referências

- ABBAS, K.; LI, S.; XU, D.; BAZ, K., RAKHMETOVA, A. (2020). Do socioeconomic factors determine household multidimensional energy poverty? *Empirical evidence from South Asia. Energy Policy*, 146.
- ALKIRE, S.; FOSTER, J. (2007). Recuento y medición multidimensional de la pobreza. OPHI. Disponível em: <https://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/ophi-wp7-es.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2021.
- ALKIRE, S.; FOSTER, J. (2011). Counting and multidimensional poverty measurement. *Journal of Public Economics*, 95, 476-487.
- BHATIA, M.; ANGELOU, N. (2015). *Beyond connections: Energy Access Redefined*. Washington: Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). The World Bank.
- BOARDMAN, B. (2010). Political Recognition. Em B. Boardman, *Fixing Fuel Poverty: Challenges and Solutions* (pp. 1-17). London: Earthscan.
- BOUZAROVSKI, S.; PETROVA, S. (2015). A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science*, 10, 31-40.
- BUTERA, F.; CAPUTO, P.; SINGH, R.; MELE, R. (2019). Energy access in informal settlements. Results of a wide on site survey in Rio De Janeiro. *Energy Policy* (134), 1-10.
- DAY, R.; WALKER, G.; SIMCOCK, N. (2016). Conceptualising energy use and energy poverty using capabilities. *Energy Policy* (93), 255-264.
- DECANCQ, K.; LUGO, M. (2013). Weights in Multidimensional Indices of Wellbeing: An Overview”. *Econometric Reviews*, 32 (1), 7-34.
- EUROSTAT. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/income-and-living-conditions/data/database>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- FERNANDEZ, C. (2019). Measuring the level of energy poverty using multidimensional energy poverty index: an empirical evidence from households in Peru, 2006-2016. 7th Latin American Energy Economics Meeting, 1-34.

- GIODA, A. (2019). Características e procedência da lenha usada na cocção no Brasil. *Estudos avançados* (33) (95), 133-149.
- HEALY, J.; CLINCH, P. (2002). Fuel poverty in Europe: A cross-country analysis using a new composite measurement. *Environmental studies research series*. Department of Environmental Studies, University College Dublin.
- HILLS, J. (2012). *Getting the measure of fuel poverty*. London: Department of Energy and Climate Change.
- IBGE. (2019). Síntese de indicadores sociais: uma análise de condições de vida da população brasileira: 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101678.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- IEA. (2017). *Energy Access Outlook*. Paris: International Energy Agency.
- LARSEN, B. (2015). *Post-2015 Development Agenda: Brazil perspectives*. Post-2015 consensus. Copenhagen consensus center. Disponível em: [https://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/brazil\\_air\\_pollution\\_resources.pdf](https://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/brazil_air_pollution_resources.pdf). Acesso em: 03 jun. 2021.
- MAHMOOD, R; SHAH, A. (2017). Deprivation Counts: An Assessment of Energy Poverty in Pakistan. *The Lahore Journal of Economics*, 1, pp. 109–132.
- MMA. (12 de 07 de 2013). A eficiência dos fogões ecológicos. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/a-eficiencia-dos-fogoes-ecologicos>. Acesso em: 28 abr. de 2021.
- MOORE, R. (2012). Definitions of fuel poverty: implications for policy. *Energy Policy* (49), 19-26.
- NAGOTHU, S. (2016). *Measuring Multidimensional Energy Poverty: The case of India*. Dissertação de mestrado. Norwegian School of Economics.
- NUSSBAUMER, P.; BAZILIAN, M.; MODI, V. (2012). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 231-243.
- NUSSBAUMER, P.; BAZILIAN, M.; MODI, V.; YUMKELLA, K. (2011). *Measuring Energy Poverty: Focusing on What Matters*. (O. P. (OPHI), Ed.) OPHI Working paper No. 42.
- OLIVEIRA, A.; PEREIRA DE MELO, H. (2005). *Pobreza Energética -Complexo do Caju*. Rio de Janeiro: Instituto de Economia - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PAIVA, J. (2019). *Pobreza Energética: um Indicador baseado na capacidade de pagamento por serviços de energia elétrica no Brasil*. Tese de Doutorado. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas.
- PEREIRA, M.; FREITAS, M.; SILVA, N. (2011). The challenge of energy poverty: Brazilian case study. *Energy Policy*, 39, 167–175.
- PONTE, G. (Setembro de 2018). *Sistemas Isolados e atendimento de energia elétrica a Roraima*. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em: [https://energiasroraima.com.br/wp-content/uploads/2020/01/SISTEMAS-ISOLADOS\\_sistemas-isolados-e-atendimento-de-energia-eletrica-Roraima.pdf](https://energiasroraima.com.br/wp-content/uploads/2020/01/SISTEMAS-ISOLADOS_sistemas-isolados-e-atendimento-de-energia-eletrica-Roraima.pdf).
- RADEMAEKERS, K.; YEARWOOD, J; FERREIR, A.; PYE, S.; HAMILTON, I.; AGNOLUCCI, P.; ANISIMOVA, N. (2016). *Selecting Indicators to Measure Energy Poverty*. Rotterdam.

- SADATHA, A.; ACHARYAB, R. (2017). Assessing the extent and intensity of energy poverty using Multidimensional Energy Poverty Index: Empirical evidence from households in India. *Energy Policy*, 102, 540-548.
- SANTOS, M. E. (2019). Challenges in designing national multidimensional poverty measures. *Statistics series* (100 (LC/TS.2019/5)).
- SCHUESSLER, R. (2014). Energy poverty indicators: Conceptual issues. Part I: The ten-percent-rule and double/mean indicators. 14-037. Center for European Economic Research (ZEW).
- SEN, A. (1993). Capability and Well-Being. Em M. Nussbaum, & A. Sen, *The Quality of Life*. Oxford. Disponível em: <https://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/0198287976.001.0001/acprof-9780198287971-chapter-3>
- SEN, A. (2000). Pobreza como privação de capacidades. Em A. Sen, *Desenvolvimento como liberdade* (L. T. Motta, Trad., pp. 109-134). São Paulo: Companhia das Letras.
- SEN, A.; NUSSBAUM, M. (1993). *The Quality of Life*. (A. Sen, & M. Nussbaum, Eds.) Oxford University Press.
- SHER, F.; ABBAS, A; AWAN, R. U. (2014). An Investigation of Multidimensional Energy Poverty in Pakistan: A Province Level Analysis, 4(1), pp. 65–75.
- UN. SDGs. Disponível em: Sustainable Development Goals (SDGs): <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- VILLALOBOS, C.; CHÁVEZ, C.; URIBE, A. (2021). Energy poverty measures and the identification of the energy poor: A comparison between the utilitarian and capability-based approaches. *Energy Policy*, 152.
- WINKLER, H.; SIMÕES, A.; ROVERE, E.; MOZAHARUL, A.; RAHMAN, A.; MWAKASONDA, S. (2011). Access and Affordability of Electricity in Developing Countries. *World Development*, 39 (6), 1037-1050.
- ZHANG, D.; LI, J.; HAN, P. (2019). A multidimensional measure of energy poverty in China and its impacts on health: An empirical study based on the China family panel studies. *Energy Policy*, 131, 72-81.