

## **Perdas Comerciais no Setor Elétrico Brasileiro: Impactos Econômicos Diretos e Indiretos no Consumo das Famílias e no PIB**

**Joilson de Assis Cabral**

Docente Permanente do PPGER/UFRRJ; Docente Colaborador do PPGE/UFRRJ; Docente do DeCE/UFRRJ; Pesquisador do NARSPP/CNPq

**Sarah Moreira Lordelo**

Mestranda do PPGER/UFRRJ; Bolsista CAPES-DS; Pesquisadora do NARSPP/CNPq

**Maria Viviana de Freitas Cabral**

Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Economia Regional e Desenvolvimento (PPGER/UFRRJ); Docente Permanente do PPGDT/UFRRJ; Docente do DeCE/UFRRJ; Pesquisadora do NARSPP/CNPq

**RESUMO:** O Setor Elétrico Brasileiro mesmo após duas grandes reformas não foi capaz de reduzir a taxa de perdas totais de energia elétrica. No período de 2008 a 2015 as perdas não técnicas praticadas ponderadas sobre o mercado de baixa tensão faturado apresentaram uma taxa média, em torno, de 15,51% da energia injetada na rede (ANEEL, 2019). O consumidor regular arca parcialmente pela fraude e furto de energia via aumento da tarifa no momento da revisão tarifária das Distribuidoras. Sendo assim, o repasse das perdas comerciais à tarifa de energia possui impactos diretos e indiretos para as Distribuidoras, Governo e Consumidores. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é mensurar os impactos diretos e indiretos dos repasses tarifários das perdas comerciais de energia elétrica no mercado de baixa tensão (consumo residencial) sobre o consumo das famílias e no PIB brasileiro. Para alcançar o objetivo proposto, foi utilizada a matriz de insumo-produto para o ano de 2015 com o vetor do consumo das famílias desagregado por decis de renda. Os principais resultados revelaram que quando o montante de R\$ 7.792,10 milhões referente ao custo das perdas comerciais pagas pelas famílias no ano de 2015 foi redistribuído na cesta de consumo gerou um impacto direto e indireto no Valor Bruto da Produção (VBP) do Brasil de R\$ 12.889,80 milhões ocasionando um aumento líquido do VBP na ordem de R\$ 5.097,70 milhões.

**Palavras-chave:** Perdas Comerciais no Setor Elétrico Brasileiro, Impactos no consumo das Famílias e no PIB, Medidas de mitigação equitativas.

**ABSTRACT:** The Brazilian Electricity Sector even after two major reforms was not able to decrease the rate of total losses of electric power. In the period from 2008 to 2015 the weighted practiced non-technical losses (NTL) on the billed low voltage market presented an average rate around 15,51% of the energy injected into the grid (ANEEL, 2019). The regular consumer partially bears the fraud and theft of energy via tariff increase in the moment of the tariff review of distribution utilities. Therefore the transfer of NTL to the energy tariff has direct and indirect impacts on the distribution utilities, government and consumers. Given the above, this paper aims to measure the direct and indirect impacts of the tariff transfers of electricity NTL on the low voltage market (residential consumption) on family expenses and on Brazilian GDP. To achieve the proposed objective, the input-output matrix was used for the year 2015 with the vector of family consumption disaggregated by income decis. The main results revealed that when an amount of R\$ 7.792,10 million referring to the cost of NTL paid for the families in 2015 was redistributed on the consumer basket generated a direct and indirect impact on the

Gross Value of Production (GVP) of Brazil of R\$ 12.889,80 million causing a net increase of GVP in the order of R\$ 5.097,70 million.

**Keywords:** Non-technical losses in Brazilian Electricity Sector, Impacts on family consumption and GDP, Equitable Mitigation Measures.

**Área de submissão:** 7. Infra-estrutura, transporte, energia, mobilidade e comunicação

**Classificação JEL:** P18, N76, P2

## 1. INTRODUÇÃO

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) é um sistema hidrotérmico complexo de dimensões continentais e pode ser considerado único no mundo (FRANCISCO, 2012). O SEB está subdividido nos segmentos de Geração, Transmissão e Distribuição. Montoya et. al. (2013) mostram que o setor elétrico é um setor-chave na economia brasileira, pois possui fortes encadeamentos para trás e para frente, tanto como demandante de insumos quanto como um grande fornecedor para as indústrias, famílias e setor exportador. É um setor estratégico para um crescimento econômico sustentado.

O SEB passou por duas grandes reformas que culminaram no atual modelo institucional do setor. A primeira reforma do SEB iniciada em 1994, teve como principais resultados a desverticalização dos segmentos de Geração, Transmissão, Distribuição, Comercialização, privatização do setor (especialmente no segmento de Distribuição) e a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (PIRES, 1999). Já a segunda reforma, implementada em 2004, teve como base três diretrizes: a universalização da oferta, a segurança do sistema e a modicidade tarifária (SOUZA e LEGEY, 2010).

No entanto, as duas reformas implementadas não foram capazes de reduzir a taxa de perdas totais de energia elétrica. As perdas totais são subdivididas entre perdas técnicas e perdas não técnicas. As perdas técnicas ocorrem de forma natural nos sistemas elétricos devido à dissipação de energia nos processos de transporte e outros componentes do sistema de distribuição de eletricidade. As perdas não técnicas (perdas comerciais) são apuradas pela diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas e são oriundas de furtos (ligação clandestina, desvio direto da rede), fraudes (adulterações no medidor ou desvios), erros de leitura, medição e de faturamento. Depuru et al. (2011), apontam que as perdas são um problema que afeta tanto economias desenvolvidas quanto economias em desenvolvimento. As perdas técnicas são estáveis nos sistemas elétricos e podem ser reduzidas com a substituição de equipamentos antigos e/ou com investimentos em equipamentos mais eficientes, planejando a expansão e instalando redes de distribuição mais eficientes entre outras medidas (BANDIM et al, (2003). Já as perdas comerciais são um problema mais grave nas economias em desenvolvimento apresentando um percentual entre 10 a 40% da injeção total de energia na rede (SMITH, 2003). As perdas não técnicas envolvem questões sociais, econômicas, regionais, administrativas, políticas, de infraestrutura, taxa de alfabetização, criminal e corrupção, efeito sobre consumidores regulares, qualidade de energia e segurança (DEPURU et al. (2013). No Brasil entre o período de 2008 a 2015 as perdas não técnicas praticadas ponderadas sobre o mercado de baixa tensão faturado apresentou uma taxa média, em torno, de 15,51% da energia injetada na rede (ANEEL, 2019).

Com a entrada em vigor do decreto nº 4.562 de 2002, as parcelas relacionadas aos custos de transporte e às perdas de eletricidade, assim como os encargos de conexão do segmento de consumo passaram a ser consideradas no cálculo da tarifa paga pelo consumidor final. O repasse tarifário dos níveis eficientes das perdas está previsto nos contratos de concessão e essas perdas são contempladas nos custos com compra de energia até o limite de perdas regulatórias estipulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Assim, perdas comerciais regulatórias passaram a ser modelada pelas Distribuidoras como parte de seu mercado consumidor. Estas buscam mitigar estes custos, cada vez maiores, de forma custo-efetiva de modo a equilibrar seu ambiente econômico-financeiro. Já a ANEEL busca minimizar estes custos visando garantir a modicidade tarifária, uma das diretrizes do atual modelo institucional do SEB. O repasse tarifário médio decorrente das perdas comerciais foi da ordem de 3% no período de 2008 a 2015. Desta forma, é plausível acreditar que a política tarifária atual ao

repassar uma parcela dos custos oriundos das perdas, via elevação da tarifa, para os consumidores finais regulares levam a tarifas menos módicas. Sendo assim, o repasse das perdas comerciais à tarifa de energia possui impactos diretos e indiretos para as Distribuidoras, Governo e Consumidores.

