

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS DE GERAIS
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Nuclear
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares

Fabício Pinheiro Calil

**UM CONCEITO PARA AUTOSSUFICIÊNCIA EM ENERGIA: ABORDAGEM
SOBRE A DEMANDA RESIDENCIAL DE ELETRICIDADE EM MINAS GERAIS
COM VISTAS À UNIVERSALIZAÇÃO**

Belo Horizonte

2021

Fabício Pinheiro Calil

**UM CONCEITO PARA AUTOSSUFICIÊNCIA EM ENERGIA: ABORDAGEM
SOBRE A DEMANDA RESIDENCIAL DE ELETRICIDADE EM MINAS GERAIS
COM VISTAS À UNIVERSALIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências e Técnicas Nucleares.

Área de concentração: Engenharia Nuclear e da Energia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sonia Seger Pereira Mercedes

Belo Horizonte

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

C153c	<p>Calil, Fabrício Pinheiro.</p> <p>Um conceito para autossuficiência em energia [recurso eletrônico] : abordagem sobre a demanda residencial de eletricidade em Minas Gerais com vistas à universalização / Fabrício Pinheiro Calil. – 2021. 1 recurso online (100 f.: il., color.): pdf.</p> <p>Orientadora: Sonia Seger Pereira Mercedes.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Apêndice: f.100.</p> <p>Bibliografia: f. 95-99. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Engenharia nuclear - Teses. 2. Eletricidade - Teses. 3. Energia renovável - Teses. I. Mercedes, Sonia Seger Pereira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 621.039(043)</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Reginaldo Cesar Vital dos Santos CRB/6 2165

Biblioteca Prof. Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES



FOLHA DE APROVAÇÃO

UM CONCEITO PARA AUTOSSUFICIÊNCIA EM ENERGIA: ABORDAGEM SOBRE A DEMANDA RESIDENCIAL DE ELETRICIDADE EM MINAS GERAIS COM VISTAS À UNIVERSALIZAÇÃO

FABRICIO PINHEIRO CALIL

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES, área de concentração ENGENHARIA NUCLEAR E DA ENERGIA.

Aprovada em 25 de agosto de 2021, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Sonia Seger Pereira Mercedes - Orientadora
Departamento de Engenharia Nuclear - UFMG

Prof. Alexandre Cosme José Jeronymo
Secretaria de Estado da Educação de São Paulo – SEE/SP

Dra. Flávia Mendes de Almeida Collaço
Instituto de Estudos Avançados - IEAv

Belo Horizonte, 25 de agosto de 2021.

AGRADECIMENTOS

A realização de um mestrado em uma das melhores universidades do país é um privilégio que, infelizmente, pouquíssimas pessoas têm acesso no Brasil, sendo explicado em parte pela persistente e criminosa desigualdade social que nos assola a tempos. Pelo fato de minha formação, desde a primeira série do ensino fundamental até a conclusão dessa pós graduação ter se dado em escolas públicas, sou e serei eternamente grato ao povo brasileiro, a quem espero retribuir, da melhor maneira possível, por todo esse investimento.

Agradeço a Deus pela vida, saúde, inspiração e força para escrever cada palavra deste trabalho. Nos momentos de ansiedade, angústia e sentimento de incapacidade Sua presença reconfortante sempre foi meu abrigo.

Aos meus pais, irmãos e familiares, responsáveis também por parte dos valores que carrego e com quem divido inumeráveis momentos de felicidade.

À minha esposa Bárbara, grande companheira de vida, pelo cuidado, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos, sejam alegres ou tristes. Ao nosso cachorro Dudu que por vezes trazia algum objeto (pelúcia, pé de meia, chinelo, entre outros) para me distrair após horas de trabalho. Essas pequenas pausas eram importantes para que pudesse retomar a pesquisa com ainda mais foco e energia.

Agradeço imensamente à minha orientadora, professora Sonia, por toda sua contribuição não somente para este trabalho, como também em minha formação como pesquisador. Sua humildade, conhecimento e amor à ciência são verdadeiros exemplos.

Aos meus colegas e servidores do Departamento de Engenharia Nuclear da UFMG e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Técnicas Nucleares por todo o suporte e bons momentos divididos.

À Universidade Federal de Viçosa e aos colegas servidores do *campus* de Florestal pelo incentivo e apoio à capacitação de seu quadro técnico.

Por fim, a todos que não citados nominalmente, mas que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento e conclusão deste mestrado.

