

NOTA TÉCNICA EPE DEA 003/2019

Metodologia: Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade

Maio de 2019



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e

Desenvolvimento Energético

Reive Barros dos Santos

Secretário de Energia Elétrica

Ricardo de Abreu Sampaio Cyrino

Secretário de Petróleo, Gás Natural e

Combustíveis

Márcio Feliz Carvalho Bezerra

Secretário de Geologia, Mineração e

Transformação Mineral

Maria José Gazzi Salum



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar – 70065-900 - Brasília – DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, 01 – 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

NOTA TÉCNICA EPE DEA 003/2019

Metodologia: Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade

Coordenação Geral

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

Coordenação Executiva

Jeferson Borghetti Soares

Coordenação Técnica

Carla C. Lopes Achão

Equipe Técnica

Aline Moreira Gomes

Allex Yujhi Gomes Yukizaki

Arnaldo dos Santos Junior

Isabela de Almeida Oliveira

João M. Schneider de Mello

Lidiane de Almeida Modesto

Thiago Toneli Chagas

Nº EPE-DEA-NT-003/2019-r0

Data: 07 de maio de 2019

APRESENTAÇÃO

Entre as atribuições da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), de acordo com a Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, e com o Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004, está a “elaboração de estudos necessários para o desenvolvimento dos planos de expansão da geração e transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazo”.

Este documento tem como objetivo descrever a metodologia de projeção de demanda de energia elétrica utilizada nos estudos de mercado e carga subsidiários do Plano Decenal de Energia (PDE) e do Plano Nacional de Energia (PNE) e nos estudos do planejamento da operação e suas revisões quadrimestrais, elaborados em conjunto com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

A necessidade de uma modelagem própria da demanda de energia elétrica nacional é vital para entender o quanto de eletricidade será necessário para o país nos cenários de curto, médio e longo prazo, de modo que esta demanda seja atendida nos diversos mecanismos de expansão da oferta de energia, entre os quais os leilões futuros. O acompanhamento da evolução do consumo de eletricidade ao longo do tempo também é salutar pois realimenta o modelo e permite uma calibragem das premissas e parâmetros utilizados na modelagem.

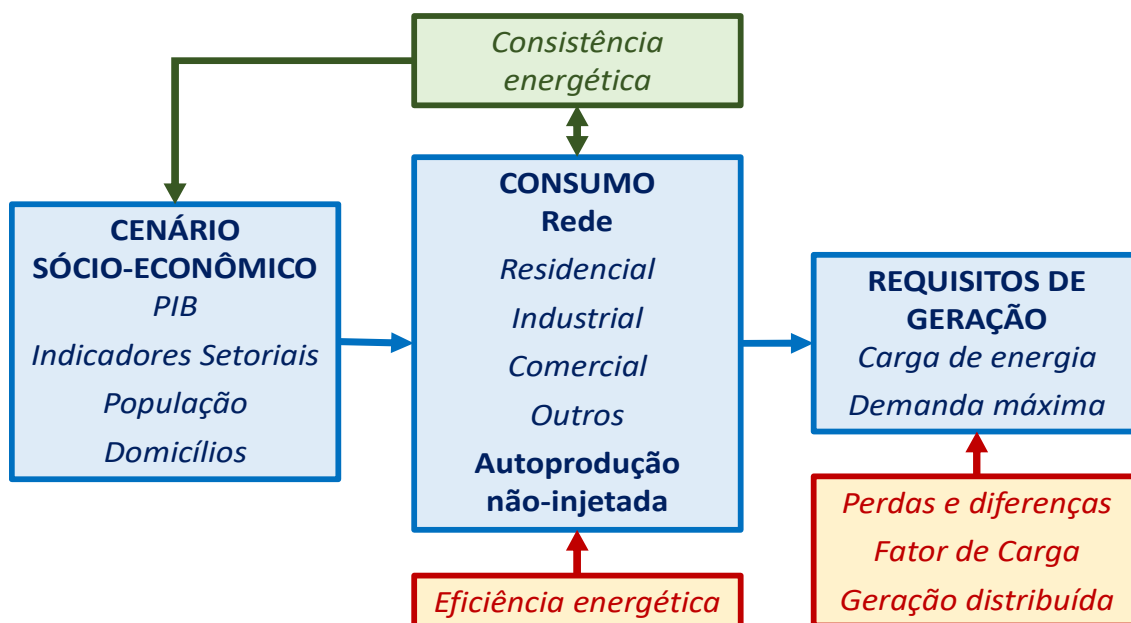


Figura 1 – Fluxograma da Modelagem da Demanda de Energia Elétrica

Este documento está assim estruturado: no item 1 faz-se uma breve introdução sobre os tipos de metodologias disponíveis para a elaboração das previsões da demanda de energia elétrica; no item 2 são mostradas as características gerais e premissas do modelo; no item 3 descrevem-se, em linhas gerais, os principais conceitos e variáveis envolvidos na modelagem; no item 4 são apresentadas as metodologias de projeção do consumo e da carga de energia elétrica; no item 5 são elencadas as considerações finais e, no item 6, exibidas as referências para este trabalho.

PRESENTATION

Among the attributions of the Energy Research Office (EPE), according to the Law nº 10.847, dated March 15, 2004, and Decree nº 5.184, of August 16, 2004, is the "preparation of studies necessary for the development of plans to expand the short, medium and long-term electricity generation and transmission."

This document aims to describe the methodology for forecasting the demand for electricity used in the market projections of the Ten-Year Energy Plan (PDE) and the National Energy Plan (PNE) and in the studies of the of operation planning and its four-month reviews, prepared in conjunction with National System Operator (ONS) and Electric Energy Trading Chamber (CCEE).

The need for a proper modeling of national electricity demand is essential to understand how much electricity will be needed for the country in the short, medium and long term scenarios so that this demand is met by various expansion mechanisms, including future power auctions. The monitoring of the evolution of this consumption over time is also important since it feeds the model and allows a calibration of the premises and parameters used in the modeling.

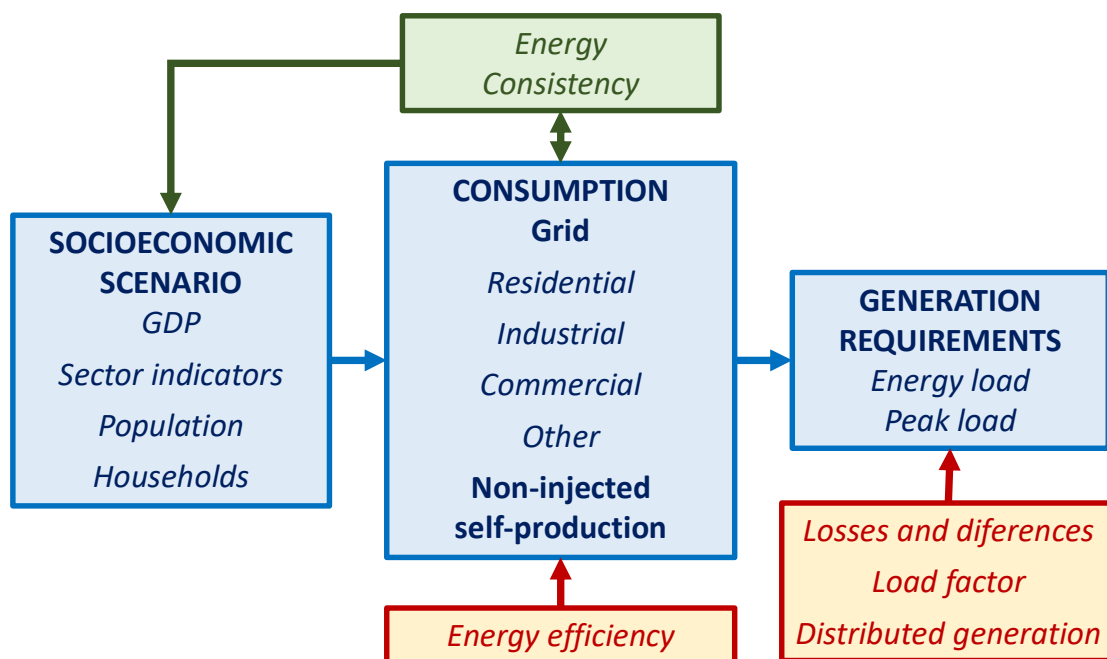


Figura 2 – Flowchart of Electrical Energy Demand Modeling

This document is structured as follows: item 1 gives a brief introduction on the types of methodologies available for the elaboration of forecasts of demand for electricity; in item 2 the general characteristics and the premises of the model are shown; in item 3, the main concepts and parameters involved in the modeling are described in general terms; in item 4 are presented the methodologies of consumption of electric energy and energy load projection; in item 5 the final considerations are listed and, in item 6, the references for this work are shown.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
PRESENTATION	2
1 Introdução	4
2 Características Gerais	6
3 Principais Conceitos da Modelagem	13
4 Metodologia	19
4.1 Metodologia de projeção do consumo de eletricidade	19
4.1.1 Consumo residencial	20
4.1.2 Consumo comercial	20
4.1.3 Consumo Outras Classes	20
4.1.4 Consumo industrial	21
4.1.4.1 Grandes consumidores industriais eletrointensivos	21
4.1.4.2 Industria tradicional	23
4.2 Autoprodução não-injetada	23
4.3 Consumo total	24
4.4 Metodologia de projeção da carga de energia elétrica	25
4.5 Demandas integrada e instantânea	26
4.6 Geração Distribuída	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6 REFERÊNCIAS	31

I Introdução

A crescente exigência para que a expansão e a operação do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) se realizem de forma mais eficiente e econômica, de modo a contemplar características interruptivas de opções pelo lado da oferta em atendimento aos requisitos de um mercado cada vez mais dinâmico, segundo elevados padrões de qualidade e confiabilidade, faz com que o processo de planejamento do setor elétrico ganhe importância primordial na determinação da configuração e do desempenho do sistema. Nesse contexto, a análise da necessidade futura de eletricidade demandada pelos agentes econômicos e pela sociedade em geral constitui-se em uma importante atividade técnica do planejamento do setor elétrico brasileiro.

A dinâmica do mercado de energia elétrica é função não só do crescimento da economia, como também da evolução da estrutura da renda nacional e de inúmeros outros fatores, tais como, população, número de domicílios, grandes projetos industriais, condições climáticas, avanços tecnológicos, substituições entre energéticos, políticas de eficiência energética, entre outros aspectos, alguns deles também vinculados, direta ou indiretamente, ao crescimento da economia.

Alguns desses fatores possuem uma influência mais acentuada nas oscilações de curto prazo da demanda de energia elétrica, como é o caso da temperatura, enquanto que outros implicam em alterações do perfil de consumo de eletricidade no mais longo prazo e de forma mais permanente, como ocorre, por exemplo, com avanços tecnológicos ou novos projetos industriais.