Para as distribuidoras, suas receitas podem ser reduzidas visto que o repasse das perdas pode ocorrer, no máximo, até o limite das perdas reguladas pela ANEEL. Perdas superiores a este limite são custeadas pelas distribuidoras reduzindo seu faturamento. Com isso, um factível cenário de receitas menores limita a capacidade das distribuidoras realizarem novos investimentos, afeta negativamente a qualidade da oferta, aumenta a probabilidade de apagões e oscilações nos horários de pico de carga, há desperdício de recursos ambientais e energéticos, pressão sobre os custos de expansão do sistema elétrico além de desgaste do relacionamento entre a distribuidora e os clientes (ARAUJO, 2007; DEPURU *et al.*, 2011; LIGHT, 2013; OBAFEMI e IFERE, 2013; MESSINIS e HATZIARGYRIOU, 2018; HUBACK, 2018).

Quanto aos impactos sobre o Governo e os Consumidores, estes são pouco discutidos na literatura. Pode-se argumentar que as perdas reduzem a arrecadação pública, visto que 35,6% da tarifa de energia são encargos e tributos. Sobre os consumidores, as perdas comerciais levam a cobrança de tarifas menos módicas o que, por sua vez, reduzem a renda disponível dos consumidores regulares para consumo da própria energia elétrica e de outros bens e serviços. Tal redução de renda disponível pode induzir o aumento da taxa de inadimplência, dos furtos e fraudes por parte das famílias que antes estavam regulares. Este comportamento das famílias impacta diretamente a taxa de perdas comerciais no SEB retroalimentando o processo e, logo, culminando em um ciclo vicioso de aumento das perdas comerciais.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é mensurar os impactos diretos e indiretos dos repasses tarifários das perdas comerciais de energia elétrica no mercado de baixa tensão (consumo residencial) sobre o consumo das famílias e no PIB brasileiro. Para alcançar o objetivo proposto, foi utilizada a metodologia de insumo-produto com o vetor do consumo das famílias desagregado por decis de renda. Para tanto foi realizada a compatibilização da Pesquisa de Orçamento Familiar 2008-2009 com as contas nacionais brasileiras para o ano de 2015 organizadas na forma de matriz de insumo-produto desagregada para 110 produtos e 67 setores produtivos. Ambas as bases são disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A partir desta análise, é possível propor medidas de mitigação das perdas não técnicas equitativas e socialmente justas garantindo tarifas módicas para os consumidores além de assegurar práticas econômico-financeiras e ambientalmente sustentáveis para o ambiente de negócio das Distribuidoras além de aumentar a arrecada por parte do Governo.

Os principais resultados revelaram que quando o montante de R\$ 7.792,10 milhões referente ao custo das perdas comerciais pagas pelas famílias no ano de 2015 foi redistribuído na cesta de consumo das famílias gerou um impacto direto e indireto no Valor Bruto da Produção (VBP) do Brasil de R\$ 12.889,80 milhões ocasionando um aumento líquido do VBP na ordem de R\$ 5.097,70 milhões. Com base neste resultado é possível concluir que medidas de mitigação das perdas comerciais que não impactem substancialmente a tarifa de energia elétrica são mais custo efetivas no combate as perdas comerciais, mais equitativas para a sociedade e mais benéficas para economia como um todo, uma vez que são capazes de aumentar a modicidade tarifária, aumentar a utilidade das famílias e o PIB brasileiro.

Além dessa seção introdutória, o presente trabalho está estruturado como descrito a seguir. Na próxima seção é realizada uma breve revisão bibliográfica sobre como detectar e reduzir as perdas comerciais na literatura internacional e nacional. Na terceira seção é apresentada a metodologia e a base de dados utilizadas. Cabe a quarta seção discutir os

resultados e por fim, a última seção tece as considerações finais e implicações políticas do trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bandim et al. (2003) propuseram uma metodologia, com base no caso brasileiro, para identificar as perdas comerciais e as localidades que possuem furtos de energia. Primeiramente, os autores apontam que os furtos, medidores que não funcionam corretamente e problemas no sistema de cobrança são os maiores causadores das perdas comerciais. Algumas medidas podem ser adotadas pelas distribuidoras como checar os procedimentos de cobrança (implica em manter a base de dados dos consumidores atualizada, demonstrando mudanças no padrão de consumo) e visitas regulares para checar os medidores dos consumidores para verificação de problemas, mas essas visitas são muito custosas para a fiscalização de todo o mercado consumidor das distribuidoras. Diante do alto custo, os autores propõem que sejam feitas seleções prévias por meio de alguma metodologia para se realizar uma inspeção mais direcionada. Para tanto, os autores propõem o sistema de medição de energia vigilante. Este sistema consiste na instalação de um medidor central para observação próximo à terminais secundários ao transformador de distribuição, o qual registra a energia total consumida pelos  $n$  consumidores conectados. Feito isso, comparam a quantidade de energia injetada nesse medidor central com os medidores de cada consumidor e, assim, é possível detectar os consumidores e regiões que estão cometendo fraudes.

Nagi et al. (2010) buscam detectar e reduzir as perdas comerciais por meio do uso do método *support vector machine* (SVM), uma técnica baseada em inteligência artificial. Os autores aplicaram seu estudo para três cidades na península da Malásia. Utilizaram como base dados os históricos do consumo de energia em KWh de 186.968 clientes para o período de julho de 2006 a julho de 2008. Os autores chamaram o método desenvolvido de modelo de detecção de fraudes (Fraud Detection Model – FDM). O FDM consiste em utilizar o perfil de consumo dos clientes e atributos adicionais para identificar comportamentos anormais conhecidos por ser correlacionados com as perdas não técnicas. Desse modo são construídas classes de clientes usadas para selecionar suspeitos potenciais para inspeção no local (perfis normais ou com fraudes), devido à identificação de mudanças abruptas nos perfis de consumo, o que é típico de atividades fraudulentas. O FDM aumentou a taxa de acerto de 3% para 60%, reduzindo os custos operacionais das inspeções nos locais. Uma limitação do modelo, é que o mesmo só capta possíveis fraudes nos consumidores que tiveram comportamentos anormais dentro do período de análise. Caso o consumidor já furtasse energia antes do período analisado não é detectado como comportamento anormal e o mesmo não sofre qualquer penalidade. Nagi et. al. (2011) estenderam o modelo de FDM com a inclusão de um componente de SVM de conhecimento humano e experiência com o uso do *fuzzy inference system* – FIS. O trabalho foi inovador, porque foi o primeiro a usar o FIS para detectar fraudes e furto de eletricidade nas distribuidoras. O FIS simula o raciocínio de especialistas, como engenheiros que detectam fraudes, e age como um tomador de decisão inteligente, reduzindo ainda mais a lista de clientes suspeitos com alta probabilidade de praticar fraudes. Os autores mostraram que a inteligência computacional da nova técnica superou a anterior, aumentando de 60% para 72% a taxa média de acerto na detecção. O método apresentado é ainda mais rentável para as distribuidoras identificarem e tomarem medidas para redução das perdas não-técnicas.