RESUMO

Este trabalho consiste em uma pesquisa exploratória, de natureza aplicada, que aborda o tema sobre autossuficiência energética no sentido de contribuir com uma proposta de definição abrangente sobre o termo. Aplicando-se uma metodologia de revisão bibliográfica sobre autossuficiência pôde-se verificar que, na maioria dos casos, os sentidos de autonomia e independência, quase sempre estão associados ao conceito. Assim, com base nesses sentidos, buscou-se estabelecer essa relação e contextualização dentro do escopo dos sistemas energéticos. A definição desenvolvida neste trabalho seguiu o formato de uma pirâmide, composta de uma série de requisitos hierarquizados que necessariamente precisariam ser integralmente cumpridos para se atribuir a condição de autossuficiência em energia à região geográfica delimitada para estudo. Uma vez que o conceito proposto permite também a análise sobre energéticos tomados isoladamente, como forma de apreciar o conceito desenvolvido, realizou-se um exercício de avaliação da autossuficiência em energia elétrica do estado de Minas Gerais. A energia elétrica foi escolhida por ser uma das principais fontes de energia utilizadas pela sociedade, além de sua ampla gama de usos finais e melhoria da qualidade de vida da população. O estudo de caso caracterizou o estado de acordo com os requisitos que compõem o conceito, da base para o topo: Disponibilidade de Fontes Primárias; Setor Energético; Serviços Energéticos; Parâmetros de Eficiência, Suficiência e Qualidade dos Serviços; Sustentabilidade; Universalização de Acesso aos Serviços Energéticos, evidenciando este último, considerado nesta pesquisa como aquele de maior relevância. Com destaque para a demanda por eletricidade do setor residencial de Minas, desenvolveu-se um indicador denominado Padrão Básico de Consumo de Eletricidade, para se estimar o nível da universalização dos serviços tidos por essenciais. O resultado indicou que uma parte significativa da população mineira possui algum tipo de restrição a esses serviços. A partir da demanda universalizada, projetou-se três cenários para a demanda do setor residencial no período 2019-2030. Nesse mesmo horizonte de tempo e cenários, foram cruzados os dados de oferta e demanda total com o intuito de subsidiar a análise sobre a autossuficiência. Os resultados indicaram que, em termos gerais, o estado possuiria uma infraestrutura de geração de energia capaz de atender sua própria demanda até 2030. Em suas conclusões o trabalho procurou traçar um panorama geral sobre as oportunidades e barreiras no que tange à autossuficiência em energia elétrica de Minas Gerais e a universalização de acesso aos serviços providos por essa fonte.

Palavras-chave: autossuficiência energética; fontes renováveis, eletricidade, universalização.

ABSTRACT

This work consists of an exploratory and applied research, that addresses the theme of energy self-sufficiency in order to contribute with a proposal for a comprehensive definition of the term. Applying a literature review methodology on self-sufficiency, it was possible to verify that, in most cases, the meanings of autonomy and independence are almost always associated with the concept. Thus, based on these meanings, we sought to establish this relationship and contextualization within the scope of energy systems. The definition developed in this work followed the format of a pyramid, composed of a series of hierarchical requirements that would necessarily need to be fully met in order to attribute the condition of self-sufficiency in energy to the geographic region defined for study. Since the proposed concept also allows the analysis of energy sources taken in isolation, as a way of appreciating the developed concept, an exercise was carried out to assess self-sufficiency in electric energy in the state of Minas Gerais. Electric energy was chosen because it is one of the main energy sources used by society, in addition to its wide range of end uses and improvement in the population's quality of life. The case study characterized the state according to the requirements that compose the concept, from the bottom to the top: Availability of Primary Sources; Energy Sector; Energy Services; Efficiency, Sufficiency and Quality of Services Parameters; Sustainability; Universalization of Access to Energy Services, highlighting the latter, considered in this research as the most relevant. With an emphasis on the demand for electricity in the residential sector in Minas Gerais, an indicator called Basic Electricity Consumption Standard was developed to estimate the level of universalization of services considered essential. The result indicated that a significant part of the population of Minas Gerais has some type of restriction to these services. Based on universalized demand, three scenarios were designed for the demand in the residential sector in the period 2019-2030. In this same time horizon and scenarios, supply and total demand data were crossed in order to support the analysis of self-sufficiency. The results indicated that, in general terms, the state would have an energy generation infrastructure capable of meeting its own demand by 2030. In its conclusions, the work sought to draw an overview of the opportunities and barriers regarding self-sufficiency in electricity Minas Gerais and universal access to services provided by this source.

Keywords: energy self-sufficiency; renewable sources, electricity, universalization

LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa
AE – Autossuficiência Energética
BEN – Balanço Energético Nacional
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
DBP – Domicílio Básico Padrão
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
FGV – Fundação Getúlio Vargas
FJP – Fundação João Pinheiro
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IEA – International Energy Agency
MME – Ministério de Minas e Energia
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU – Organização das Nações Unidas
PBCE – Padrão Básico de Consumo de Eletricidade
PPH 2019 – Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial 2019
SIN – Sistema Interligado Nacional
SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Relevância e Motivação.....	11
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo Geral.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
1.3 Metodologia.....	13
1.3.1 Contextualização e formulação do conceito de autossuficiência.....	13
1.3.2 Estudo de caso sobre autossuficiência em energia elétrica de Minas Gerais – caracterização e cenarização.....	14
1.3.3 Problematização e análise.....	20
2 AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	22
2.1 Autossuficiência – uma palavra muitos significados.....	22
2.1.1 Autossuficiência – a perspectiva energética.....	23
2.2 A Pirâmide-Conceito da Autossuficiência Energética.....	25
2.2.1 Fontes Primárias.....	26
2.2.2 Setor Energético e Serviços Energéticos.....	27
2.2.3 Eficiência, Qualidade e Suficiência.....	28
2.2.4 Sustentabilidade.....	28
2.2.5 Universalização.....	32
2.2.6 Síntese do conceito de Autossuficiência em Energia.....	33
2.3 Autossuficiência Energética e o Papel das Fontes Renováveis.....	34
3 O SETOR ELÉTRICO NACIONAL E A AUTOSSUFICIÊNCIA ESTADUAL.....	37
3.1 Formação do setor elétrico brasileiro.....	37
3.1.1 Introdução da eletricidade no Brasil.....	37
3.1.2 Estatização e expansão do setor elétrico.....	38
3.1.3 Reforma liberal da década de 1990.....	42
3.1.4 Reforma do modelo mercantil e panorama atual.....	47
3.2 O Sistema Interligado Nacional.....	51
3.3 Comercialização no âmbito do SIN.....	54
4 ESTUDO SOBRE AUTOSSUFICIÊNCIA EM ENERGIA ELÉTRICA DE MINAS GERAIS.....	57