A forte relação entre a evolução da economia e o consumo de eletricidade e a dificuldade em prever, com precisão, a estrutura e a magnitude do crescimento econômico, obrigam a que se associem as projeções do mercado de energia elétrica a cenários ou trajetórias de crescimento da economia. Dessa forma, uma etapa inicial para embasar essas projeções consiste na formulação de cenários macroeconômicos e premissas socioeconômicas e setoriais que constituirão o ambiente que determinará a evolução do mercado de energia elétrica.

As premissas setoriais envolvem tanto ramos específicos da economia (comércio, serviços, indústria, agronegócio, entre outros) como características específicas do consumo de energia elétrica em cada classe de consumo. As perspectivas de eficiência energética também se constituem em premissas fundamentais, pelo seu potencial de deslocamento de mercado e o consequente adiamento de investimentos no setor elétrico.

No que se refere à metodologia de previsão da demanda de energia propriamente dita, quer se trate de energia elétrica ou de energia global, em primeiro lugar deve-se ressaltar que qualquer modelo matemático, procurando representar um sistema real, enfrenta sempre o desafio de conciliar dois objetivos conflitantes: por um lado, a precisão com que ele consegue reproduzir o comportamento desse sistema, dadas determinadas condições externas e de fronteira, e, por outro lado, a operacionalização do mesmo, incluindo a o nível de complexidade de manipulação, o custo de processamento e a disponibilidade de dados confiáveis.

Entre os modelos utilizados para se projetar a demanda de energia é habitual distinguir duas abordagens: a dos modelos econométricos e a dos chamados modelos analíticos ou técnico-econômicos. Geralmente, os modelos econométricos são mais agregados, procurando explicar a evolução do consumo de energia através de uma relação funcional com um número relativamente reduzido de variáveis explicativas, cuja evolução, em princípio, “determina” o comportamento do consumo de energia, como, por exemplo, o Produto Interno Bruto – PIB, a população, entre outros. Esses modelos são também denominados *top-down*, já que tentam explicar o consumo de energia a partir de macro variáveis.

Por sua vez, uma importante característica dos modelos técnico-econômicos é a representação de forma desagregada das relações entre os sistemas energético e socioeconômico, analisando a demanda de energia a partir de suas finalidades ou seus usos finais. Por isso, são também chamados de modelos do tipo *bottom-up*. Esse tipo de modelo permite analisar as consequências de mudanças estruturais e tecnológicas, tanto na sociedade, quanto nos equipamentos e tecnologias utilizados nos setores econômicos de uma determinada região ou país e, nesse sentido, necessitam de um grande conjunto de dados.

O modelo de demanda de eletricidade apresentado neste documento – Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade (MDE) é misto, beneficiando-se de ambas as abordagens pois, para cada subsistema elétrico, as classes de consumo são avaliadas de forma econométrica, aliando-se a uma representação desagregada mais detalhada dos setores industriais eletrointensivos, que, pelo volume do seu consumo de eletricidade, requerem um tratamento diferenciado. Além disso, o MDE apoia-se na interação com os outros modelos técnico-econômicos de demanda por usos finais, cujas análises (tais como: competição entre as fontes para atendimento de determinado serviço energético, penetração de tecnologias e eficiência energética) traz consistência não somente na ótica do mercado de eletricidade como também para as demais fontes. Desta forma, a abordagem mista e integrada permite mútua calibração entre os modelos, trazendo mais informação às projeções de demanda de energia.

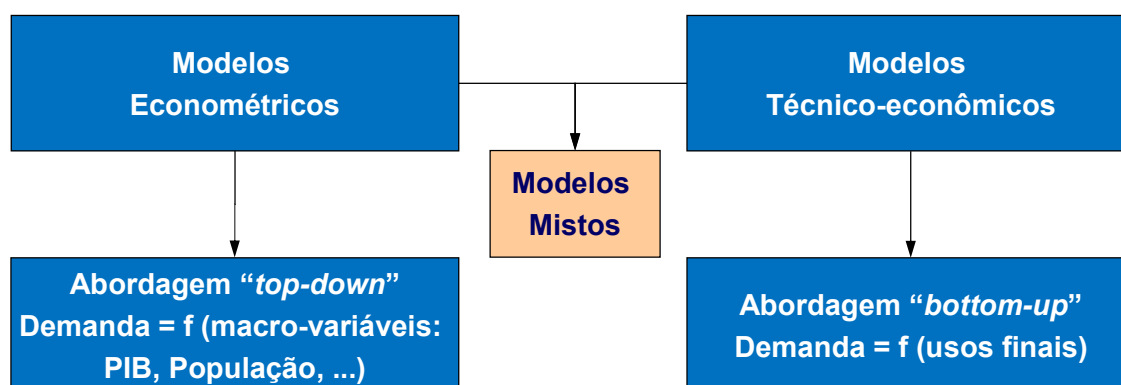


Figura 3 – Tipos de modelagem de projeções de energia

2 Características Gerais

A EPE elabora, anualmente, os estudos subsidiários do planejamento da expansão do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) para os dez anos subsequentes – Plano Decenal de Expansão (PDE). Entre os seus objetivos, está o de otimizar a expansão do parque elétrico nacional (geração, transmissão e distribuição) no sentido de atender a demanda por eletricidade da sociedade, com elevada confiabilidade, ao menor custo possível e mantendo padrões ambientais aceitáveis. Nesse contexto, a projeção do mercado de energia elétrica se constitui em requisito básico para os estudos da expansão da geração e da transmissão.

Para este trabalho, foi desenvolvido o Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade (MDE), que permite à EPE realizar estimativas de previsão do consumo de energia elétrica por classes de consumo e subsistemas no curto, médio e longo prazo.

2.1. Estatísticas do Consumo de Eletricidade

Com base na Portaria nº 331 de 29 de julho de 2005 do MME e na Resolução Normativa ANEEL nº 414 de 09 de setembro de 2010, a EPE realiza o acompanhamento mensal do mercado de energia elétrica brasileiro, coletando informações dos seus agentes de consumo (concessionárias de distribuição, consumidores livres, autoprodutores, produtores independentes de energia elétrica, transmissoras e geradoras) em uma periodicidade mensal.

Nesse contexto, foi criada uma sistemática de coleta de informações mensais sobre o mercado de eletricidade realizado na rede do Sistema Interligado Nacional (SIN) e dos Sistemas Isolados, fornecidas pelos agentes do setor que atendem aos consumidores finais. Para esse efeito, foi desenvolvido pela EPE um sistema computacional, o Sistema Mensal de Acompanhamento do Mercado (SAM), administrado pela EPE.

O princípio que orienta o SAM é a contabilização da energia elétrica fornecida ao consumidor final nas principais classes de consumo, segundo o ambiente de contratação (cativo ou livre). As informações mensais coletadas no SAM do mercado de eletricidade realizado constituem a base de dados históricos utilizada para a elaboração das projeções do mercado eletricidade nacional.

Entre as informações reunidas pelo sistema SAM da EPE, para cada agente do setor elétrico, estão:

- *Consumo Cativo por classe de consumo;*
- *Consumo Livre por classe de consumo;*
- *Número de Unidades Consumidoras Cativas por classe de consumo;*
- *Número de Unidades Consumidoras Livres por classe de consumo;*
- *Suprimento à Permissionárias por classe de consumo;*

- *Consumo industrial aberto pelos ramos da indústria, conforme classificação CNAE2.0 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).*

Após o ciclo mensal de coleta de dados do SAM, a EPE realiza o processamento, consolidação e análise das informações contabilizadas a fim elaborar a Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica, cujo objetivo é apresentar as principais estatísticas e a análise da evolução mensal do mercado de energia elétrica nacional e regional.¹

Os dados mensais prévios coletados pelo sistema SAM no ano base são validados anualmente e disponibilizados de forma detalhada no ano seguinte pelos agentes através do Sistema de Informações de Mercado para Planejamento do Setor Elétrico (SIMPLES). Nesta coleta anual, as informações do consumo de eletricidade na rede e do número de unidades consumidoras são disponibilizadas por subsistema elétrico, classes de consumo e níveis de tensão na rede, conforme classificação estabelecida na Resolução Normativa ANEEL nº 414 de 09 de setembro de 2010.

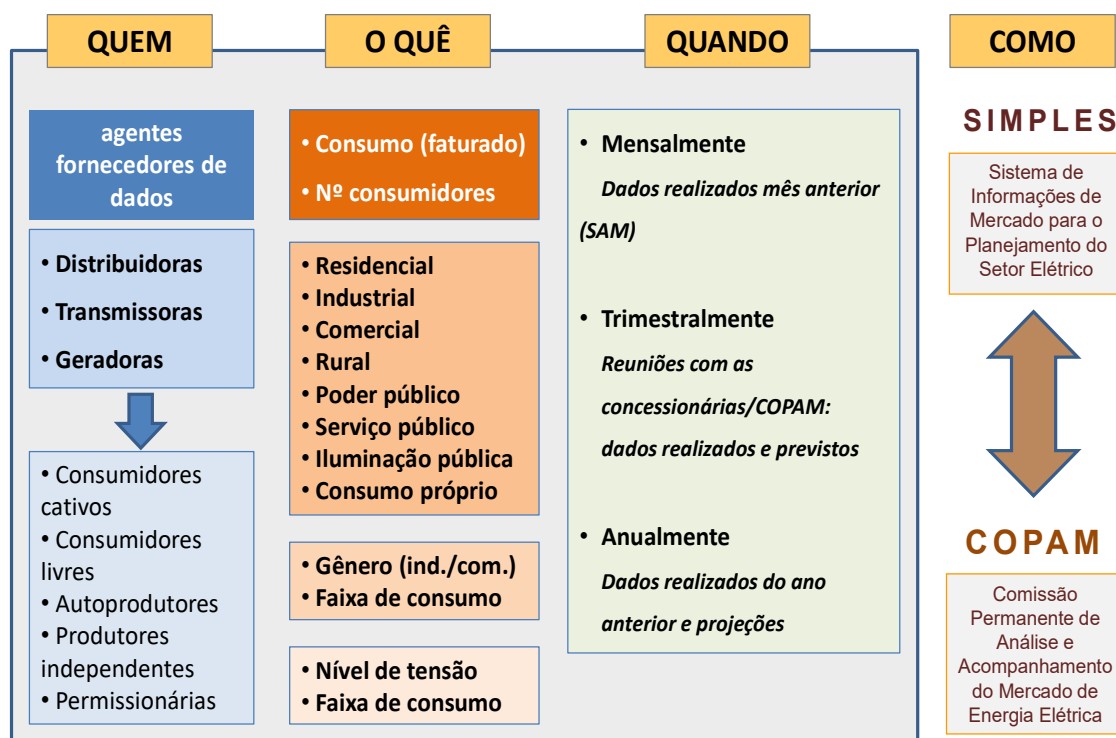


Figura 4 – Quadro geral das estatísticas de consumo de energia elétrica

Com os dados coletados no SIMPLES, a EPE faz o mesmo trabalho de contabilização e análise descrito acima para o SAM de modo a produzir o Anuário Estatístico de Energia Elétrica, de

¹ As edições da Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica podem ser acessadas em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/resenha-mensal-do-mercado-de-energia-eletrica>

periodicidade anual. As estatísticas apresentadas no Anuário Estatístico consolidam as informações publicadas em caráter preliminar nas edições regulares da Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica para o ano base.²

Todo este trabalho de coleta, validação e análise dos dados realizada pela EPE junto aos agentes do mercado de energia elétrica é desenvolvido sob o âmbito da Comissão Permanente de Análise e Acompanhamento do Mercado de Energia Elétrica (COPAM), sob coordenação da EPE, e participação de representantes das concessionárias, em especial, as distribuidoras de energia elétrica, além de instituições como o ONS, a CCEE e o Ministério de Minas e Energia (MME). Neste contexto, também são realizadas reuniões, com periodicidade quadrimestral, para apresentações e discussões das estatísticas de consumo de eletricidade consolidadas pela EPE mensal (SAM) e anualmente (SIMPLES), além de traçar perspectivas para o mercado de energia elétrica nacional.