Depuru et al. (2011) apontam e discutem os fatores que influenciam os consumidores a roubar eletricidade e propõem medidas para identificação das fraudes e propostas para reduzi-

las. Os autores apontam que as condições socioeconômicas são de grande relevância para explicar as perdas comerciais. Entre os fatores apontados que levam os indivíduos a cometerem furtos e fraudes no sistema elétrico estão: a sensação de não ser desonesto roubar da empresa estatal ou de uma distribuidora de energia; elevada taxa de desemprego e fraco desempenho econômico do país; condições econômicas do consumidor; taxa de analfabetismo dos consumidores; valor da tarifa e pouca aplicação da lei contra roubo de eletricidade. Os autores apontam que a identificação do ponto de fraude é importante, mas não é uma solução para contornar o problema. Uma política de subsídio a consumidores de baixa renda é apontada como uma proposta para reduzir as perdas comerciais, uma vez que uma tarifa mais baixa pode incentivar o indivíduo a se tornar um consumidor regular. Outra proposta realizada pelos autores foi medida para o controle externo à estação, medidores inteligentes, uso de gerador harmônico e filtro eletrônico. A proposta é de operação de um gerador harmônico, com a introdução de um indesejado componente harmônico no alimentador de distribuição comprometendo os equipamentos eletrônicos dos consumidores em situação ilegal. Pode ser implementada em qualquer país, gerando um retorno às empresas de energia a partir de alguns anos e podendo detectar os consumidores ilegais e reduzir bastante o roubo de energia com uma punição às pessoas que consomem ilegalmente através dos danos aos eletrodomésticos. O modelo prevê a introdução de medidores inteligentes, que dificultariam também roubos futuros, sistema de comunicação entre a estação de controle interno e externo e filtros híbridos. Os autores ainda analisaram os fatores principais que levam as perdas comerciais em diferentes países e destacaram que o caso brasileiro as perdas comerciais estão intrinsecamente ligadas às condições socioeconômicas, havendo maiores chances de ocorrer furto de energia em locais com uma alta taxa de criminalidade e baixa renda.

Navani et al. (2012) avaliam as perdas técnicas e não-técnicas na Índia, uma vez que o país enfrenta problemas graves de falta de eletricidade, o que prejudica o crescimento econômico do país. Os autores concluíram que a adulteração dos medidores, erros de cálculo das perdas técnicas que aumentam a proporção das perdas não-técnicas, suborno de funcionários que leem os medidores, conexões feitas ilegalmente, contas não pagas que são ignoradas, medidores defeituosos ou não leitura dos medidores e erros ou atrasos na leitura do medidor são as principais causas das perdas comerciais no país.

Chauhan e Rajvanshi (2013) fazem uma revisão bibliográfica das tecnologias e métodos utilizados ou propostos para estimação e redução das perdas comerciais. Medidas para reduzir essas perdas são, por exemplo, melhorias nos medidores de energia como medidores automáticos que minimizam a chance de manipulação nesses leitores ou os medidores pré-pagos que ainda necessitam de melhorias para se tornarem tecnologias mais “amigáveis” aos usuários. Uma técnica bastante utilizada para detectar o furto de energia é o uso do SVM desenvolvida por Nagi et. al. (2010). Os autores também sugerem medidas para minimizar as perdas não técnicas como o uso de medidores e redes inteligentes em conjunto para minimizar o furto, leis mais rígidas a serem aplicadas na detecção destas, descontos adicionais aos clientes dispostos a pagar as contas com antecedência, incentivos às equipes que fazem a inspeção no local para fortalecer a detecção dos furtos etc. Reforçam a importância de minimizar as perdas, pois os custos de construir uma nova usina de geração são muito maiores que o custo de investir em equipamentos para redução destas. Além disso é necessário focar na redução das perdas comerciais, pois isto faz com que o custo da eletricidade seja reduzido e a eficiência das distribuidoras aumenta.

Obafemi e Ifere (2013) analisam o problema das perdas não-técnicas na cidade Calabar, no estado de Cross River da Nigéria. A Nigéria tem grandes problemas no setor de eletricidade, pois a demanda supera a oferta e isso acarreta em constantes *blackouts* de energia, comprometendo o desenvolvimento econômico do país. Como os autores ressaltaram, o setor de energia tem um impacto muito abrangente em todos os setores e para a sociedade como um todo, necessitando estar ajustado às necessidades de um desenvolvimento rápido e estável da economia. Os autores utilizaram uma metodologia quantitativa e também qualitativa, analisando os dados mensais da *Power Holding Company of Nigeria (PHCN) Calabar Business* sobre perdas técnicas e não técnicas e entrevistando, por meio de questionários, clientes residenciais e comerciais para avaliar a eficiência energética e a conservação da eletricidade pelos consumidores. Os autores observaram que as perdas comerciais da *Calabar Business* foram superiores a 490 milhões de nairas nigerianas, enquanto a estimação para as 37 unidades da PHCN resultaria em um montante acima de 18 bilhões com as perdas. Destacam a importância da mudança de comportamento do consumo, como uso de eletrodomésticos mais econômicos, além da substituição do uso de lâmpadas incandescentes, tanto na iluminação pública quanto nas residências, por lâmpadas fluorescentes compactas. Através dos questionários, os autores mostraram que 60% dos entrevistados ainda utilizavam lâmpadas incandescentes, 16% usavam tanto incandescentes como fluorescentes e 24% fluorescentes. Ressaltam a importância da *Nigeria Electricity and Regulatory Commission (NERC)* adotar medidas em prol da eficiência energética e conservação para garantir uma maior conscientização nos governos, comércios e residências, legislação mais rígida e punitiva, treinamentos dos funcionários do PHCN entre outras sugestões para reduzir drasticamente as perdas comerciais.

Cruz e Ramos (2014) analisam o impacto das perdas comerciais de energia elétrica no Brasil, através de um modelo para 33 distribuidoras no período de 2000, 2001 e 2002 e outro modelo para 90 países no ano de 2002. O Brasil tem uma das tarifas de energia mais caras do mundo e um dos fatores que explicam isto, são as perdas de energia elétrica, comprometendo o objetivo da ANEEL de garantir a modicidade tarifária. Dentro dos modelos, os autores incorporaram fatores organizacionais da empresa, eficiência governamental, variáveis socioeconômicas e características técnicas dos sistemas elétricos. No modelo para as distribuidoras, há uma correlação positiva entre as perdas de energia e a violência, ou seja, a dificuldade de fiscalizar as áreas mais violentas gera uma sensação de impunidade nas pessoas e impacta no furto de energia. Observa-se também uma correlação negativa com o nível organizacional das empresas, a renda per capita e o percentual de clientes rurais. Ou seja, uma maior eficiência organizacional impacta na redução das perdas, uma maior renda per capita impacta em uma menor propensão ao furto, pois observa-se que, quanto menor é a renda per capita, maior o peso das contas de energia no orçamento familiar, levando muitos a furtarem. Quanto ao grau de ruralidade, quanto maior o percentual de clientes rurais, menor as perdas e a explicação para isto é que a cultura do povo rural inibe o furto de energia. No que tange aos outros países amostrados, novamente encontrou-se uma correlação negativa com o grau de ruralidade e também com a eficiência do país, sendo os governos mais eficientes, ou seja, melhores em definir estratégias e na fiscalização, os que possuem menos perdas de energia. A densidade de consumo também apresentou uma correlação negativa com as perdas, ou seja, quanto mais denso o consumo do país, ocorrem menos perdas técnicas na transmissão. Os autores apontam que uma limitação do trabalho foi o fato de usar o índice de perdas totais como variável dependente (e não de perdas comerciais somente), trouxe dificuldades de análise das

variáveis independentes, havendo impactos difusos destas tanto nas perdas técnicas como não técnicas.

Por meio desta breve revisão é possível observar que a literatura busca identificar as perdas comerciais com o objetivo de reduzir as perdas com vistas ao aumento das receitas das distribuidoras, melhoria da qualidade da oferta e uso eficiente dos recursos ambientais e energéticos. Entretanto, o impacto das perdas sobre os consumidores e sobre o PIB tem sido negligenciado. Diante disso, o presente trabalho contribui para a literatura de economia da energia ao mensurar o impacto direto e indireto das perdas comerciais, caso estas não fossem repassadas às tarifas dos consumidores, no consumo das famílias e no PIB brasileiro. Posto de outra forma, o não repasse das perdas comerciais às tarifas levaria a modicidade tarifária fazendo com que as famílias tivessem mais renda disponível para consumo de outros bens e até mesmo, possibilitando um maior consumo de eletricidade, aumentando a utilidade das famílias e podendo ocorrer um impacto positivo no PIB.

### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS E BASE DE DADOS

#### 3.1 Metodologia de insumo-produto para mensurar os impactos econômicos diretos e indiretos das perdas comerciais de energia elétrica no consumo das famílias e no PIB brasileiro

A estrutura analítica de insumo-produto, desenvolvida por Leontief (1941) fornece a descrição completa das interdependências ou interações (sobre as óticas de compra e venda) dos setores produtivos em determinado tempo e localidade (nação, região, estado) (MILLER e BLAIR, 2009). Segundo Leontief (1986, p. 5) “a análise de insumo-produto evidencia a interdependência geral da economia inteira de uma região, de um país ou do mundo como um único sistema e se propõe interpretar todas as suas funções em termos das propriedades específicas mensuráveis de sua estrutura produtiva”.

Diante disso, a análise de insumo-produto é amplamente utilizada na literatura para avaliar a importância de um setor produtivo sobre a economia; mensurar impactos diretos e indiretos e/ou a interdependência de um setor produtivo entre outras análises. Assim, portanto, a análise de insumo-produto possui aderência no que tange à estimação dos impactos diretos e indiretos das perdas comerciais de energia elétrica no consumo das famílias e no PIB brasileiro. Para tanto, será realizada um choque na demanda final das famílias cujos custos das perdas comerciais não seriam repassados simulando tarifas de energia elétrica mais módicas. A partir desta simulação, a renda disponível das famílias vai aumentar e estas podem modificar sua cesta de consumo demandando mais produtos, inclusive energia elétrica, permitindo verificar como este aumento de demanda impacta o PIB nacional.

O modelo de insumo-produto parte da hipótese de equilíbrio na qual a quantidade demandada é idêntica à quantidade produzida de bens e serviços. As premissas são as seguintes: (i) coeficiente tecnológico constante, (ii) retornos constantes de escala, (iii) demanda final definida exogenamente e (iv) preços rígidos. O modelo de insumo-produto de Leontief é uma adaptação da teoria de equilíbrio geral para o estudo empírico das inter-relações entre os vários setores de uma economia. Os fluxos inter-setoriais de bens e serviços de uma economia com  $n$  setores, determinados por fatores tecnológicos e econômicos, podem ser representados por meio do modelo de insumo-produto como segue (Leontief, 1965):

$$\begin{aligned} z_{11} + z_{12} + \dots + z_{1N} + y_1 &= X_1 \\ &\vdots \\ z_{671} + z_{672} + \dots + z_{6767} + y_{67} &= X_{67} \end{aligned} \tag{1}$$



Onde o vetor  $z$  representa as vendas intra e inter setoriais (linhas da matriz de insumo-produto) para os  $N$  setores da economia brasileira (67 setores). O vetor  $y$  representa a demanda final. A demanda final é composta pela formação bruta de capital fixo ( $FBKF$ ), exportações ( $E$ ), consumo do governo ( $G$ ) e consumo das famílias ( $C$ ) que, neste projeto, está aberto para os  $decis$  de renda ( $C_1, \dots, C_{10}$ ). E, finalmente,  $X$  denota o valor bruto da produção (VBP) dos setores da economia. Reescrevendo a equação (1) em notação matricial, tem-se:

$$Z + Y = X \quad (2)$$

Onde:  $Z$  é uma matriz  $67 \times 67$  que representa os coeficientes de relações intra e inter-setoriais mais conhecido na literatura como consumo intermediário;  $Y$  é um vetor  $67 \times 13$  onde são denotados os componentes da demanda final da economia; por fim,  $X$  é um vetor  $67 \times 1$ , onde os elementos representam o VBP dos setores.

A equação (2) pode ser representada em termos de uma matriz de coeficientes técnicos ( $A$ ), conhecida como matriz de coeficientes diretos. A matriz  $A$  é definida como:

$$A = Z(\hat{X})^{-1} \quad (3)$$

Em que  $\hat{X}$  é a matriz diagonal de  $X$  e cada elemento da matriz de coeficientes diretos ( $A$ ) é definido da seguinte forma:

$$a_{ij} = z_{ij} / x_j \quad (4)$$

Onde  $a_{ij}$  é chamado de razão de insumo-produto, coeficiente técnico ou coeficiente de requerimento direto. Cada elemento  $a_{ij}$  fornece informações sobre os efeitos diretos de uma variação exógena na demanda final. Por meio da equação (4), é possível verificar que a razão de coeficientes técnicos representa a relação fixa entre os insumos utilizados na produção e o total produzido por cada setor. A matriz  $A$  em um modelo de insumo-produto é ilustrada como segue:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{167} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{671} & \cdots & a_{6767} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Na diagonal principal da matriz  $A$  são explicitados os coeficientes técnicos intra-setoriais enquanto que a diagonal secundária denota os coeficientes diretos inter-setoriais. Substituindo a equação (3) na equação (2), tem-se:

$$AX + Y = X \quad (6)$$

Rearranjando os termos na equação anterior, tem-se:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (7)$$

Em que  $I$  é uma matriz identidade  $67 \times 67$ ,  $(I - A)^{-1} = B$  é uma matriz  $67 \times 67$  conhecida como matriz inversa de Leontief ou matriz de coeficientes diretos e indiretos.

No modelo, com o vetor de demanda final setorial é exógeno, conhecido e fixo, pode-se determinar o vetor de produção total setorial por meio da equação matricial chave do modelo de insumo-produto como segue:

$$X = BY \quad (8)$$

Este modelo básico de Leontief é classificado como de tecnologia baseada na indústria e com enfoque setor x setor. De forma desagregada, a Equação 8 pode ser reescrita como:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_{67} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{671} & \cdots & b_{6767} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_{67} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_{67} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} FBKF_1 & E_1 & G_1 & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} & C_{17} & C_{18} & C_{19} & C_{110} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ FBKF_{67} & E_{67} & G_{67} & C_{671} & C_{672} & C_{673} & C_{674} & C_{675} & C_{676} & C_{677} & C_{678} & C_{679} & C_{6710} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Substituindo a Equação 10 na Equação 9 tem-se:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_{67} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{671} & \cdots & b_{6767} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} FBKF_1 & E_1 & G_1 & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} & C_{17} & C_{18} & C_{19} & C_{110} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ FBKF_{67} & E_{67} & G_{67} & C_{671} & C_{672} & C_{673} & C_{674} & C_{675} & C_{676} & C_{677} & C_{678} & C_{679} & C_{6710} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Onde  $C_1$  a  $C_{10}$  é o consumo das famílias do primeiro ao décimo decil de renda. Assim, como sistematizado pela Equação 9, o modelo de insumo-produto parte de um modelo de fluxos comerciais intra e inter-setoriais (consumo intermediário) para um modelo capaz de mensurar os impactos diretos e indiretos no VBP oriundos de choques exógenos da demanda final ( $Y$ ).