4.1	Contextualização do estudo de caso	57
4.2	Panorama socioeconômico do estado	57
4.3	Âmbito regulatório e políticas energéticas estaduais.....	60
4.4	Principais fontes e a geração de energia elétrica em MG	63
4.4.1	Capacidade instalada	64
4.4.2	Transmissão e distribuição de energia	66
4.5	Parâmetros de eficiência, suficiência e qualidade.....	68
4.6	Sustentabilidade	70
4.7	Universalização.....	71
4.7.1	Domicílio Básico Padrão de Minas Gerais em 2019.....	72
4.7.2	Cálculo do PBCE em 2019	72
4.7.3	Universalização de acesso aos serviços essenciais no ano de referência de 2019 ...	75
4.8	Potencial de expansão de MG a partir de fontes renováveis	78
4.8.1	Potencial Hidráulico	78
4.8.2	Potencial Solar.....	79
4.8.3	Potencial a partir de Biomassa	82
4.8.4	Potencial Eólico.....	84
4.9	Previsões de expansão centralizada do sistema elétrico em MG no médio prazo	84
4.10	Projeções de demanda e oferta de energia elétrica em MG no horizonte até 2030	87
4.10.1	Demanda universalizada do setor residencial mineiro	88
4.10.2	Demanda x oferta de energia elétrica	89
5.	CONCLUSÕES	92
	REFERÊNCIAS	95
	APÊNDICE A – Listagem de eletrodomésticos e percentual de posse nos domicílios em MG	100

1 INTRODUÇÃO

A utilização e consumo de energia, predominantemente fóssil, em grande escala, formam a base da sociedade urbano-industrial contemporânea. Um dos parâmetros que evidenciam o grau de crescimento de um país ou região é o consumo *per capita* de energia (ANJOS, 2019). Em virtude dessa importância, ao longo da história e ainda hoje, observam-se diversos conflitos, bélicos, políticos ou econômicos, nos quais um recurso energético ocupa o centro das disputas.

Concomitantemente, os impactos ambientais oriundos dos sistemas de produção e uso final de energia têm recrudescido sua importância. Existe hoje um amplo debate mundial sobre esses impactos, sobretudo em torno dos combustíveis fósseis e sua relação com a poluição do ar e o aquecimento global. Entre as diversas ações previstas para mitigar as consequências ambientais negativas relacionadas à indústria de energia se destaca a busca da substituição das fontes fósseis por renováveis, em geral, menos prejudiciais ao meio, tanto no uso de combustíveis para transporte, quanto para a geração de eletricidade.

Neste contexto, a propriedade e controle de recursos energéticos próprios tem aumentado em importância estratégica para inúmeros países, do ponto de vista político, socioeconômico e ambiental. Busca-se reduzir a dependência externa de energia a um mínimo. No caso brasileiro, o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) ressalta como essa visão ganhou relevância após os choques do petróleo, na década de 1970. Os impactos negativos sobre o saldo de transações correntes e suas implicações macroeconômicas “levaram a uma política energética de maior autossuficiência da qual o Proálcool e a exploração de petróleo em alto mar foram exemplos destacados” (EPE, 2020).

A despeito desse patamar estratégico mundial, não foi identificado na literatura atual um conceito pleno e abrangente sobre autossuficiência energética (AE). Esta pesquisa dedicou-se, portanto, à análise e discussão do tema, em busca de propor ao debate uma definição preliminar nessa direção.

Inserida no contexto da autossuficiência, a eletricidade é um dos principais tipos de energia utilizados pelos seres humanos. Considerada “nobre” devido à facilidade de produção, transporte e uso, não se pode imaginar o mundo hoje sem esse recurso e as perspectivas apontam para uma utilização cada vez mais intensiva. No Brasil, projeções do PNE 2050 indicam que enquanto o consumo geral de energia dobra, o de energia elétrica quase triplica, até 2050. Entretanto, para além da utilização da energia, é preciso tratar de sua geração, distribuição, comercialização, regulação e as interrelações com as dimensões social, econômica e ambiental.

Minas Gerais (MG) é um dos maiores produtores de energia elétrica do país e quase toda a produção tem origem em fontes renováveis, apontando assim para a possibilidade de conseguir suprir as próprias necessidades com este tipo de energia. O escrutínio dessa possibilidade, sob o escopo das condições e requisitos da autossuficiência, pretende ser mais uma das contribuições deste trabalho de pesquisa.

Além do mais, ao se destacar a questão sobre o acesso aos serviços providos por meio da eletricidade no setor residencial do estado, a pesquisa procura não deixar de abordar aquilo que, de acordo com PINTO JR. et al. (2016), seria o objetivo essencial de qualquer política energética: garantir o suprimento de energia necessário ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar de uma sociedade.

1.1 Relevância e Motivação

Um dos pilares dessa dissertação é a discussão do tema da autossuficiência energética, por considerar que está intimamente relacionado ao conjunto das questões mais determinantes para a existência humana, hoje e no futuro.