Os dados do consumo de energia elétrica na rede coletados pelos sistemas SAM e SIMPLES também servem de subsídio à elaboração do Balanço Energético Nacional (BEN) e agregados à parcela relativa de autoprodução nos setores de consumo compõem a demanda final de eletricidade do país. Além disso, estas informações estatísticas constituem ponto de partida nos estudos relacionados ao planejamento da expansão do setor elétrico brasileiro, mais especificamente, nos modelos de projeção de demanda de energia elétrica.

BOX 1 - Classes de Consumo de Energia Elétrica

Os sistemas SAM e SIMPLES da EPE trabalham com as seguintes classes de consumo de energia elétrica, definidas pela Resolução Normativa ANEEL nº 414 de 09 setembro de 2010:

Classe Residencial: refere-se ao conjunto de unidades consumidoras com fim residencial, considerando-se as seguintes subclasses:

- Residencial;
- Residencial baixa renda;
- Residencial baixa renda indígena;
- Residencial baixa renda quilombola;
- Residencial baixa renda benefício de prestação continuada da assistência social.

Classe Industrial: engloba o conjunto de unidades consumidoras em que sejam desenvolvidas atividades industriais, conforme definido na Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, assim como o transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio, desde que realizado de forma integrada fisicamente à unidade consumidora industrial.

Classe Comercial, Serviços e Outras Atividades: compreende as unidades consumidoras em que seja exercida atividade comercial ou de prestação de serviços, à exceção dos serviços públicos ou de outra

² As edições do Anuário Estatístico de Energia Elétrica podem ser acessadas em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>

atividade não prevista nas demais classes, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

- Comercial;
- Serviços de transporte, exceto tração elétrica;
- Serviços de comunicações e telecomunicações;
- Associação e entidades filantrópicas;
- Templos religiosos;
- Administração condominial: iluminação e instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações;
- Iluminação em rodovias: solicitada por quem detenha concessão ou autorização para administração em rodovias;
- Semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, solicitados por quem detenha concessão ou autorização para controle de trânsito;
- Outros serviços e outras atividades.

Classe Rural: compreende as unidades consumidoras que desenvolvam atividades de agricultura, pecuária ou aquicultura, dispostas nos grupos 1.1 a 1.6 ou 3.2 da CNAE, considerando-se as seguintes subclasses:

- Agropecuária rural;
- Agropecuária urbana;
- Residencial rural;
- Cooperativa de eletrificação rural;
- Agroindustrial;
- Serviço público de irrigação rural;
- Escola agrotécnica;
- Aquicultura.

Classe Poder Público: inclui as unidades consumidoras de pessoa jurídica de direito público que assumam as responsabilidades inerentes à condição de consumidor, incluindo a iluminação em rodovias e semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, exceto aqueles classificáveis como serviço público de irrigação rural, escola agrotécnica, iluminação pública e serviço público, considerando-se as seguintes subclasses:

- Poder público federal;
- Poder público estadual ou distrital;
- Poder público municipal.

Classe Iluminação Pública, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público ou por esta delegada mediante concessão ou autorização: engloba iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, logradouros de uso comum e livre acesso, inclusive a iluminação de monumentos, fachadas, fontes luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, exceto o fornecimento de energia elétrica que tenha por

objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade, ou para realização de atividades que visem a interesses econômicos.

Classe Serviço Público: refere-se ao consumo de energia elétrica exclusivo para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana ou ferroviária, explorados diretamente pelo poder público ou mediante concessão ou autorização, considerando-se as seguintes subclasses:

- Tração elétrica;
- Água, esgoto e saneamento.

Classe Consumo Próprio: compreende o consumo de energia elétrica das instalações da distribuidora. Algumas concessionárias informam nesta classe o consumo interno de usinas.

A classe de consumo **Outras Classes** representa a agregação dos consumos das classes Rural, Poder Público, Iluminação Pública, Serviços Públicos e Consumo Próprio.

2.2. Premissas Econômicas e de População

Além das estatísticas de consumo de eletricidade, são atividades prévias fundamentais para o Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade (MDE) a elaboração dos cenários macroeconômicos, a definição das premissas básicas setoriais e as projeções da população e domicílios.

A primeira etapa consiste no estudo de cenários macroeconômicos, resultando na sinalização das principais configurações consideradas possíveis para a evolução futura da economia e da sociedade brasileira. Esses cenários constituem o pano de fundo que orienta as projeções do mercado de energia elétrica e o próprio planejamento decenal do setor como um todo.

Geralmente, consideram-se cenários ou trajetórias alternativas para a evolução da economia brasileira, procedendo-se a estudos de sensibilidade dentro de uma faixa de possibilidades consideradas plausíveis.

O Modelo de Consistência Macroeconômica (MCM) utilizado pela EPE para a modelagem da macroeconomia brasileira está dividido nos blocos Setor Público, Setor Externo, Investimentos e Contas Nacionais e a sua ideia central é que, em um dado período, o dispêndio nacional seja totalmente financiado pela atividade doméstica ou externa. Neste sentido, o objetivo final desta modelagem é garantir que os cenários econômicos estejam consistentes com a evolução do Produto Interno Bruto (PIB) nacional no horizonte de projeção.

Os estudos e acompanhamentos setoriais são elaborados com o objetivo de estabelecer premissas básicas sobre alguns parâmetros explicativos da dinâmica da economia brasileira nos seus diferentes setores. É o caso, por exemplo, dos níveis de produção física de determinadas indústrias, da evolução do setor de serviços, do comércio e da agropecuária, entre outros. A

metodologia de projeção setorial envolve projetar, a partir dos estudos setoriais, o quanto de Valor Adicionado (VA) cada setor da economia contribui para cada ano do horizonte de projeção.

Adicionalmente, são elaboradas projeções de população e números de domicílios, variáveis também fundamentais na determinação do consumo de energia elétrica. Enquanto a projeção da população é baseada nas estatísticas elaboradas pelo IBGE, com algumas adaptações para considerar os anos civis dos cenários envolvidos, a projeção de número de domicílios se baseia nos dados históricos do Censo Brasileiro, também publicado pelo IBGE.

Ressalta-se que, no desenvolvimento dos trabalhos, a EPE promove reuniões periódicas com os agentes do setor elétrico (ONS, CCEE, ANEEL, concessionárias de distribuição, entre outros) e com especialistas de diversas áreas, onde são apresentados, discutidos e analisados os resultados parciais dos cenários, das premissas e das projeções do mercado de energia elétrica. Tais reuniões são da maior importância e, seguramente, trazem contribuições que enriquecem muito o conteúdo das publicações da EPE.



Figura 5 – Estudos setoriais da economia brasileira

2.3. Premissas de Eficiência Energética

As curvas de evolução dos rendimentos energéticos obtidas a partir das edições do Balanço de Energia Útil (BEU) são insumos para a elaboração das premissas de eficiência energética do MDE. O BEU publicado em 2005 apresenta as informações do último balanço de energia útil realizado, referente ao ano de 2004, bem como disponibiliza os dados relativos às duas edições anteriores (1984 e 1994). As informações são apresentadas por setores da economia, por classes de

consumo, por fontes energéticas e por uso final (força motriz, calor de processo, aquecimento direto, refrigeração, iluminação, eletroquímica e outros usos). O BEU apresenta, ainda, rendimentos denominados de referência, que representam uma referência da eficiência no estado da arte em termos tecnológicos.

Para as classes de consumo comercial, outras classes e indústria tradicional, as premissas de eficiência são baseadas no histórico e em rendimentos potenciais disponíveis no BEU. Para os grandes consumidores industriais é realizada uma avaliação da eficiência energética de cada ramo industrial, com base tanto na penetração tecnológica das plantas industriais quanto nos ganhos esperados de rendimento existentes no BEU de cada segmento da indústria. Para a classe de consumo residencial, é utilizado o Modelo de Projeção de Energia do Setor Residencial (MSR), onde é feita uma análise desagregada dos principais equipamentos residenciais até se chegar em um valor da eficiência da própria classe.

O MSR é um modelo do tipo técnico-paramétrico baseado na abordagem *bottom-up*, em que se parte de dados e informações desagregadas dos equipamentos residenciais para a obtenção das projeções do consumo de energia da classe residencial.

BOX 2 – Estatísticas de projeções do SIMPLES

Além dos dados realizados de consumo de eletricidade e número de unidades consumidoras por subsistema elétrico, classes de consumo e tensão na rede, o sistema SIMPLES possibilita a EPE coletar informações de projeções do mercado de eletricidade dos agentes do setor, em especial das concessionárias de distribuição de energia elétrica. Neste sentido, a EPE faz a coleta anual das projeções mensais e anuais destas informações no horizonte do PDE, ou seja, o período envolvido são os 10 anos subsequentes a partir do ano base.

Dentre os objetivos deste trabalho da EPE de obtenção das projeções utilizadas pelos agentes do setor, estão:

- Entender como os agentes realizam as suas projeções, ou seja, quais são as metodologias e modelos utilizados de projeções de dados de energia elétrica e como eles podem contribuir para subsidiar melhorias no MDE;
- Calibrar trajetórias do MDE relacionadas a projetos industriais e segmentos específicos, verificando se os resultados proporcionados por este modelo estão de acordo com os projetados pelos agentes do setor;
- Subsidiar a CCEE com as projeções de consumo de eletricidade para os dois anos a partir do ano base, no processo de sazonalização da carga das concessionárias de distribuição de energia elétrica;
- Subsidiar o MME especialmente no que se refere ao envio das projeções do mercado de eletricidade das concessionárias de distribuição de energia elétrica.