Aqui o choque será especificado pela simulação de que a renda disponível das famílias tenha aumentado em decorrência de não arcarem com os custos das perdas comerciais na tarifa de energia elétrica. A construção do choque é formalizada da seguinte maneira:

$$CPCF = PC * Tarifa \quad (12)$$

Onde:  $CPCF$  é o custo das perdas comerciais pagas pelas famílias;  $PC$  é a perda comercial em MWh e  $Tarifa$  é a tarifa média de energia elétrica paga pelas famílias. De posse do  $CPCF$ , este será subtraído do gasto das famílias com energia elétrica e distribuído de acordo com o *share* de consumo de cada *decil* ( $C_1, \dots, C_{10}$ ) para os demais setores resultando em uma nova matriz de gasto das famílias denominada  $\tilde{C}$ .  $\tilde{C}$  é uma matriz  $67 \times 10$  que denota a nova cesta de consumo das famílias caso as mesmas não arcassem com os custos das perdas comerciais. Desta forma, após o choque, a Equação 8 torna-se:

$$\tilde{X} = B\tilde{Y} \quad (13)$$

Onde a matriz de demanda final que comporta  $\tilde{C}$  passa a ser denotada por  $\tilde{Y}$ . A Equação 13 pode ser escrita de forma similar à Equação 11 como:

$$\begin{bmatrix} \tilde{x}_1 \\ \vdots \\ \tilde{x}_{67} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{671} & \cdots & b_{6767} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} FBKF_1 & E_1 & G_1 & \tilde{C}_{11} & \tilde{C}_{12} & \tilde{C}_{13} & \tilde{C}_{14} & \tilde{C}_{15} & \tilde{C}_{16} & \tilde{C}_{17} & \tilde{C}_{18} & \tilde{C}_{19} & \tilde{C}_{110} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ FBKF_{67} & E_{67} & G_{67} & \tilde{C}_{671} & \tilde{C}_{672} & \tilde{C}_{673} & \tilde{C}_{674} & \tilde{C}_{675} & \tilde{C}_{676} & \tilde{C}_{677} & \tilde{C}_{678} & \tilde{C}_{679} & \tilde{C}_{6710} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Subtraindo a Equação 14 da Equação 11 encontram-se os impactos diretos e indiretos oriundos do aumento da renda disponível das famílias devido a tarifas mais módicas, ou seja, quando custo das perdas comerciais não é repassado na tarifa paga pelas famílias.

$$\Delta X = \Delta VBP = \tilde{X} - X \quad (15)$$

A equação 15 de forma desagregada é a equação chave do projeto capaz de alcançar o objetivo deste projeto e é esquematizada como segue:

$$\begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \vdots \\ \Delta x_{67} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{167} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{671} & \cdots & b_{6767} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} FBKF_1 & E_1 & G_1 & \Delta C_{11} & \Delta C_{12} & \Delta C_{13} & \Delta C_{14} & \Delta C_{15} & \Delta C_{16} & \Delta C_{17} & \Delta C_{18} & \Delta C_{19} & \Delta C_{110} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ FBKF_{67} & E_{67} & G_{67} & \Delta C_{671} & \Delta C_{672} & \Delta C_{673} & \Delta C_{674} & \Delta C_{675} & \Delta C_{676} & \Delta C_{677} & \Delta C_{678} & \Delta C_{679} & \Delta C_{6710} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Caso a  $\Delta X$  seja positiva, demonstra que políticas públicas que visem mitigar as perdas comerciais reduzindo a tarifa de energia elétrica pagas pelas famílias são capazes de aumentar o PIB nacional e, conseqüentemente, o bem estar das famílias quebrando o ciclo vicioso de aumento das perdas comerciais<sup>1</sup> no Setor Elétrico Brasileiro.

### 3.2. Base de Dados

Este trabalho utilizará como base de dados as contas nacionais brasileiras para o ano de 2015 desenvolvidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) organizadas na forma de matriz de insumo-produto (MIP). A matriz está desagregada em 127 produtos e 67 setores. Com o objetivo de desagregar o vetor de consumo das famílias por decís de renda, os 127 produtos foram compatibilizados com a pesquisa de orçamento familiar 2008-2009 (POF 2008-2009) também realizada pelo IBGE e disponibilizada no banco de dados do Sidra. A desagregação e a compatibilização da MIP e da POF 2008-2009 foi baseada na metodologia proposta por Weiss de Abreu (2015).

Após compatibilizados os produtos das contas nacionais brasileiras das tabelas de recursos de bens e serviços (tabela 1), usos de bens e serviços (tabela 2) e oferta e demanda da produção nacional (tabela 3) com os produtos da POF, foi adotado o procedimento padrão de organização dos dados para obtenção da matriz de insumo-produto. A MIP resultante desta manipulação possui tecnologia setor x setor e está disposta em 67 setores produtivos para o ano de 2015 com o vetor de demanda das famílias desagregado para os decís de renda.

Cabe destacar que a MIP de 2015 foi construída considerando a estrutura produtiva brasileira para o ano de 2010. Desta forma, a compatibilização dos dados as contas nacionais brasileiras com a POF de 2008-2009 não traz prejuízos a análise empreendida. Ademais, ainda ressalta-se que as bases utilizadas são as mais atualizadas disponíveis nos órgãos oficiais brasileiros.

Com o objetivo de mensurar o custo das perdas comerciais pagas pelas famílias (CPCF) este trabalho utilizou as perdas comerciais reguladas, pois são estas que são repassadas à tarifa

<sup>1</sup> O ciclo vicioso das perdas comerciais está esquematizado no Anexo.

no momento da revisão tarifária. No ano de 2015, segundo ANEEL (2019), o percentual médio das perdas comerciais reguladas na baixa tensão foi de 10,5% da energia injetada na rede. De modo a encontrar a perda não técnica no setor residencial, aplicou-se o percentual de 10,5% sobre o total de energia consumida no setor residencial 118.691.434,80 MWh (dados disponibilizados pelo sistema de apoio a decisão da ANEEL (SAD/ANEEL) encontrando uma perda comercial no setor residencial da ordem de 12.462,600,65 MWh. Após, este valor foi multiplicado pelo valor médio da tarifa de fornecimento com impostos (R\$ 625,24 (SAD/ANEEL)) encontrando o *CPCF* no montante de R\$ 7.792,10 milhões.

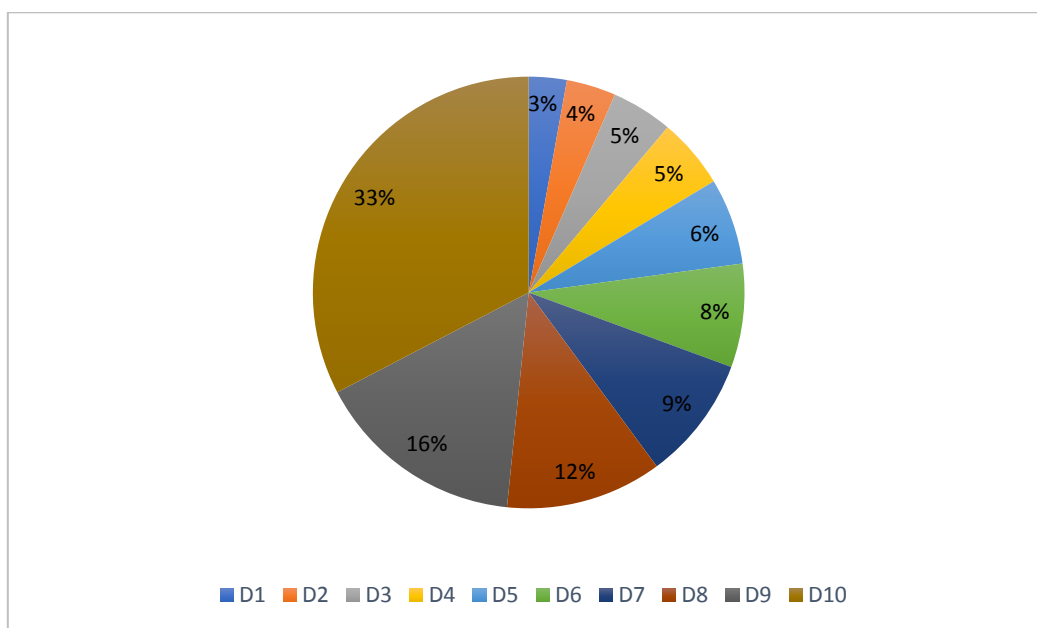
De modo a construir o choque, o valor de R\$ 7.792,10 milhões foi subtraído do consumo das famílias no setor de energia elétrica e redistribuído na cesta de consumo de cada família de acordo com proporção de consumo de cada setor produtivo para posteriori implementação da metodologia proposta na subseção anterior.