Como forma de desenvolver e testar uma proposta de conceito, dispôs-se a realizar um estudo de caso caracterizando Minas, um dos estados mais heterogêneos do Brasil, em relação à autossuficiência em energia elétrica, enfocando a demanda por essa fonte no setor residencial e a universalização de acesso aos serviços providos por meio dela. As perguntas norteadoras que motivaram o trabalho são: - qual é a situação atual de Minas Gerais em termos de oferta e demanda de energia elétrica? - o estado teria a possibilidade de se tornar autossuficiente em eletricidade? - essa autossuficiência poderia se dar a partir de um modelo baseado em fontes renováveis? Qual o nível de equidade no acesso da população aos principais usos finais da energia elétrica?

Um dos maiores desafios impostos para o estado é sua relação com o Sistema Interligado Nacional (SIN) e todo o arranjo técnico, comercial e legal-institucional por trás do funcionamento deste sistema. Exceto por algumas áreas isoladas na região Norte, o SIN interconecta a geração ao consumo de todo o país através de um conjunto de milhares de usinas de vários tipos totalizando quase 172 GW de potência instalada e mais de 145.000 km de linhas de transmissão em 2021, segundo dados do Operador Nacional do Sistema (ONS, 2021), responsável pela sua administração. Nesta relação, fatores políticos, econômicos e socioambientais se inserem, o que torna sua abordagem nada trivial. Esta complexidade também motivou a realização dessa pesquisa.

Uma das principais justificativas para a investigação da autossuficiência envolve a segurança energética, ou seja, garantia de que o recurso estará disponível e acessível no advento da necessidade. Instabilidades em relação ao suprimento de energia podem gerar situações conflituosas ou problemas mais graves. Um exemplo recente é o da crise desencadeada entre os poderes legislativo e executivo em julho de 2019 no Paraguai, que levou ao pedido de impeachment do presidente Abdo Benítez, em função de um acordo assinado secretamente com o Brasil poucos meses antes. Nesse documento, o Paraguai se comprometia a pagar mais caro pela energia produzida em Itaipu, gerando gastos adicionais da ordem de U\$ 200 milhões ao país, à época. Segundo Itaipu Binacional (2019), 90% da demanda de energia elétrica do Paraguai é suprida pela usina.

Considera-se também relevante, ao olhar para Minas Gerais, participação e contribuição do estado para o desenvolvimento do setor elétrico nacional, desde sua origem no final do século XIX, como também por sua matriz possuir promissor potencial de expansão a partir de fontes renováveis (Sistema de Informações de Geração – ANEEL, 2021).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é formular uma proposta original de conceito sobre autossuficiência energética para posterior aplicação no âmbito do estado de Minas Gerais com destaque à demanda por energia elétrica do setor residencial e a universalização de acesso aos serviços.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como parte dos esforços necessários para atingir o objetivo geral, pretende-se, concomitantemente:

- I) Identificar os principais conceitos, metodologias e condicionantes sobre autossuficiência em energia, a partir de realidades nacionais e internacionais;
- II) Revisar as informações mais atuais disponíveis sobre autossuficiência energética a partir de artigos, livros, relatórios e outras fontes;
- III) Sistematizar o processo de formação, a legislação e os arcabouços regulatórios estaduais e nacional relevantes para o setor elétrico, visando a discussão sobre a

possibilidade, ou não, de autossuficiência e suas condicionantes (técnicas, comerciais, econômicas, ambientais e outras, se houver);

- IV) Caracterizar a oferta e demanda (atual e futura) por energia elétrica do setor residencial do estado de Minas Gerais, inclusive considerando suas implicações para um modelo possivelmente autossuficiente;
- V) Analisar o setor elétrico em Minas do ponto de vista das restrições e oportunidades para uma futura autossuficiência no atendimento da demanda domiciliar do estado, com base na descrição e avaliação de condições e recursos disponíveis.

1.3 Metodologia

Esta é uma pesquisa exploratória, de natureza aplicada, que visa contribuir com o aprimoramento de conceituações sobre autossuficiência energética. Para se atingir os objetivos propostos, o procedimento mais utilizado foi o levantamento bibliográfico. (GIL, 2002)

O eixo principal deste trabalho foi a construção de uma definição de autossuficiência energética que possa ser aplicado a sistemas energéticos de várias escalas geográficas (local a nacional), bem como às cadeias energéticas baseadas em arranjos técnicos de fonte única, ou híbridos (várias fontes combinadas). Posteriormente, o conceito proposto foi testado tendo o atendimento da demanda residencial por eletricidade em Minas Gerais como estudo de caso.

1.3.1 Contextualização e formulação do conceito de autossuficiência

A primeira etapa da pesquisa foi uma revisão bibliográfica e documental visando alicerçar a construção do conceito de autossuficiência energética e sintetizar a formação e o arcabouço legal-institucional do setor elétrico no Brasil, necessários para compreender e investigar a possibilidade de autossuficiência em energia elétrica em âmbito estadual.

As principais fontes consultadas contemplaram:

- literatura acadêmico-científica – artigos, livros, dissertações e teses
- material de imprensa
- legislação - incluindo o atual marco regulatório do setor elétrico brasileiro.

A) Pirâmide-conceito da Autossuficiência Energética

A ideia para a proposta de uma definição da autossuficiência energética (AE) teve origem a partir dos sentidos de independência e/ou autonomia que podem ser relacionados aos significados da palavra autossuficiência. Dentro do escopo da pesquisa em energia e, com base

em revisão bibliográfica e documental, valendo-se de literatura acadêmico-científica e demais fontes relacionadas ao termo em todas as suas dimensões, buscou-se estabelecer quais seriam os pressupostos mínimos, suficientes e necessários para atribuição de autossuficiência em energia a uma determinada (e delimitada) região geográfica de análise.