Além dos dados projetados de consumo de eletricidade e de número de unidades consumidoras, também são coletadas pelo sistema SIMPLES as seguintes informações de projeção:

- **Saldo de intercâmbios:** compreende a diferença entre suprimentos e recebimentos observados entre os subsistemas elétricos e são realizados de modo a atender áreas específicas de empresas integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN);
- **Suprimento a empresas (Sistema Interligado):** refere-se ao suprimento de energia elétrica para atender

às empresas integrantes do SIN que tiveram consumo inferior a 500 GWh e que não participam da compra de eletricidade a partir de leilões;

- **Suprimento a empresas (Sistemas Isolados):** refere-se ao suprimento de energia elétrica para atender às empresas integrantes dos Sistemas Isolados;

- **Suprimento a permissionárias:** refere-se ao suprimento de energia elétrica para atender às permissionárias de energia elétrica;

- **Perdas Totais:** refere-se às perdas técnicas e não-técnicas contabilizadas pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica da seguinte forma:

- transmissão \geq 230 kV e DIT (demais instalações de transmissão);
- transmissão da distribuição entre 69 kV e 230 kV;
- distribuição \leq 69 kV.

- **Geração Distribuída:** refere-se ao total de energia elétrica injetada na rede por meio da geração distribuída existente na área de concessão das distribuidoras, dividida em:

• **Própria:** total da geração distribuída (hidráulica, térmica, eólica e fotovoltaica) de todas as usinas conectadas ao sistema das concessionárias de distribuição de energia elétrica e não despachadas centralizadamente pelo ONS, conforme Resoluções Normativas ANEEL nº 414 de 09 de setembro de 2010 e nº 687 de 24 de novembro de 2015;

• **Adquirida de outros:** total da geração distribuída (hidráulica, térmica, eólica e fotovoltaica) das usinas conectadas ao sistema das concessionárias de distribuição de energia elétrica, não despachadas centralizadamente pelo ONS e de propriedade de outros agentes, conforme Resoluções Normativas ANEEL nº 414 de 09 de setembro de 2010 e nº 687 de 24 de novembro de 2015;

• **Micro e Mini GD (RN482):** total de energia elétrica injetada na rede por meio das instalações que utilizam micro e mini geração distribuída, por classes de consumo;

- **Demanda Máxima na Ponta do Sistema:** refere-se à demanda máxima instantânea da empresa no horário da ponta do sistema, conforme definido nos Procedimentos de Rede do ONS;

- **Demanda Máxima da Empresa:** refere-se à demanda máxima instantânea da empresa independente do horário em que ocorra.

3 Principais Conceitos da Modelagem

Nesta seção estão descritos os principais conceitos e variáveis envolvidos no Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade (MDE).

Em relação às principais variáveis explicativas do modelo, a análise dos seus comportamentos históricos e de suas relações revela informações de grande interesse, tanto em nível regional quanto nacional. Com efeito, as projeções devem se mostrar aderentes às premissas estabelecidas para tais variáveis e relações, guardando compatibilidade com seus comportamentos históricos e com suas evoluções à luz dos cenários considerados.

Na sequência, indicam-se os principais conceitos utilizados na modelagem do consumo de eletricidade:

- 1) **Autoprodução clássica: produção de eletricidade não injetada na rede (GWh):** É o montante de energia elétrica gerado “*in situ*”, consumido pelo próprio agente autoprodutor e que, por isso, não é injetado na rede. Por esta característica, não está contabilizado nos sistemas SAM e SIMPLES da EPE.

No MDE, este montante é segmentado em duas parcelas, relacionadas aos grandes consumidores eletrointensivos industriais (*item 13*) e aos demais setores (Exploração e Produção de Petróleo, Refino de Petróleo, ramo Sucroalcooleiro e Outros setores autoprodutores).

- 2) **Consumidores cativos:** O fornecimento de eletricidade para esta categoria de consumidor se dá obrigatoriamente pela concessionária de distribuição de energia elétrica da área de concessão onde ele está situado.
- 3) **Consumidores não-cativos:** Esta categoria de consumidor adquire sua eletricidade através de negociação no ambiente de contratação livre, não estando obrigado a adquirir da concessionária de distribuição de energia elétrica da área de concessão onde esteja situado. Estão incluídos nesta categoria, consumidores livres, consumidores especiais, autoprodutores e produtores independentes.
- 4) **Consumo de energia elétrica na rede (GWh):** É o consumo de eletricidade demandado da rede pelos consumidores cativos (*item 2*) e não-cativos (*item 3*) do mercado de energia elétrica brasileiro. É contabilizado pelos sistemas SAM (mensal) e SIMPLES (anual) da EPE.

A EPE compõe a sua base nacional de dados de consumo eletricidade na rede, incluindo, além do consumo no Sistema Interligado Nacional (SIN), a parcela consumida na rede dos Sistemas Isolados.

- 5) **Consumo total de energia elétrica (GWh):** Representa o total de eletricidade consumido, independente da origem, ou seja, é a agregação da autoprodução clássica (*item 1*) com o consumo de energia elétrica na rede (*item 4*).
- 6) **Carga global de energia elétrica (MWh médio):** Representa a apuração da geração de eletricidade em sua totalidade que atenda a carga total do sistema, ou seja, é a totalidade da energia elétrica gerada no âmbito do SIN injetada nos sistemas de transmissão e distribuição para suprir não apenas o consumo de energia elétrica das unidades consumidoras, mas também as perdas internas de redes e instalações de geração, transmissão e distribuição e demais diferenças do sistema.

O requisito energético total é formado pela agregação do consumo de energia elétrica na rede, da parcela referente às perdas físicas no sistema e das parcelas referentes a demais diferenças na representação física no sistema.

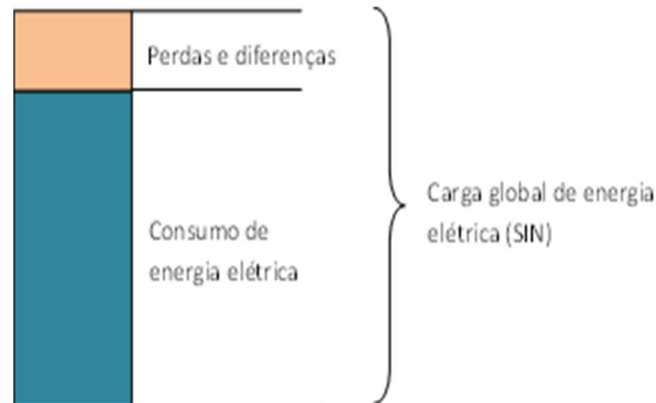


Figura 4 – Carga global de energia elétrica do SIN

Para maiores informações sobre este conceito e de como ele é abordado pelas instituições do setor, pode-se consultar a Nota Técnica publicada em conjunto pela EPE, ONS e CCEE (vide seção Referências deste documento).

- 7) **Perdas e Diferenças:** Engloba as chamadas perdas técnicas nas redes de transmissão e distribuição e as denominadas perdas não técnicas, que consideram ligações irregulares e clandestinas, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição, efeito calendário, entre outros efeitos. Adicionalmente, as perdas totais contabilizam outras diferenças relativas aos próprios conceitos utilizados de Carga global (ONS/CCEE) e de Consumo de energia elétrica na rede (EPE), como é o caso de alguns consumidores livres conectados na rede básica que possuem autoprodução de eletricidade, cujo consumo é integralmente considerado na Carga global (*item 6*), porém, não está contabilizado no Consumo na rede (*item 4*).

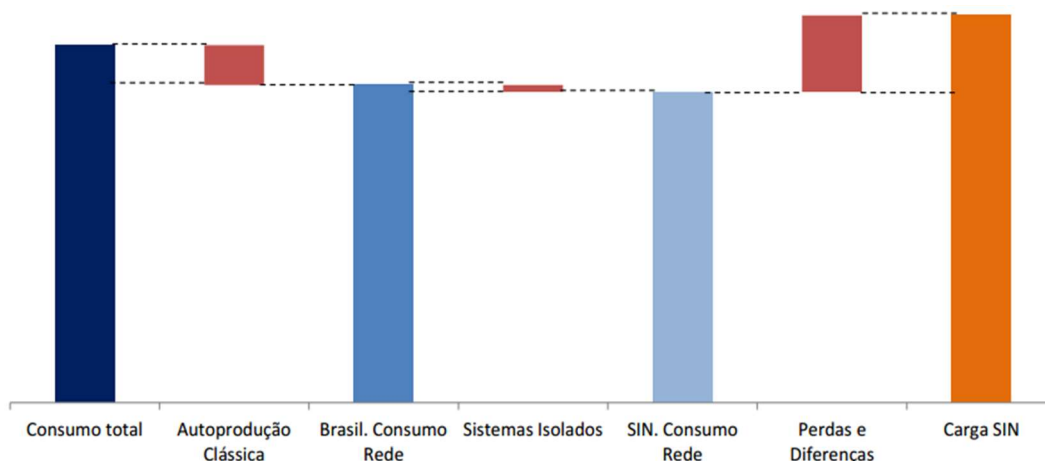


Figura 6 – Composição do Consumo e da Carga de energia elétrica

Para maiores informações sobre este conceito e de como ele é abordado pelas instituições do setor, pode-se consultar a Nota Técnica publicada em conjunto pela EPE, NOS e CCEE (vide seção Referências deste documento).

- 8) **Demanda Integrada:** Ponta do sistema integralizada em uma hora (MWh/h).

Pode ser calculada pela seguinte identidade:

$$\text{Demanda Integrada (MWh/h)} = \text{Carga SIN (MWmédio)} / \text{Fator de Carga (\%)}$$

- 9) **Demanda Instantânea:** Ponta do sistema integralizada em um minuto (MW).

Pode ser calculada pela seguinte identidade:

$$\text{Demanda Instantânea (MW)} = \text{Demanda Integrada (MWh/h)} \times \text{Relação Instantânea/Integrada}$$

- 10) **Eficiência Energética:** Capacidade de prover a mesma energia útil para determinado serviço energético consumindo-se menos recursos (%).

As principais variáveis utilizadas para a projeção do consumo de eletricidade de cada classe de consumo estão descritas a seguir:

- 11) **Classe residencial:**

- Relação entre o número de unidades consumidoras residenciais e a população (NCR/Pop);
- Consumo médio por consumidor residencial (CPC): Representa o consumo médio de energia elétrica de uma unidade consumidora residencial;

- Elasticidade-renda do consumo médio por consumidor residencial: Representa o quanto varia o consumo médio de energia elétrica por consumidor residencial em relação à variação em uma unidade do PIB nacional;
- Perspectivas de eficiência energética nas residências.