#### **4. RESULTADOS**

A partir de 2005, o Brasil experimentou um processo de mobilidade social associado ao crescimento da renda levando a um aumento da demanda por bens e serviços que de forma direta ou indiretamente afetam o consumo energético das famílias. Dentre estes bens e serviços estão, principalmente, eletricidade, transporte e eletrodomésticos (IBGE2014a e 2014b). Em virtude disso, o consumo de eletricidade da classe residencial passou de 82,644 GWh em 2005 para 131,190 GWh em 2015, representado um aumento de 59% no período. Em 2005 o consumo do setor residencial representava 24% do consumo total de eletricidade enquanto, em 2015, este percentual passou a ser de 28% revelando que apesar da classe residencial continuar sendo a segunda maior demandante de eletricidade, o setor tem se tornado mais intensivo no uso de energia elétrica. Além da melhora da renda das famílias, este aumento da demanda da classe residencial pode ser explicado pelo atendimento da demanda reprimida (Luz para todos), facilidade no financiamento de produtos e política de transferência de renda e maior propensão nos centros urbanos de desempenhar atividades profissionais e de lazer nas residências (SCHAEFFER, 2003).

Sabendo o uso final de eletricidade nos domicílios é função dos equipamentos eletroeletrônicos e pode ser interpretado como uma medida de desenvolvimento, quando se analisa a participação do consumo nos decis de renda é possível perceber que o consumo de eletricidade ainda é muito desigual no Brasil. Como pode ser observado na Figura 1, as famílias mais pobres, até o quinto decil de renda, consomem 23% enquanto as famílias mais ricas, último decil, consomem 34% da energia total consumida pelas famílias.

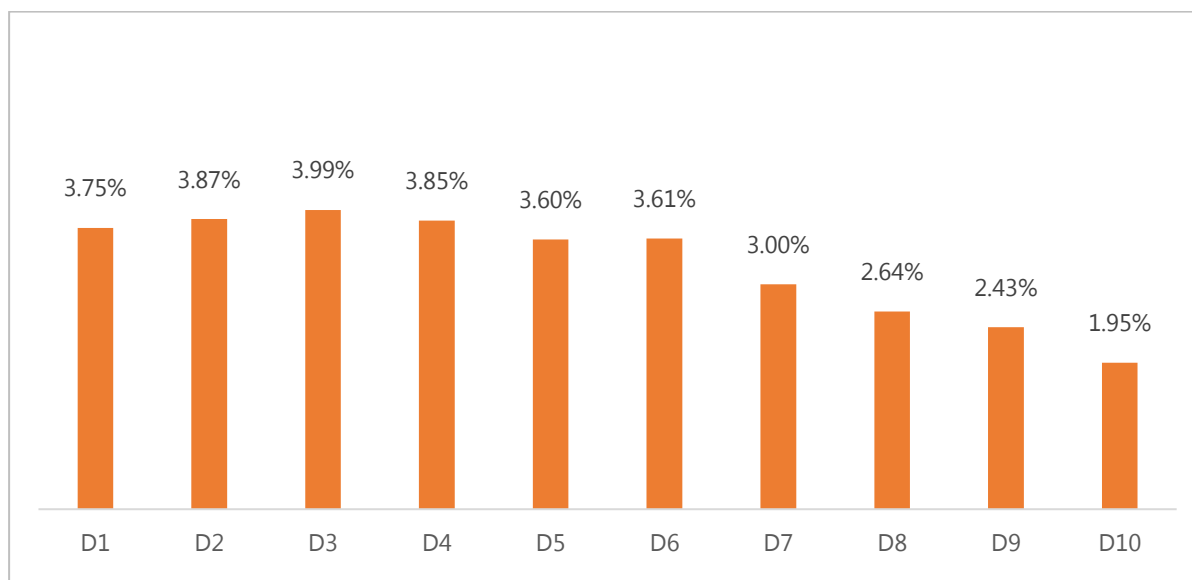
**Figura 1-** Percentual do Consumo de Energia Elétrica entre os decis de Renda.



**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da MIP.

Apesar deste consumo desigual entre as classes de renda, quando se analisa o peso da energia elétrica no orçamento das famílias, é possível perceber que o peso do uso da eletricidade entre as famílias também difere substancialmente. Nas famílias mais pobres o peso da eletricidade na cesta de consumo é em torno de 3,7%. Já nas famílias mais ricas, este peso é em média de 2,3% (ver Figura 2).

**Figura 2 –** Peso da energia elétrica na cesta de consumo das famílias.



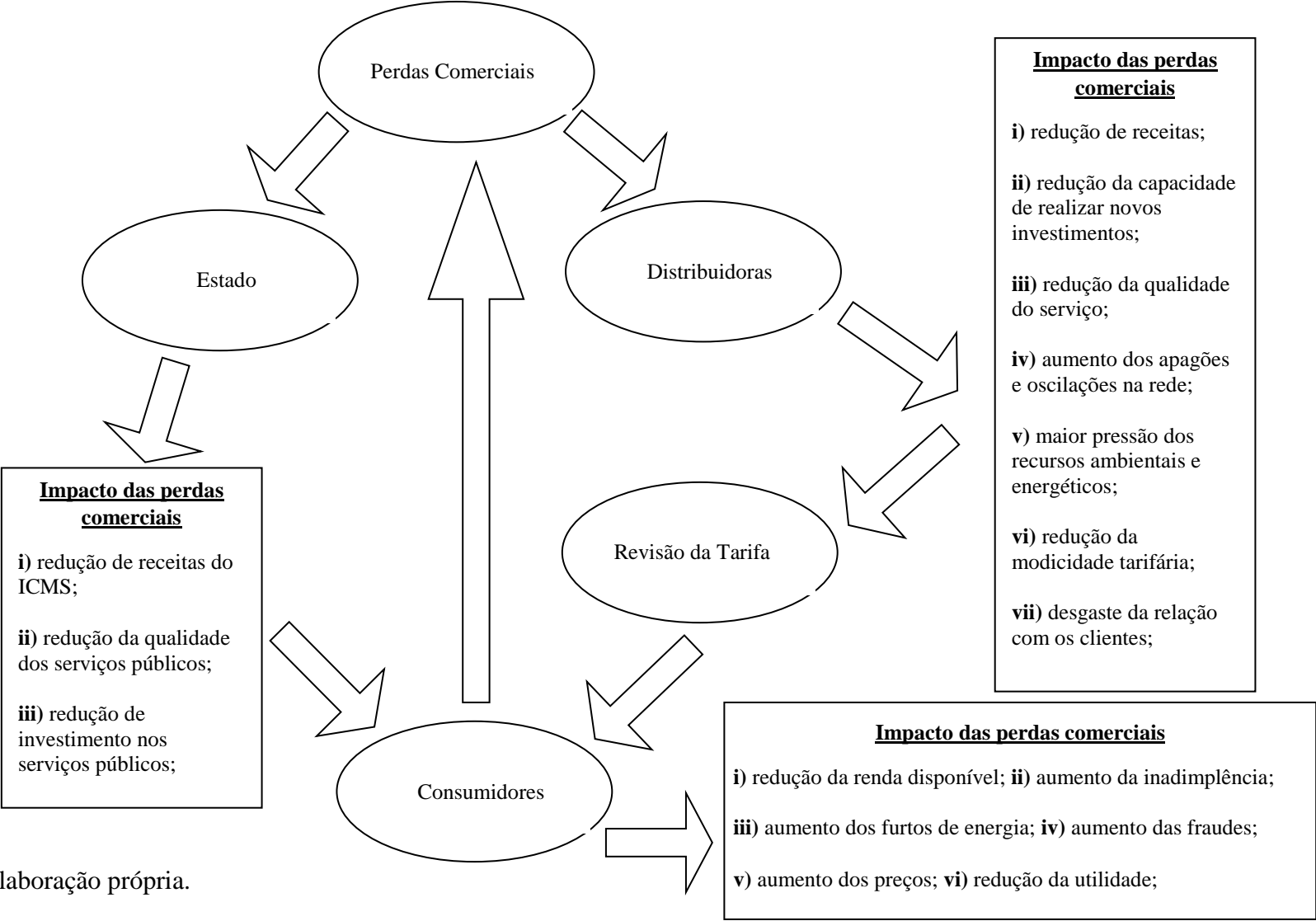
**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da matriz insumo-produto de 2015 do IBGE.