Devido ao amplo espectro de questões associadas à geração e consumo de energia, observou-se alto grau de dependência do alcance de uma AE das condições particulares da região e/ou localidade em estudo. Verificou-se necessário investigar sua viabilidade técnico-econômica e legal, tanto quanto social e ambiental. É indispensável, portanto, conhecer a demanda, bem como os recursos energéticos locais, assim como o uso da terra, custos da substituição de fontes, mercados e tecnologias, e transferências de renda de e para a região (SCHMIDT et al., 2012). Em suma, identificou-se nitidamente a necessidade do estabelecimento de critérios que permitissem delimitar o que seria considerado como “autossuficiência energética”.

Identificados os critérios, as primeiras tentativas de sistematização indicavam uma relação “hierárquica”, ou, pelo menos, de encadeamento entre eles, não se entendendo como possível falar em AE sem que todos fossem atingidos, dentro de uma lógica. Assim surgiu a imagem da “pirâmide”, que reflete simultaneamente a existência de um quadro de indicadores e a pressuposição de uma relação sistêmica entre eles.

Por sua importância essencial para este trabalho, todo o processo da elaboração da proposta conceitual está detalhado no capítulo 2.

1.3.2 Estudo de caso sobre autossuficiência em energia elétrica de Minas Gerais – caracterização e cenarização

A segunda etapa tratou do estudo de caso sobre a possibilidade de autossuficiência em energia elétrica em Minas Gerais. O estudo de caso proposto é um exercício de identificação da possibilidade de atendimento da demanda residencial, considerando o critério de universalização de acesso aos serviços de energia elétrica, exclusivamente com uma oferta endógena¹, renovável, constituída por fontes hidráulica, eólica, fotovoltaica e de biomassa. É proposto também, uma projeção dessa demanda pré-definida em horizonte de curto e médio prazos, condicionada pelos critérios estabelecidos na pirâmide de autossuficiência e a oferta, também condicionada, analisando as possibilidades e barreiras deste cenário futuro.

¹ Recursos energéticos endógenos são aqueles disponíveis dentro do perímetro do estado (adaptado de COLLAÇO, 2019).

O objetivo principal nessa etapa foi avaliar a factibilidade ou não do exercício proposto, tendo por base os requisitos da pirâmide construída na etapa anterior. A coleta e sistematização dos dados desse estudo foram obtidos, principalmente a partir de literatura cinza (sites e relatórios governamentais, empresariais, do terceiro setor, entre outros).

Inicialmente, é apresentado um panorama socioeconômico e regulatório, relacionado direta ou indiretamente à questão energética. Passou-se então, à caracterização do atual quadro da indústria elétrica em Minas Gerais, seguindo-se as mesmas etapas que subsidiaram a elaboração da pirâmide, a partir da base para o topo.

A) Caracterização de demanda e oferta

O ponto de partida foi a caracterização da oferta e da demanda estaduais no presente, a construção de um cenário-base incorporando elementos trazidos do conceito de autossuficiência proposto e projeção de ambas no horizonte até o ano 2030.

Também nessa etapa valeu-se de revisão bibliográfica e levantamento de dados, empregando fontes governamentais, empresariais e de entidades ligadas ao setor elétrico. Os principais indicadores levantados foram:

- Dados sobre o perfil socioeconômico do estado de Minas Gerais.
- Políticas energéticas em âmbito estadual.
- Dados da oferta de energia elétrica segundo as principais fontes.
- Infraestrutura de transmissão e distribuição de energia elétrica no estado.

B) Cenário-base

Para a construção do cenário-base fez-se necessário o estabelecimento de um indicador que refletisse, de maneira mais adequada, a demanda por energia elétrica no setor residencial visando a universalização dos serviços. As premissas e procedimentos seguidos são elencados abaixo.

B.1) Padrão Básico de Consumo de Eletricidade (PBCE)

O PBCE foi formado a partir de uma cesta de serviços providos por meio da energia elétrica de forma a atender as necessidades, definidas como essenciais nesta pesquisa, do domicílio básico padrão (DBP), além de servir como referência no dimensionamento e projeção da demanda universalizada do setor residencial mineiro.

As condicionantes desta elaboração foram:

1. Utilização de dados secundários, oriundos do relatório para Minas Gerais da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PPH 2019)².
2. Estratificação socioeconômica do consumo balizada pelo estudo produzido pela Associação Brasileira das Empresas de Pesquisa (ABEP), cujos resultados integraram a metodologia da PPH 2019.

Observações:

- O PBCE pressupõe uma pesquisa própria e a necessidade de participação direta da população que vive dentro da área delimitada de estudo para fins de identificação dos serviços básicos. Todavia, em função de uma série de limitações que vão desde o estabelecimento de uma metodologia de pesquisa para incorporá-la aos recursos financeiros necessários, utilizou-se a PPH 2019 como forma de mitigar tal limitação.
- Os dados da PPH 2019 têm origem em entrevistas presenciais realizadas por equipes de pesquisadores, entre julho de 2018 e abril de 2019, em domicílios de cidades com pelo menos 100.000 habitantes nos 26 estados e no Distrito Federal. Os resultados foram divulgados no final de 2019, sendo a margem de erro para as unidades federativas calculada em 4%. O universo amostral foi composto de 18.775 questionários, 1.100 deles em MG. Os 1.100 questionários de MG foram estratificados percentualmente por classes socioeconômicas, agrupadas segundo o critério da Associação Brasileira das Empresas de Pesquisa (ABEP), adotando valores próximos aos estimados pela associação para a região sudeste (*vide* tabela 7 pag.72).
- A distribuição percentual das classes econômicas construída pela ABEP baseou-se em estudos probabilísticos nacionais do Datafolha e IBOPE Inteligência. A renda média de cada classe é calculada utilizando dados da PNADC de 2018 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (ABEP, 2019).