12) **Classe comercial:**

- Relação entre o consumo comercial e a população (CC/Pop);
- Elasticidade-renda do consumo comercial per capita: Representa o quanto varia o consumo comercial de energia elétrica per capita em relação à variação em uma unidade do PIB nacional;
- Perspectivas de eficiência energética no setor de comércio e serviços.

13) **Classe industrial – Grandes consumidores industriais eletrointensivos:**

Envolve os seguintes ramos industriais eletrointensivos:

- *Cadeia do Alumínio (Bauxita, Alumina e Alumínio Primário);*
- *Metalurgia do Aço (Siderurgia, Pelotização e Ferro-ligas);*
- *Cobre;*
- *Química (Petroquímica e Soda-Cloro);*
- *Papel e Celulose (Papel, Celulose e PAR);*
- *Cimento*
- Elasticidade-renda do consumo relacionado a cada segmento da indústria: Representa o quanto varia o consumo de energia elétrica de cada ramo industrial em relação à variação em uma unidade do PIB nacional;
- Capacidade instalada de produção: Representa a evolução anual da capacidade instalada de cada ramo industrial. Incluem novas plantas industriais, descomissionamento de fábricas, adição de capacidade, entre outros;
- Produção física setorial: Representa a evolução anual da produção física de cada ramo industrial;
- Consumos específicos setoriais de energia elétrica: Representa o consumo específico de cada ramo industrial relacionado as suas respectivas tecnologias;

- Relação Exportação/Produção: Representa a relação da produção nacional com o quanto deste valor é direcionado para as vendas externas (exportações);
- Relação Importação/Demanda Interna: Representa a relação da demanda interna nacional com o quanto deste valor é atendido pelas compras externas (importações);
- Perspectivas de eficiência energética em cada ramo industrial;
- Perspectivas de autoprodução e cogeração: Perspectivas de evolução da autoprodução e da cogeração em cada ramo industrial.

14) **Classe industrial – Indústria tradicional:**

Envolve os demais ramos industriais não intensivos em eletricidade.

- Elasticidade-renda do consumo industrial: Representa o quanto varia o consumo de energia elétrica destes ramos industriais em relação à variação em uma unidade do PIB nacional;
- Perspectivas de eficiência energética nestas indústrias;
- Perspectivas de autoprodução e cogeração: Perspectivas de evolução da autoprodução e da cogeração nestas indústrias.

15) **Classe Outras Classes:**

Envolve a agregação do consumo de energia elétrica das classes Rural, Poder Público, Iluminação Pública, Setor Público e Consumo Próprio (conforme SAM/SIMPLES).

- Elasticidade-renda do consumo Outras Classes per capita (CO/Pop): Representa o quanto varia o consumo de energia elétrica das Outras Classes per capita em relação à variação em uma unidade do PIB nacional;
- Perspectivas de eficiência energética nas Outras Classes.

4 Metodologia

No Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade (MDE) foi adotada uma abordagem metodológica mista, que se caracteriza por utilizar configurações agregadas do mercado de eletricidade e algumas variáveis explicativas mais importantes, como o Produto Interno Bruto (PIB) e a população/demografia, aliada a aspectos intrínsecos de uma abordagem *bottom-up*, como a projeção da demanda de energia elétrica dos segmentos industriais eletrointensivos através de variáveis desagregadas que tentam explicar esta parte do consumo industrial de energia elétrica.

4.1 Metodologia de projeção do consumo de eletricidade

A projeção do consumo de energia elétrica na rede se baseia nas segmentações de classes de consumo (Residencial, Industrial, Comercial e Outras Classes) e de subsistemas elétricos (Norte, Nordeste, Sul, Sudeste/Centro-Oeste e Sistemas Isolados) disponíveis nos sistemas SAM e SIMPLES da EPE. A partir da agregação das projeções da demanda de eletricidade de cada classe, obtém-se o consumo de energia elétrica na rede. Para a obtenção do consumo total de eletricidade, ainda há de ser adicionado o montante de consumo advindo de autoprodução não injetada na rede.

As projeções por classe de consumo se baseiam na evolução de alguns parâmetros característicos do correspondente segmento de mercado, bem como na evolução do PIB e da População, conforme a figura a seguir:

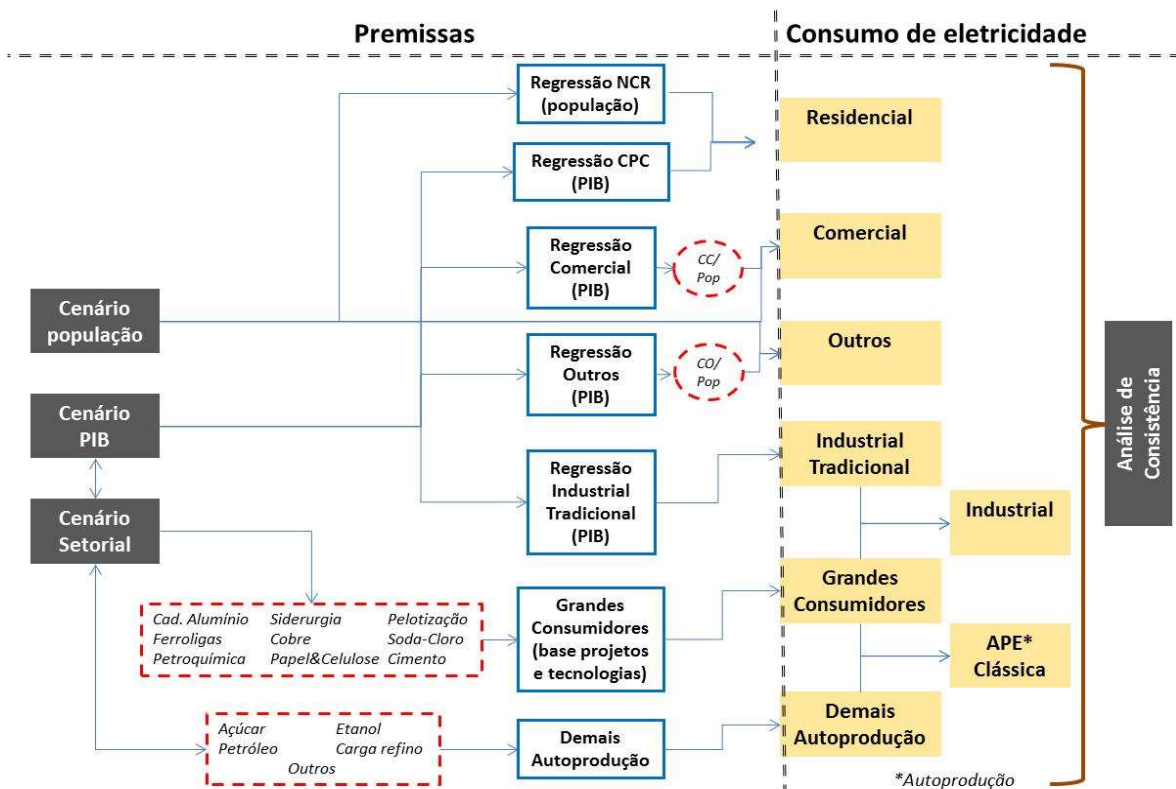


Figura 7 – Metodologia de projeção do consumo total de energia elétrica

4.1.1 Consumo residencial

Na classe de consumo residencial, a demanda de eletricidade em cada subsistema elétrico é obtida através da projeção de duas variáveis: o Número de Consumidores Residenciais (NCR), projetado em consonância com o ritmo de crescimento da população e com a expectativa de evolução do número de habitantes por domicílio (hab/dom), como *proxy* da razão (NCR/Pop), em cada subsistema e o Consumo Médio por Consumidor Residencial (CPC), em bases mensais, com elasticidade correlacionada ao PIB nacional. As projeções do consumo residencial de energia elétrica são obtidas, portanto, pela identidade:

$$\text{Projeção do consumo residencial} = \text{NCR} \times \text{CPC} \times 12$$

É importante ressaltar que é realizada consistência das projeções do consumo residencial obtidas pelo MDE com o Modelo de Projeção de Energia do Setor Residencial (MSR), onde há a desagregação do consumo residencial do país nos principais equipamentos utilizados nas residenciais, considerando posse, hábitos e tecnologias, além de um montante do consumo advindo de outros equipamentos. Com a interação entre os dois modelos, também é possível obter a projeção da eficiência energética para a classe residencial no horizonte em estudo.

4.1.2 Consumo comercial

Na classe de consumo comercial, é realizada a regressão da elasticidade da variável Consumo Comercial per capita (CC/Pop) com o PIB nacional. Através deste método, é possível projetar o consumo comercial de energia elétrica sob influência dos cenários de população e da economia (evolução do PIB nacional).

4.1.3 Consumo Outras Classes

Na classe de consumo Outras Classes, é realizada a regressão da elasticidade da variável Consumo Outras Classes per capita (CO/Pop) com o PIB nacional, de maneira similar ao consumo da classe comercial.

4.1.4 Consumo industrial

Na classe de consumo industrial, faz-se a projeção em separado da demanda de energia elétrica dos grandes consumidores industriais eletrointensivos e dos demais consumidores da indústria, representando a demanda total da classe a agregação das duas parcelas. Esta separação é necessária em virtude da grande quantidade de eletricidade que os eletrointensivos demandam da rede elétrica, necessitando, portanto, de um acompanhamento e análise mais apurados.