Este comportamento é esperado, uma vez que as classes mais baixas destinam uma maior parte dos seus recursos proporcionalmente para o pagamento das tarifas de energia e consequentemente são mais impactadas com o aumento das contas, devido ao repasse das perdas comerciais. Estes resultados revelam que apesar da melhora social experimentada no Brasil na última década e das políticas de atendimento à demanda reprimida, as famílias mais

pobres apesar de consumir menos da metade da energia consumida pelas famílias mais ricas, fazem um esforço financeiro substancialmente maior para arcarem com seus custos de uso de eletricidade deixando de consumir outros bens e serviços.

Depuru et al. (2011) e Depuru et al. (2013), apontam que a elevada taxa de desemprego e fraco desempenho econômico do país; condições socioeconômicas do consumidor e valor da tarifa são fatores preponderantes para a elevação das perdas comerciais. No Brasil o repasse tarifário dos níveis eficientes das perdas comerciais (perdas não técnicas reguladas) está previsto no processo de revisão tarifária periódica de cada Distribuidora e essas perdas são contempladas nos custos com compra de energia até o limite regulatório estipulado pela ANEEL. Sabendo que as famílias em piores condições socioeconômicas e com maior taxa de desemprego são as dos decis de renda mais baixos e que o consumo de energia tem maior peso nas cestas destas famílias, é possível acreditar que a política tarifária atual ao repassar uma parcela dos custos oriundos das perdas, em média 3% no período de 2008 a 2015, pode gerar um ciclo vicioso de aumento dos roubos e fraudes nestas classes de renda. Estes aumentos das perdas comerciais impactam Distribuidoras, Governo e os consumidores regulares, conforme pode ser observado pela Figura 3.

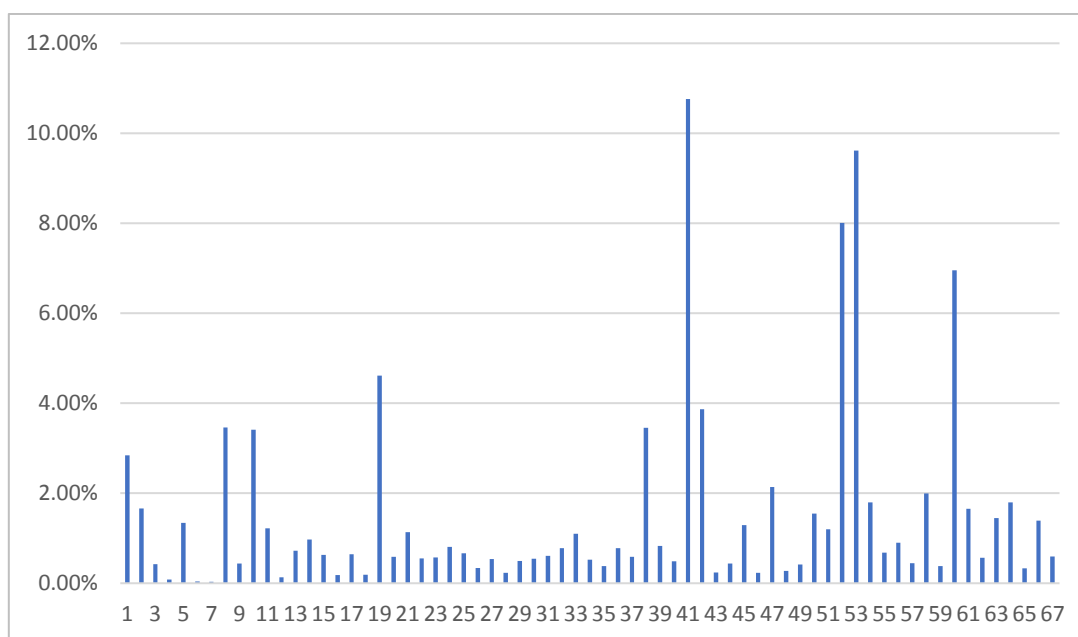
**Figura 3** - Resumo esquemático do ciclo vicioso das perdas comerciais no setor elétrico brasileiro no âmbito das distribuidoras, consumidores e governo.



Fonte: Elaboração própria.

Diante do exposto, foi realizado o exercício de mensurar os impactos diretos e indiretos dos repasses tarifários das perdas comerciais de energia elétrica no mercado de baixa tensão (consumo residencial) sobre o consumo das famílias e no PIB brasileiro. O custo das perdas comerciais pagas pelas famílias (CPCF) no ano de 2015 foi da ordem de R\$ 7.792,10 milhões, quando este custo foi redistribuído na cesta de consumo das famílias gerou um impacto direto e indireto no Valor Bruto da Produção (VBP) do Brasil de 12.889,80 milhões ocasionando em um aumento líquido do VBP na ordem de R\$ 5.097,70 milhões. Este valor representa 65,42% do montante total das perdas não técnicas reguladas repassada na tarifa de eletricidade. De acordo com o exercício realizado, é possível inferir que se os repasses tarifários fossem da ordem de R\$ 1.762,78 milhões (34,58%) do custo das perdas comerciais pagas pelas famílias, o VBP brasileiro se manteria constante. Desta forma, com base neste resultado é possível concluir que medidas de mitigação das perdas comerciais que não impactem substancialmente a tarifa de energia elétrica são mais custo efetivas no combate as perdas comerciais, mais equitativas para a sociedade e mais benéficas para economia como um todo, uma vez que são capazes de aumentar a modicidade tarifária, aumentar a utilidade das famílias e o PIB brasileiro. A Figura 4 mostra o impacto do aumento da renda disponível no orçamento das famílias nos 67 setores produtivos brasileiros.

**Figura 4-** Aumento percentual do consumo das famílias decorrente do aumento da renda disponível.



**Fonte:** Elaboração própria.

Os dez setores mais beneficiados com o não repasse das perdas não técnicas reguladas foram: Comércio por atacado e varejo; Atividades imobiliárias; Intermediação financeira; seguros e previdência complementar; Refino de petróleo e coquerias; Transporte terrestre; Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca; Energia elétrica, gás natural e outras utilidades; Outros produtos alimentares; Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita e Alimentação. Este resultado aponta que o aumento da renda disponível faz com que cresça a demanda das famílias pelos setores de serviços, transporte e alimentação que possuem um alto multiplicador de produção, renda e do emprego.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES POLÍTICAS

Esse trabalho teve como objetivo estimar os impactos diretos e indiretos das perdas comerciais no consumo das famílias e no PIB brasileiro. Para tanto foi utilizada a metodologia de insumo-produto com a matriz do IBGE de 2015 para 67 setores. Através da desagregação do consumo das famílias pelos *decis* de renda, observou-se que o peso do setor de energia elétrica, gás natural e outras utilidades é de fato maior no orçamento das famílias de renda mais baixa apesar destas famílias consumirem apenas 23% no total de eletricidade da classe residencial.