B.2) Domicílio Básico Padrão (DBP)

O DBP é um imóvel-tipo, empregado para o estabelecimento de quantitativos mínimos em termos de padrão de vida *vis a vis* o atendimento de serviços energéticos. Foi esboçado para simular características médias observadas no setor residencial de MG. Também neste caso

² Elaborada pela Eletrobras no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL (instituído em 1985).

foram empregados dados secundários obtidos de fontes diversas, majoritariamente classificadas como *literatura cinza*.

A quantidade e tipos de cômodos da edificação foram especificados a partir da média apresentada pela PPH 2019 para Minas Gerais, arredondada para baixo. Por exemplo, média de quartos de 2,28, implicou em valor final de dois quartos. A configuração final do DPB está detalhada no capítulo 4.

É importante salientar que apesar dos cômodos área de serviço e garagem estarem presentes respectivamente em apenas 43% e 35% das residências mineiras (PPH 2019), as mesmas foram consideradas como partes fundamentais do DBP. Tal consideração pode ser justificada em parte pelo número médio de cômodos das casas em MG (média de 7,04), como também encontra respaldo nas exigências mínimas do Programa Minha Casa, Minha Vida³ no financiamento de casas térreas para pessoas com renda inferior a 3 salários mínimos com relação aos compartimentos: sala, cozinha, banheiro, 2 dormitórios, área externa com tanque.

Os dados sobre posse de eletrodomésticos em domicílios mineiros constantes da PPH 2019 foram utilizados para orientar quais deles integrariam o conjunto de itens básicos presentes no DBP. A premissa adotada foi:

1. Serviços energéticos essenciais: iluminação, conservação e preparo de alimentos, entretenimento, higiene/limpeza e conforto térmico.
2. Determinação de uma renda domiciliar mínima apta a assegurar a todas as classes capacidade de adquirir eletrodomésticos “básicos” igual à atribuída à classe C1 na PPH 2019. O critério para esta definição foi a proximidade do valor *per capita* dessa classe (R\$ 900,00, considerando renda familiar de R\$ 3.085,48 e número médio de moradores do DBP de 3,43) ao do *per capita* do Salário Mínimo Necessário calculado pelo DIEESE para um domicílio com quatro habitantes (pouco mais de R\$ 1.000,00).
3. Eletrodoméstico definido como padrão mínimo obrigatório de demanda - denominado “básico” -, pertencente ao conjunto dos serviços energéticos essenciais - todo aquele presente em pelo menos 60% do total das residências.
4. O critério de 60% de residências para definição dos eletrodomésticos básicos decorre do arredondamento da soma dos percentuais de domicílios das classes

³ Implantado através da MP nº 459 de 26/03/2009, o Programa tinha como principais metas: Implementação do Plano Nacional de Habitação, construindo 1 milhão de moradias; Aumento do acesso das famílias de baixa renda à casa própria; Geração de emprego e renda por meio do aumento do investimento na construção civil. (Brasil, 2009)

A a C1 (*vide* tabela 7 pag.72), para MG. A lógica que embasa este critério considera que a partir da classe C1, menor renda média domiciliar do intervalo citado, até a classe A (maior renda média), seria possível em termos econômicos a aquisição de, pelo menos, os eletrodomésticos básicos das residências.

5. A quantidade de cada aparelho básico no DBP foi definida pelo arredondamento para o número inteiro mais próximo da média apresentada na PPH 2019.
6. O consumo médio de energia dos eletrodomésticos teve como referência os dados do PROCEL e IDEC (exclusivamente para a máquina de lavar), sendo seu valor mensal médio calculado em função dos hábitos de uso dos mineiros expressos na PPH 2019. O tempo de uso dos equipamentos já considera a média de habitantes no DBP (*vide* tabela 8 pag.74).
7. O conjunto de eletrodomésticos e o percentual de posse de cada um considerados no relatório técnico para o estado de Minas Gerais da PPH 2019 pode ser consultado no APÊNDICE A.

Observação:

- O valor do Salário Mínimo Necessário, calculado pelo Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (DIEESE), em novembro de 2019 (mês de divulgação dos resultados da PPH 2019), foi de R\$ 4.021,39 (o salário mínimo vigente à época era de R\$ 998,00).

“Para calcular o Salário Mínimo Necessário, o DIEESE considera o preceito constitucional de que o salário mínimo deve atender as necessidades básicas (moradia, alimentação, educação, saúde, lazer, vestuário, higiene, transporte e previdência social) do trabalhador e de sua família e cujo valor é único para todo o país. A família considerada para o cálculo é composta por 2 adultos e 2 crianças” (DIEESE, 2021).

O detalhamento da constituição do parque de eletrodomésticos do DBP, seus hábitos de uso e conseqüente consumo total médio encontra-se no capítulo 4.

C) Projeção da demanda e oferta

O horizonte de projeção da demanda e oferta de energia teve como referência o ano de 2030. Em função desse horizonte, as principais fontes de dados são o Sistema de Informação de Geração (SIGA) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em relação à expansão de geração no estado, enquanto o Plano Decenal de Energia 2030 (PDE 2030) elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e publicado em 2021, contempla os reforços e a expansão do sistema de transmissão.