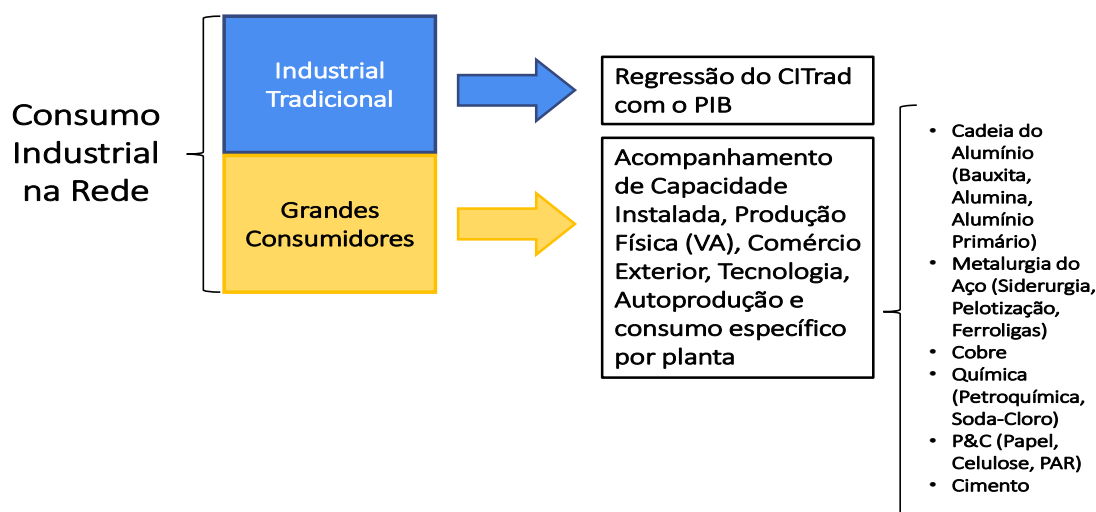


Figura 8 – Metodologia de projeção do consumo industrial de energia elétrica

4.1.4.1 Grandes consumidores industriais eletrointensivos

Os grandes consumidores industriais eletrointensivos pertencem aos ramos da indústria nacional responsáveis pela maior demanda de eletricidade e, por isso, necessitam ser acompanhados de perto, pois quaisquer mudanças no funcionamento de suas plantas industriais (desligamento, alteração na produção, criação de nova unidade, novas tecnologias de produção, entre outros) causam grande impacto no consumo de energia elétrica proveniente da rede. São considerados grandes consumidores de eletricidade as cadeias do Alumínio, Aço, Cobre, Soda-Cloro, Petroquímica, Papel e Celulose e Cimento.

Em alguns destes segmentos industriais, uma grande parcela de seu consumo de eletricidade é realizada através da autoprodução clássica, que varia no tempo conforme a tecnologia e o ritmo de crescimento do setor. Assim, a demanda total de eletricidade relativa a estes grandes consumidores industriais é formada pelo consumo na rede mais a autoprodução clássica.

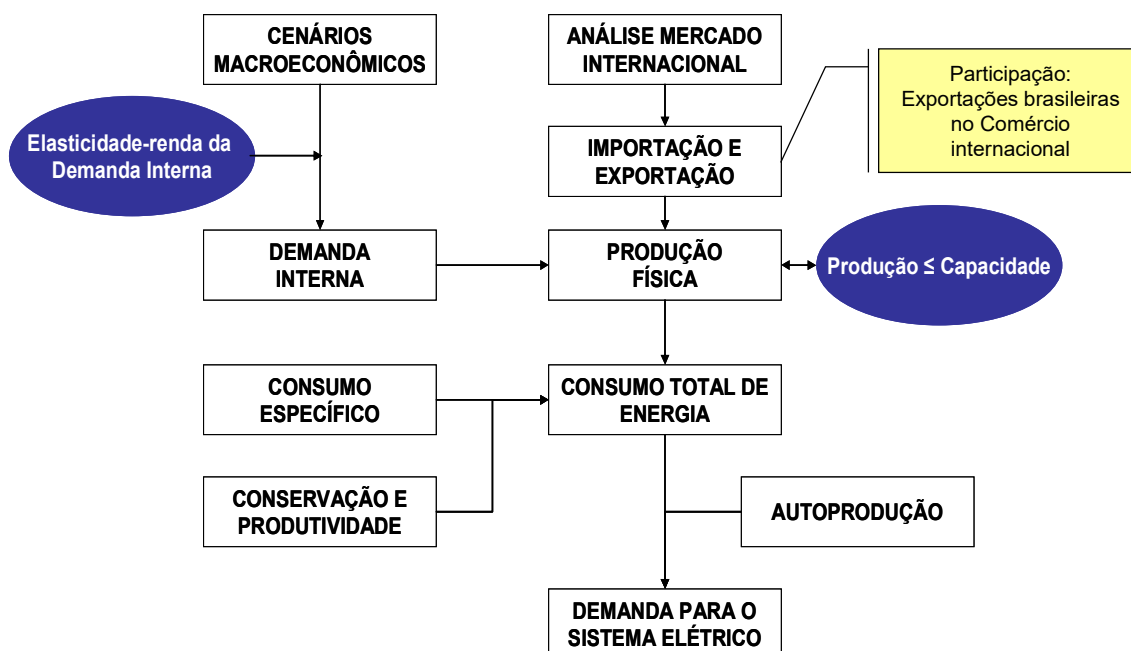


Figura 9 – Metodologia de projeção dos grandes consumidores industriais eletrointensivos

A projeção do consumo total de energia elétrica dos grandes consumidores industriais é feita a partir das perspectivas de evolução da produção física das plantas industriais e dos seus respectivos consumos específicos de energia elétrica (kWh por tonelada), segundo as premissas tecnológicas adotadas para o horizonte em estudo.

Para cada um dos setores industriais, é realizada a análise das perspectivas de evolução futura da produção física alinhadas com o respectivo valor adicionado adotado nos cenários econômicos utilizados. A demanda interna é projetada com base em sua elasticidade/PIB, que é um parâmetro exógeno da projeção. Os níveis de importação e exportação levam em conta a evolução da participação brasileira no comércio internacional e a análise das relações Exportação/Produção (%) e Importação/Demanda Interna (%). As evoluções futuras dos parâmetros elasticidade/PIB da demanda interna, Exportação/Produção (%) e Importação/Demanda Interna (%) são avaliadas com base em seus comportamentos históricos e nas evoluções dos mercados interno e externo, bem como em informações das próprias indústrias e respectivas associações de classe. A análise dos indicadores mencionados converge para uma evolução da produção física alinhada às perspectivas setoriais e às variações dos valores adicionados de cada segmento industrial levantadas nos cenários econômicos.

Em relação às projeções da produção física de cada planta industrial, são levadas em conta as perspectivas de expansão, ampliação, redução e descomissionamento da capacidade instalada,

de forma que esta não se constitua em um gargalo para a produção. Sendo assim, são realizadas análises da instalação de novas unidades produtivas, ampliações anunciadas e das tendências de cada setor, baseando-se em aspectos de suprimento das principais matérias primas, logística em relação ao mercado nacional e internacional, entre outros.

Em relação aos consumos específicos, consideram-se diferentes valores dependendo da tecnologia de cada planta industrial, baseando-se em perspectivas de evolução tecnológica e comparações com padrões internacionais. Cabe destacar que, na formulação destas hipóteses, levam-se em conta as diferenças entre as unidades produtivas, caracterizadas pelo uso de processos e tecnologias diferentes num mesmo setor. É o caso, por exemplo, do setor de ferro-ligas, cujo consumo específico é muito variável em função dos tipos de ferro-ligas produzidos.

As premissas de autoprodução para os grandes consumidores industriais são elaboradas com base no potencial de autoprodução e na pesquisa dos projetos de autoprodução dessas indústrias. É o caso, por exemplo, das plantas industriais de Papel e Celulose que, pelas suas características de processo, utilizam rejeitos de sua própria indústria como fonte de energia. Portanto, admite-se que quase a totalidade da expansão futura da capacidade de produção de celulose seja atendida via cogeração de energia (autoprodução).

Ressalta-se que também são incorporadas medidas de eficiência energética, admitindo-se, em alguns casos, uma redução gradual do consumo específico de eletricidade, levando-se em conta padrões internacionais.

4.1.4.2 Indústria tradicional

O restante do consumo de energia elétrica na rede da classe industrial, aqui denominado “indústria tradicional” (CITrad), tem projeção da elasticidade correlacionada ao PIB nacional.

BOX 3 – Fatores de Deslocamento das Elasticidades

Nas projeções dos parâmetros CPC, CC/Pop, CO/Pop e CITrad são realizadas regressões das elasticidades-renda com o PIB nacional, de modo a calibrar as elasticidades para o Brasil. As elasticidades-renda dos subsistemas elétricos e Sistemas Isolados são obtidas deslocando-se as curvas obtidas para o Brasil, de modo que, em média, a agregação dos parâmetros dos subsistemas seja equivalente ao obtido através da regressão a nível nacional. Convencionou-se nomear de “Fatores de Deslocamento” os parâmetros de deslocamento das curvas de elasticidade em relação às curvas obtidas para o Brasil.

4.2 Autoprodução não-injetada

Para o Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade (MDE), a autoprodução não-injetada na rede no ano base é obtida do BEN (Balanço Energético Nacional). A evolução da autoprodução

é acompanhada de acordo com as características de evolução de cada ramo industrial, principalmente em se tratando dos grandes consumidores de energia elétrica da indústria.

Para a indústria tradicional, a autoprodução dos segmentos de Extração e Produção de Petróleo, Refino de Petróleo e setor Sucroalcooleiro é analisada em separado de acordo com a evolução desses setores disponibilizada pela Diretoria de Petróleo e Gás (DPG) da EPE. Para o restante da autoprodução clássica da indústria tradicional, faz-se uma análise de forma agregada.

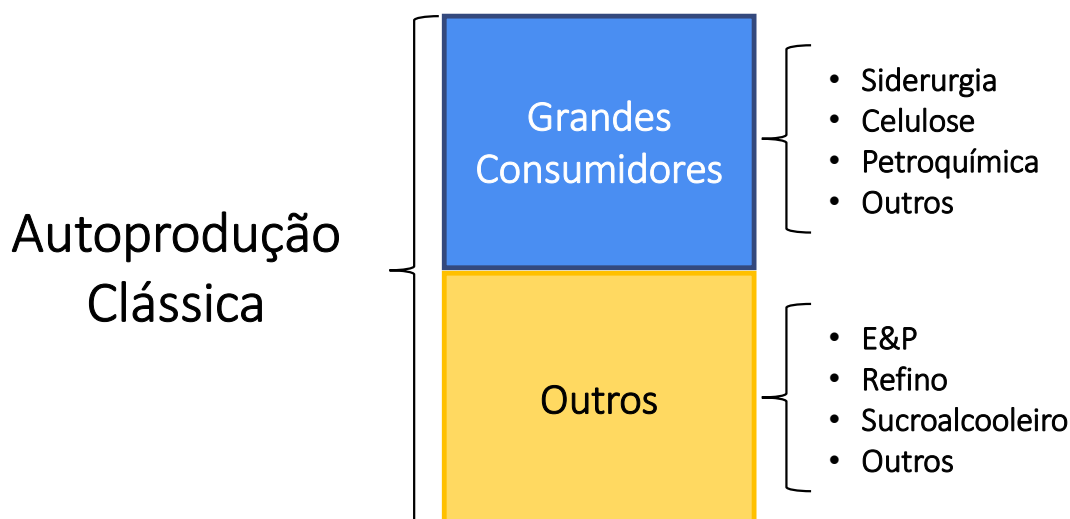


Figura 10 – Metodologia de projeção da autoprodução não-injetada na rede

4.3 Consumo total

Através de agregação das projeções dos consumos de energia elétrica na rede, já considerando a eficiência energética, tanto por classes de consumo quanto por subsistemas elétricos (e Sistemas Isolados), é possível obter o consumo de eletricidade na rede com eficiência energética no Brasil e no Sistema Interligado Nacional (SIN). O consumo total de eletricidade é obtido a partir da soma do consumo de energia elétrica na rede com o consumo suprido por autoprodução não-injetada na rede.