Assim este trabalho, diferentemente dos trabalhos anteriores, realizou um exercício pioneiro buscando mostrar que medidas mais justas e equitativas para os consumidores em relação ao repasse das perdas comerciais podem ser tão importantes quanto as estratégias adotadas pelas Distribuidoras com o objetivo de detectar e reduzir as perdas no âmbito de seu mercado consumidor. A premissa por trás deste argumento pode ser entendida que medidas para tornar as tarifas mais módicas, impactariam mais fortemente as classes mais pobres e mais propensas a cometerem roubos e fraudes. A tarifa menor aumenta a renda disponível destas famílias para consumir outros produtos e, até mesmo em eletricidade possibilitando a redução dos roubos, fraudes e a inadimplência decorrente do alto custo da eletricidade no orçamento destas famílias, em média 3,7%. Atualmente, o consumidor regular arca parcialmente pela fraude e furto de energia, em média 3% do valor da tarifa, uma vez que a ANEEL reconhece valores regulatórios eficientes.

Os resultados revelaram que quando custo das perdas não técnicas foi redistribuído na cesta de consumo das famílias, este foi capaz de gerar um impacto direto e indireto no 12.889,80 milhões ocasionando em um aumento líquido do VBP na ordem de R\$ 5.097,70 milhões. Este valor representa 65,42% do montante total das perdas não técnicas reguladas repassada na tarifa de eletricidade. Diante destes achados é possível sugerir que tarifas “sociais” e políticas que visem a substituição dos eletroeletrônicos das classes de renda mais baixas por produtos mais eficientes conjuntamente com os métodos disponíveis para identificação de roubos e fraudes aliado a adoção dos valores regulatórios eficientes para as Distribuidoras são mais eficientes para reduzir o percentual de perdas comerciais no mercado de baixa tensão. Posto de outra forma, a adoção de estratégias apenas por parte das Distribuidoras dissociadas de uma política de inclusão social por meio de uma tarifa social não é capaz de reduzir substancialmente o percentual de perdas comerciais na classe residencial.

Desta forma, acredita-se que seja possível reverter o ciclo vicioso de aumento das perdas comerciais levando o setor elétrico a alcançar as diretrizes do atual modelo regulatório, a universalização da oferta, segurança do sistema e a modicidade tarifária além de aumentar a capacidade das Distribuidoras em fazer novos investimentos, melhorar a qualidade da oferta, reduzir a probabilidade de apagões e oscilações nos horários de pico de carga e, por fim, diminuir o desperdício de recursos ambientais e energéticos. O Governo também será beneficiado com a política proposta, uma vez que pode ter suas receitas aumentadas via aumento da arrecadação de impostos devido ao maior número de consumidores regulares conectadas à rede.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq no âmbito do Chamada Universal MCTIC/CNPq n.º 28/2018 e do PIBIC 2019. Agradecem também a Capes no âmbito da bolsa de mestrado DS/Capes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Relatório Perdas de Energia Elétrica na Distribuição – Edição 01/2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relat%C3%B3rio+Perdas+de+Energia+Edi%C3%A7%C3%A3o+1-2019-02-07.pdf/d7cc619e-0f85-2556-17ff-f84ad74f1c8d>.

Acesso em: 18 set. 2019.

ARAÚJO, A. C. M. Perdas e Inadimplência na Atividade de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BANDIM, C. J.; ALVES Jr., J. E. R.; PINTO Jr., A. V.; SOUZA, F. C.; LOUREIRO, M. R. B.; MAGALHÃES, C. A.; GALVEZ-DURAND, F. Identification of Energy Theft and Tampered Meters Using a Central Observer Meter: A Mathematical Approach. Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE, p. 163-168, 2003.

CHAUHAN, A.; RAJVANSHI, S. Non-Technical Losses in Power System: A Review. International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC), p. 558-561, 2013.

CRUZ, K. E. A.; RAMOS, F. de S. Impacto de variáveis socioeconômicas sobre as perdas comerciais de energia elétrica. Revista Brasileira de Economia de Empresas, v. 2, p. 31-52, 2014.

DEPURU, S. S. S. R.; WANG, L.; DEVABHAKTUNI, V. Electricity theft: Overview, issues, prevention and a smart meter based approach to control theft. Energy Policy, v. 39, p. 1007–1015, 2011.

FRANCISCO, C.M. Connecting renewable power plant to the Brazilian transmission power system [dissertation]. Washington (DC): The George Washington University, 2012.

HUBACK, V. B. S. Medidas ao Combate a Perdas Elétricas Não Técnicas em Áreas com Severas Restrições à Operação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

LEONTIEF, W. The Structure of American Economy, 1919–1929. Cambridge: Harvard University Press, MA, 1941.

LEONTIEF, W. “A Análise de Insumo-Produto”. A Economia do Insumo-Produto. São Paulo: Abril Cultural, 1965.

LEONTIEF, W. A economia do insumo-produto. 2.ed. São Paulo: Nova Cultural, 226p, 1986.

LIGHT. Contribuição à Audiência Pública nº 089/2013: Perdas Não Técnicas. Rio de Janeiro: 2013.

MESSINIS, G. M.; HATZIARGYRIOU, N. D.. Review of non-technical loss detection methods. Electric Power Systems Research, v. 158, p.250-266, 2018.

MILLER, R.E.; BLAIR, P.D. Input-output analysis: foundations and extensions. Cambridge: Cambridge University Press, 2nd ed, 750 p., 2009.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. As Relações Intersetoriais do Setor Energético no Crescimento da Economia Brasileira: Uma Abordagem Insumo-Produto. NEREUS, Texto para Discussão, 2013.

NAGI, J.; YAP, K.S.; TIONG, S. K.; AHMED, S. K.; MOHAMAD, M. Nontechnical Loss Detection for Metered Customers in Power Utility Using Support Vector Machines. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 25, n. 2, p. 1162-1171, abr. 2010

NAGI, J.; YAP, K. S.; TIONG, S. K.; AHMED, S. K.; NAGI, F. Improving SVM-Based Nontechnical Loss Detection in Power Utility Using the Fuzzy Inference System. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 26, n. 2, abr. 2011.

NAVANI, J. P.; SHARMA, N. K., SAPRA, S. Technical and Non-Technical Losses in Power System and Its Economic Consequence in Indian Economy. International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, v. 1, n. 2, mar. 2012.

OBAFEMI, F. N.; IFERE, E. O. Non-Technical Losses, Energy Efficiency and Conservative Methodology in the Electricity Sector of Nigeria: The Case of Calabar, Cross River State. International Journal of Energy Economics and Policy, v. 3, n. 2, p.185-192, 2013.

PIRES, J.C.L. The Reform Process within the Brazilian Electricity Sector. BNDES/PNUD, Brasília-DF, 1999, Available at [http://www,bndes.gov,br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_en/Galerias/Download/studies/studie01.pdf](http://www,bndes.gov,br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_en/Galerias/Download/studies/studie01.pdf), 1999.

SMITH, T.B. Electricity theft—comparative analysis. Energy Policy 32, 2067–2076, 2003.

SOUZA, F.C.; LEGEY, L.F.L. Dynamics of risk management tools and auctions in the second phase of the Brazilian Electricity Market reform. Energy Policy. 2010;38:1715-33.

WEISS DE ABREU, M.; Análise do Consumo de Energia Direta e Indireta das Famílias Brasileiras por Faixa de Renda. Dissertação de Mestrado, PPE/COPPE/UFRJ. 2015.