C.1) Demanda universalizada

Para a projeção de demanda universalizada no período 2020-2030, utilizou-se as premissas e projeções estimadas para o setor residencial em nível nacional constantes no PDE 2030. Foram elaborados 3 cenários, um de referência e maior probabilidade, e dois alternativos (inferior e superior). Em todos os cenários considera-se o mesmo conjunto de estimativas sociodemográficas e de recuperação da economia mundial (aprox. 3% a.a.) pós pandemia da COVID-19. O detalhamento se encontra no quadro a seguir:

Quadro 1 – Premissas adotadas nos cenários de projeção da demanda

Cenários	Premissas
Referência	1 - Taxa de crescimento do PIB deve apresentar média de 2,9% a.a. no período. 2 - Duração média e recuperação rápida dos efeitos da pandemia. 3 - Políticas de combate aos efeitos da pandemia tem efeitos satisfatórios. 4 - Aprovação de reformas importantes ao longo do período. 5 - Redução na relação dívida-PIB.
Inferior	1 - Taxa de crescimento do PIB deve apresentar média de 1,7% a.a. no período. 2 - Duração prolongada e recuperação lenta dos efeitos da pandemia. 3 - Políticas de combate aos efeitos da pandemia tendo efeitos insatisfatórios. 4 - Dificuldade na aprovação de reformas importantes. 5 - Dificuldade de ajuste fiscal.
Superior	1 - Taxa de crescimento do PIB deve apresentar média de 4,1% a.a. no período. 2 - Duração média e recuperação acelerada dos efeitos da pandemia. 3 - Políticas de combate aos efeitos da pandemia muito efetivas. 4 - Aprovação de reformas importantes já no curto prazo. 5 - Redução significativa e rápida na relação dívida-PIB

Fonte: Elaboração própria a partir PDE 2030 (EPE, 2021).

- Perspectivas sociodemográficas

Tendência de desaceleração no crescimento populacional (média de crescimento para o período 2021-2030 de 0,6% a.a.). Em relação aos domicílios, a expectativa é de crescimento a taxas maiores que a população (1,5% a.a. entre 2021 e 2030). O crescimento médio está alinhado com as premissas de recuperação e crescimento da renda da população. (EPE, 2021)

C.2) Demanda universalizada x oferta

A partir do resultado obtido para a demanda universalizada do setor residencial e, com base nas estimativas para os demais setores no PDE 2030, foi possível estabelecer um quadro geral sobre a demanda total por energia elétrica no estado no período 2020-2030. O detalhamento do crescimento percentual por setor é mostrado na tabela a seguir.

Tabela 1 – Percentual de crescimento projetado para o consumo de eletricidade da rede por setor – 2020 a 2030

Setor	Cenários		
	Referência	Inferior	Superior
Residencial	3,4	2,5	4,3
Industrial	2,5	1,1	3,2
Comercial	3,0	1,7	3,4
Outros	3,9	3,3	4,3

Fonte: Elaboração própria a partir PDE 2030 (EPE, 2021).

Para o mesmo período citado, na projeção sobre a oferta de energia foram consideradas duas faixas anuais: inferior e superior. A primeira mantém inalterada a potência instalada no estado em 2020, enquanto a segunda considera em operação todos os empreendimentos já outorgados pela ANEEL conforme dados disponíveis em seu Sistema de Informações de Geração. Outras premissas adotadas para os cálculos das faixas de oferta total de energia foram:

1. Potência instalada constante para cada faixa.
2. Oferta anual de energia elétrica considerando 365 dias de 24 horas.
3. Um Fator de capacidade⁴ para cada faixa obtido pela média ponderada dos fatores de capacidade médios de cada tipo de geração dispostos no ANEXO A do PNE 2050, assim discriminados: hidráulicas (55%), térmica à biomassa – cana de açúcar (33%), térmica fóssil (80% em média) e solar fotovoltaica (29%).
4. O fator de capacidade de cada faixa foi ponderado considerando o peso aproximado de cada tipo de geração na oferta de energia em Minas.

1.3.3 Problematização e análise

A etapa 3 compreende a análise de resultados e conclusões da dissertação, na qual buscou-se estabelecer um panorama geral atual e futuro sobre a viabilidade ou não, da autossuficiência em energia elétrica em MG e também em relação à universalização do acesso aos serviços providos por meio da eletricidade.

O quadro 2 sintetiza as três etapas principais, relacionando os métodos empregados aos objetivos descritos na seção 1.2.

⁴“O fator de capacidade (FC) é um parâmetro básico utilizado em avaliações energéticas e econômicas da operação do sistema elétrico. Analiticamente, é definido pela relação entre a geração da usina ao longo de um certo período (mês, trimestre ou ano) e sua potência instalada.” (PNE 2050). Expresso na maioria das vezes em termos de porcentagem.