A partir dos resultados da demanda de energia elétrica obtidos pelo MDE, são realizadas consistências energéticas com os demais modelos especialistas setoriais da EPE, como o módulo industrial do Modelo Integrado de Planejamento Energético (MIPE) e o Modelo de Projeção de Energia do Setor Residencial (MSR). Neste tipo de abordagem, é possível que seja realizada a substituição das fontes energéticas considerando-se diferentes rendimentos em serviços energéticos distintos.

O Modelo Integrado de Planejamento Energético (MIPE) é um modelo técnico-econômico que permite a projeção de demanda total de energia. O modelo possibilita avaliar a implicação de cenários prospectivos de padrões de uso da energia e estilos de desenvolvimento nas trajetórias de demanda de energia projetadas para o Brasil para o horizonte de análise.

4.4 Metodologia de projeção da carga de energia elétrica

A Carga Global de Energia Elétrica é definida como o requisito total de eletricidade a ser atendido pelo Sistema Elétrico Brasileiro – geração, transmissão e distribuição, seja de forma centralizada ou distribuída. Assim, a carga é uma medida composta pelo lado da oferta, correspondendo à energia elétrica total que deve ser produzida a fim de atender à demanda dos consumidores finais, após todas as perdas ocorridas ao longo das redes de transmissão e distribuição. A diferença entre a carga de Energia Elétrica e o consumo de eletricidade na rede é, genericamente, chamada de Perdas e Diferenças e compreende, de fato, as perdas técnicas (perdas elétricas), as perdas comerciais e a parcela de autoprodução clássica não injetada na rede que está presente na carga de energia elétrica, mas não se encontra no consumo de eletricidade na rede coletado pela EPE.

Normalmente, as perdas são expressas como percentual da carga, compondo o que se convencionou chamar de Índice de Perdas. A projeção da carga de energia é obtida a partir da projeção do consumo de energia elétrica e das premissas utilizadas sobre a evolução do Índice de Perdas. Sendo assim, a carga de energia elétrica anual pode ser calculada a partir do consumo de eletricidade pela seguinte identidade:

$$\text{Carga de Energia Elétrica} = \text{Consumo de Energia Elétrica} / (1 - \text{Índice de Perdas})$$

A figura a seguir detalha a modelagem de projeção do consumo de energia elétrica na rede nacional, do consumo de eletricidade total brasileiro (conceito BEN) e da carga de energia elétrica do SIN, com os respectivos efeitos da eficiência energética.

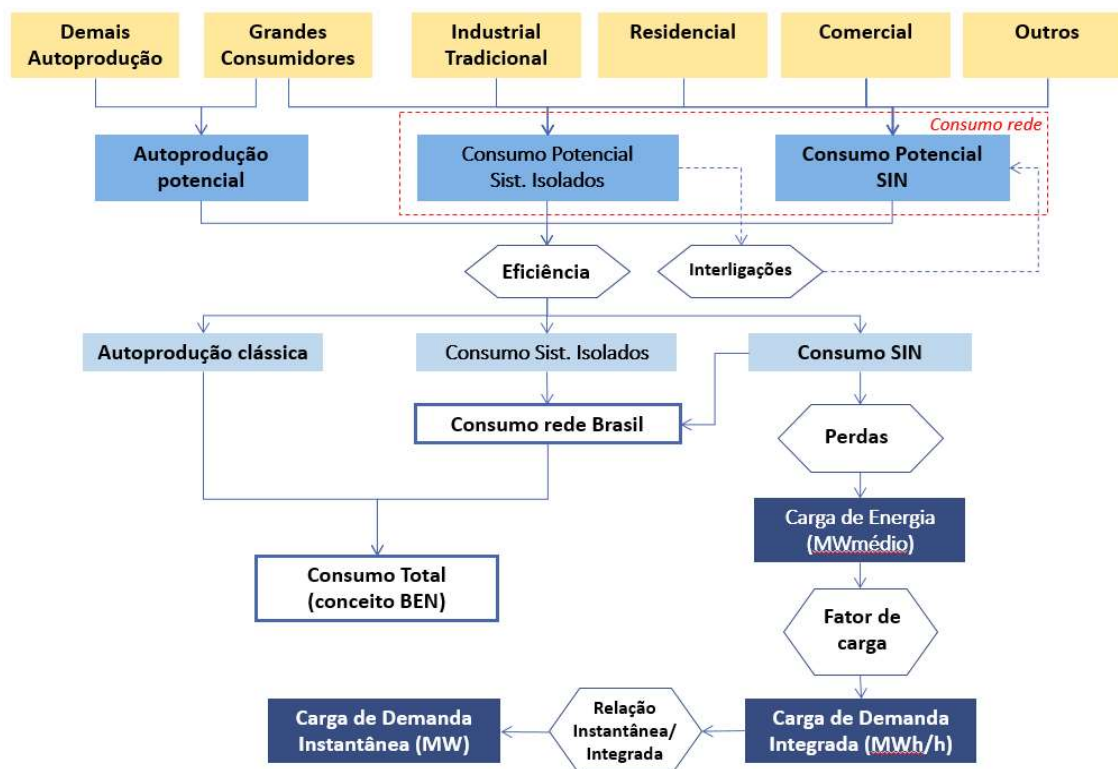


Figura 11 – Metodologia de projeção da carga de energia elétrica

4.5 Demandas integrada e instantânea

Assim como a carga de energia elétrica é o requisito de geração média para atender o consumo de eletricidade final ao longo de determinado período de tempo (dia, mês, ano etc.), a carga de demanda corresponde ao requisito de geração para atendimento do consumo final de energia elétrica em um dado instante. Por vezes, consideram-se variações do conceito da carga de demanda, tais como a demanda integralizada em uma hora ou a demanda integralizada em 1 minuto, que, para certos estudos, constitui “proxy” adequada da demanda instantânea.

A curva de carga de um sistema elétrico em um determinado período de tempo é constituída pela evolução da demanda instantânea ao longo do tempo, apresentando configurações muito distintas para cada subsistema elétrico e período. Um parâmetro básico característico dessa curva de carga é o chamado fator de carga, geralmente expresso em termos percentuais, que corresponde à relação entre a carga média (carga de energia elétrica) e a carga máxima (demanda máxima instantânea) no período considerado.

Em nossos estudos, considerou-se para a carga de demanda, o conceito de demanda integralizada em uma hora e o correspondente fator de carga, para o qual foram admitidas certas premissas de evolução. Desta forma, as projeções da carga de demanda foram obtidas dividindo-se a carga de energia elétrica projetada pelo correspondente fator de carga.

A agregação da carga de demanda por subsistema é obtida utilizando-se os fatores de diversidade entre eles, estimados com base em dados históricos e que tentam ser representativos da não simultaneidade da ponta (demanda máxima) nos diferentes subsistemas elétricos.

A carga de demanda anual é resultado do máximo projetado entre os valores mensais. A figura abaixo ilustra a metodologia de projeção da demanda integrada mensal:

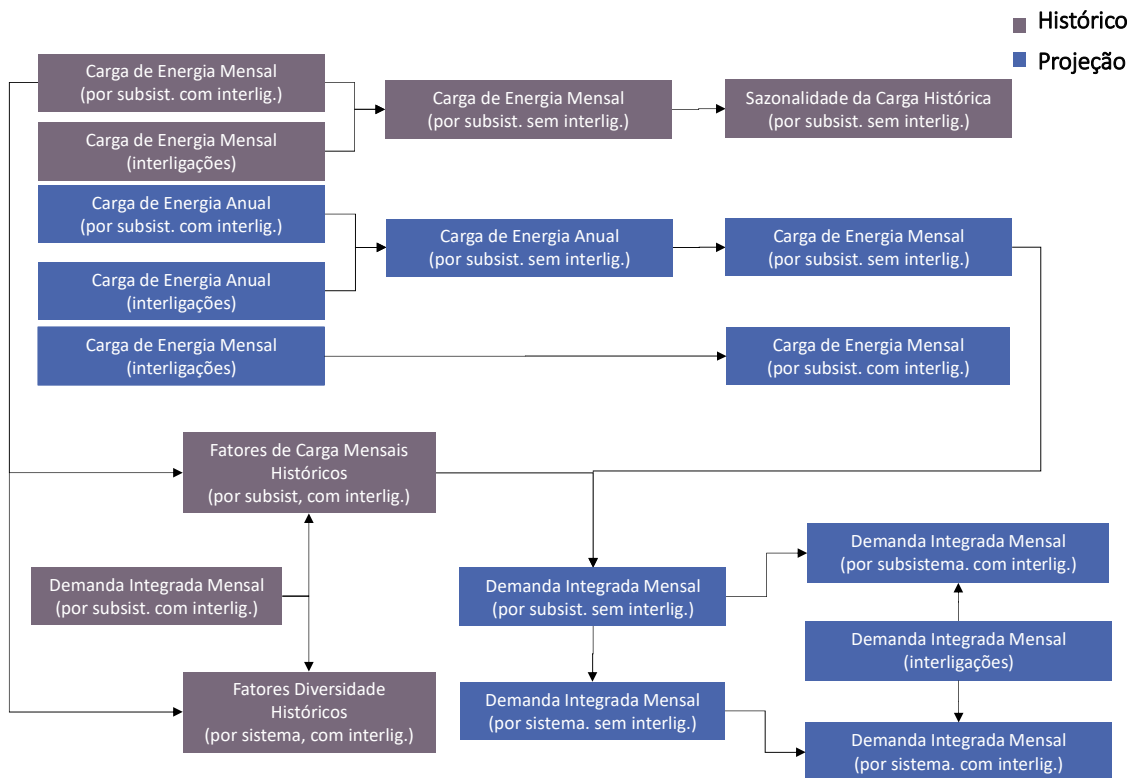


Figura 12 – Metodologia de projeção da demanda integrada

A demanda instantânea no ano também é obtida a partir da comparação dos máximos mensais. A figura a seguir apresenta a metodologia de projeção da demanda instantânea mensal, utilizando-se as relações instantânea/integrada:

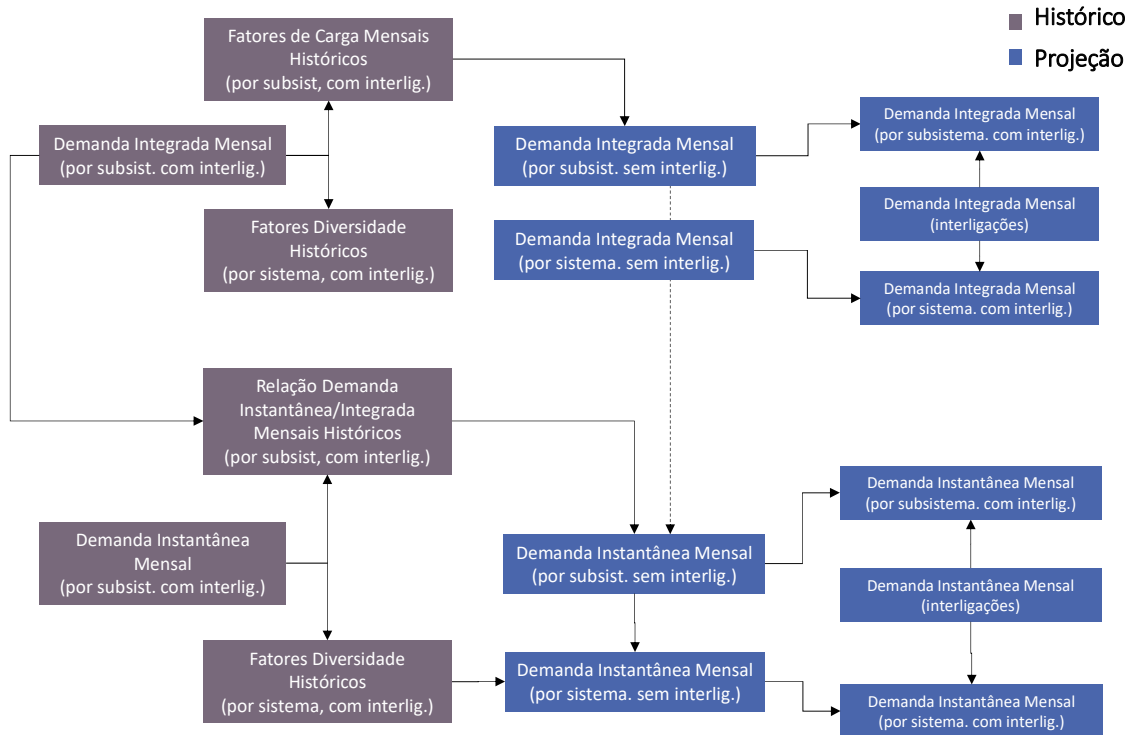


Figura 13 – Metodologia de projeção da demanda instantânea

BOX 4 – Previsão de 5 Anos e Revisões Quadrimestrais da Carga e do Consumo de Energia Elétrica

Ao final de cada ano, de acordo com os Procedimentos de Rede do ONS, as instituições do Setor Elétrico Brasileiro EPE, ONS e CCEE realizam em conjunto as previsões de carga e consumo de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) para os próximos cinco anos subsequentes. Estes resultados passam a ser utilizados pelo ONS no Programa Mensal de Operação (PMO) a partir do primeiro ano do período considerado.

Ao longo do tempo, a EPE e o ONS, respectivamente, fazem o monitoramento do consumo e da carga energia de elétrica realizados nos meses do ano de modo a acompanhar o quadro atual do SIN e suas mudanças, além de incorporar os possíveis eventos imprevistos ao longo dos cenários de projeção.

Neste sentido, com periodicidade quadrimestral, são realizadas revisões das projeções da carga e do consumo de eletricidade para o horizonte de projeção com o envolvimento da EPE, ONS e CCEE. Nestas reavaliações são apresentados e analisados os cenários econômicos e setoriais revisados ao longo do período, as interligações e quaisquer outros efeitos existentes no Sistema Elétrico Brasileiro e incorporadas as mudanças detectadas nas projeções em curso de modo a torná-las compatíveis com a nova realidade em questão.

Em todos estes eventos, são gerados documentos oficiais publicados nos sites das instituições do setor elétricos envolvidas.

4.6. Geração Distribuída

Os valores históricos de consumo de energia elétrica na rede coletados pelos sistemas SAM e SIMPLES da EPE não contabilizam a Geração Distribuída (GD) produzida e consumida pelas unidades consumidoras (residenciais, comerciais, industriais, entre outras) que também são autoprodutoras de sua própria energia elétrica. Assim, esta demanda específica de eletricidade não é projetada pelo Modelo de Projeção da Demanda de Eletricidade (MDE) para a sua contabilização no consumo total e na carga de energia elétrica global do Sistema Elétrico Brasileiro.

Um passo futuro para o MDE seria tentar incorporar a Geração Distribuída nas suas projeções a partir de dados específicos de GD coletados das concessionárias de distribuição de energia elétrica nas suas áreas de concessão. Para isso, seria importante que, tanto estas instituições do setor elétrico quanto a EPE tivessem acesso aos seguintes dados dos agentes que produzem e consomem energia elétrica a partir de Geração Distribuída (*prosumidores*):

- Eletricidade total gerada;
- Eletricidade injetada da rede;
- Eletricidade consumida e que foi gerada por geração distribuída;
- Eletricidade consumida da rede e que, portanto, não foi gerada por geração distribuída.

Para os modelos de expansão da oferta de energia elétrica, onde se considera toda a eletricidade necessária ofertada ao Sistema Elétrico Brasileiro para o atendimento da totalidade de sua demanda, a Geração Distribuída deve ser considerada, abatendo a carga de energia elétrica necessária para atender a demanda total e, desta forma, constituindo-se um valor líquido final.

Para o acesso à metodologia de projeção do Mercado de Micro e Mini Geração Distribuída desenvolvida e utilizada pela EPE, pode-se acessar o [link](#) disponibilizado no site da empresa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora já tenha havido avanços metodológicos, reconhece-se que é necessário aperfeiçoar continuamente a metodologia de previsão da demanda de energia, especificamente do mercado de eletricidade. Na sequência, listam-se alguns aspectos que poderão ser levados em consideração nessa evolução metodológica.

Um dos aspectos a se considerar, é a relação entre o consumo de energia elétrica e os cenários socioeconômicos, que privilegia as variáveis Produto Interno Bruto (PIB) e População/Domicílios, como as variáveis explicativas determinantes do consumo. Todavia, é muito importante procurar estabelecer correlações entre o consumo de eletricidade e outras variáveis econômicas, tais como renda das famílias, investimento, poupança, políticas de crédito, taxas de juros, taxas de inadimplência, falências e recuperações judiciais, entre outras. Além disso, deve-se procurar compreender as implicações de outras variáveis no consumo, entre elas, o preço/tarifa da energia elétrica e as condições climáticas (temperatura e umidade).

Também é fundamental aperfeiçoar a forma de incorporar elementos dos estudos sobre as perspectivas de substituições energéticas e de penetração de outros energéticos (por exemplo, o gás natural) com potencial de deslocar a energia elétrica em alguns usos finais.

A classe comercial, composta por uma gama diversificada de consumidores de energia elétrica, com características de consumo muito heterogêneas, tem sido tratada de forma agregada na elaboração das projeções do mercado de eletricidade. No entanto, em função dessas características, é extremamente importante aperfeiçoar o tratamento dado a esta classe de consumo, procurando caracterizar grupos de consumidores com perfil de consumo semelhante e tratá-los separadamente. Assim, é importante modelar o consumo de eletricidade desses grupos relativamente homogêneos de consumidores, tais como *shopping-centers*, supermercados, frigoríficos, hotéis, bares e restaurantes, polos temáticos, entre outros e incorporar esse tratamento diferenciado às projeções do consumo de energia elétrica da classe comercial.

Paralelamente, o conjunto de consumidores que não se enquadram em nenhuma das três principais classes de consumo (residencial, industrial e comercial) também é tratado de forma agregada e denominado de Outras Classes. A metodologia de projeção de mercado de eletricidade deve, também, avançar no sentido de explicar a dinâmica de evolução do consumo de energia elétrica em cada uma das classes de consumo que compõem as Outras Classes, de forma desagregada, procurando indicadores, variáveis e parâmetros característicos dos respectivos mercados.

Deverão, ainda, ser aprofundados os estudos sobre o uso final da energia nas diferentes classes de consumo e grupos de consumidores, inclusive tomando-se por base trabalhos de pesquisa de campo, no sentido da progressiva utilização de modelos técnico-econômicos na elaboração das projeções de demanda de energia, em particular da energia elétrica e sua relação com

outros energéticos. Tais modelos permitem uma análise integrada da demanda de energia, por uso final, nos diferentes setores da sociedade e da economia.

A EPE vem continuamente estudando os recursos energéticos distribuídos e como eles impactam os seus modelos de planejamento. Assim, é importante avaliar o impacto de temas contemporâneos como carros elétricos, estruturas de recarga, armazenamento de energia, mecanismos de gerenciamento de energia pelo lado da demanda, eficiência energética e geração distribuída para o sistema elétrico brasileiro e seus respectivos modelos de projeção.

Dada a importância da ferramenta e das limitações existentes, a intenção da EPE é aperfeiçoar continuamente o MDE, contando com o auxílio de demais pesquisadores e instituições interessados no tema. Nesse sentido, o e-mail demanda.energia@epe.gov.br pode ser utilizado para o envio de novas contribuições ao modelo de planejamento da demanda de eletricidade.

6 REFERÊNCIAS

CGIE (MME, ANEEL, EPE, ONS e CCEE). **Grupo de Trabalho Perdas – Avaliação das Perdas no Sistema Elétrico Brasileiro – Nota Técnica 01/2017**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138787/104272510/NT+GT+Perdas+final_Aprovado_7a_ReuniaoCGIE_04out2017_r2.pdf/fe354717-dfbb-47ff-9893-7ff50ddcc9c5

EPE. **Nota de Discussão – Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético**. No EPE-DEA-NT-016/2018-r0. 11 de julho de 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ND%20-%20Recursos%20Energ%3%A9ticos%20Distribu%3%ADdos.pdf>

EPE. **Estudos da Demanda: Previsão de Carga para o Planejamento Anual da Operação Energética 2019-2023**. Dezembro de 2018. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-305/topico-442/NT-%20PLAN%202023%20\(20190110\).pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-305/topico-442/NT-%20PLAN%202023%20(20190110).pdf)

EPE. **Nota Técnica – Uso do Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética**. No EPE-DEA-NT-030/2018-r0. Dezembro de 2018. Disponível em: http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf

EPE. **Modelo de Mercado da Micro e Minigeração Distribuída (4MD): Metodologia – Versão PDE 2027**. No EPE-DEA-NT-028/2018-r0. Novembro de 2018. Disponível em: http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-332/topico-432/NT_Metodologia_4MD.pdf