Quadro 2 – Mapa da pesquisa

O objetivo geral dessa dissertação é formular uma proposta original de conceito sobre autossuficiência energética para posterior aplicação no âmbito do estado de Minas Gerais com destaque à demanda por energia elétrica do setor residencial e a universalização de acesso aos serviços.		
ETAPA 1 – EMBASAMENTO TEÓRICO (FASE QUALITATIVA)		
Objetivos específicos	Métodos	
I) Identificar os principais conceitos, metodologias e condicionantes sobre autossuficiência em energia, a partir de realidades nacionais e internacionais;	Revisão da literatura nacional e internacional que relaciona autossuficiência e energia.	Identificação de definições e requisitos para a AE.
II) Revisar as informações mais atuais disponíveis sobre autossuficiência energética a partir de artigos, livros, relatórios e outras fontes;		Construção de um conceito em AE.
III) Sistematizar o processo de formação, a legislação e os arcabouços regulatórios estaduais e nacional relevantes para o setor elétrico, visando a discussão sobre a possibilidade, ou não, de autossuficiência e suas condicionantes (técnicas, comerciais, econômicas, ambientais e outras, se houver);	Revisão da literatura nacional sobre o processo de formação e estrutura atual do setor elétrico brasileiro.	Formação do quadro geral do setor elétrico nacional com vista à autossuficiência em âmbito estadual.
ETAPA 2 – ESTUDO DE CASO (FASE QUANTITATIVA) E ETAPA 3 – CONCLUSÕES		
IV) Caracterizar a oferta e demanda (atual e futura) por energia elétrica do setor residencial do estado de Minas Gerais, inclusive considerando suas implicações para um modelo possivelmente autossuficiente;	Levantamento dos dados para caracterização socioeconômica e, segundo critérios e requisitos do conceito em AE, do setor elétrico em MG.	Construção do panorama do setor de energia elétrica em MG e a da demanda residencial segundo critério de universalização.
V) Analisar o setor elétrico em Minas do ponto de vista das restrições e oportunidades para uma futura autossuficiência no atendimento da demanda domiciliar do estado, com base na descrição e avaliação de condições e recursos disponíveis.		
<u>Principais Limitações:</u> i) Alto grau de interdisciplinaridade e complexidade intrínsecos à uma proposta de conceituação de AE; ii) ausência de uma pesquisa própria para fins de construção do PBCE.		

Fonte: Elaboração própria com base em COLLAÇO (2019)

2 AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.1 Autossuficiência – uma palavra muitos significados

HOUAISS, VILLAR e FRANCO (2009), definem a palavra autossuficiência como

“[1] qualidade ou condição de autossuficiente; [2] ECON. condição de independência econômica”. Já em relação ao verbete autossuficiente: “[1] que tem a capacidade de viver sem outrem; independente; [2] ECON. capaz de atender às próprias necessidades de consumo, sem necessitar recorrer à importação de produtos.”

O dicionário Priberam assim explica autossuficiência: “[1] Condição do que se basta a si próprio; [2] Contentamento excessivo consigo mesmo, orgulho, petulância; [3] [Economia política] Produção suficiente para as necessidades do consumo”.

Na Wikipédia a palavra se refere:

“[1] ao estado de não necessitar de qualquer ajuda, apoio ou interação de outros, para sobreviver. É por isso um tipo de autonomia; [2] numa escala maior, uma economia totalmente autossuficiente é chamada de autarquia; [3] o termo autossuficiência é habitualmente usado para certos tipos de vida sustentável, em que nada é consumido para além daquilo que é produzido pelos indivíduos autossuficientes. O termo também pode ser aplicado a formas limitadas de autossuficiência. Por exemplo, produzir a sua própria comida ou ser economicamente independente de subsídios estatais. [4] Em instalações elétricas, o termo é definido como o rácio entre a quantidade de energia localmente produzida que é localmente consumida e o consumo total de energia. É uma métrica que permite medir o grau de independência de uma instalação elétrica em relação à rede elétrica.”

Em todas essas referências, o termo autossuficiência é recorrentemente associado às ideias de autonomia e independência. O dicionário de política de BOBBIO, MATTEUCCI e PASQUINO (1998), usando o exemplo do castrismo, regime iniciado na ilha de Cuba ao final da década de 1950, aponta que naquele país não se objetivou uma transição de uma economia essencialmente agrícola para outra de base industrial, como ocorreu na Rússia e China, também socialistas. Relatam os autores que o propósito desse tipo de transição produtiva era exatamente a autossuficiência econômica, cujo pressuposto seria a industrialização.

Os autores sugerem que a opção pela “renúncia à auto-suficiência econômica (sic)” teve como consequência “lançar Cuba numa esfera de influência, tornando-a tributária do campo socialista, quer quanto aos produtos industriais, quer quanto à venda do açúcar.” (principal produto de exportação da ilha à época). A dependência da União Soviética aumentou progressivamente. O desequilíbrio econômico somou-se à incapacidade de atendimento das demandas sociais e teve impacto direto sobre a própria autonomia política (BOBBIO, MATTEUCCI E PASQUINO, 1998).

Em outro ponto desta mesma obra, os autores enfatizam: “princípios de eficiência que regulam o desenvolvimento econômico (diversos de época para época e de Estado para Estado) não são aplicados, quando se trata de garantir maior capacidade ao Estado no confronto de forças com outros Estados”. Continuam:

“empresas, que se podem considerar ineficientes e, portanto, nocivas para o desenvolvimento econômico de um país (levados em conta os princípios de uma economia de livre mercado ou de uma economia planificada), são mantidas em atividade com medidas protecionistas, subvenções, etc, porque o que produzem é de importância estratégica: não só produzem armamentos ou produtos úteis ao seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, como também garantem um grau mais ou menos elevado de auto-suficiência econômica (sic), uma condição de importância decisiva para enfrentar adequadamente o confronto com outros Estados.” (BOBBIO, MATTEUCCI E PASQUINO, 1998).

CONNOLLY (2016) destaca a mudança de postura de autoridades do governo russo em direção à redução da dependência externa, evidenciada no documento “Estratégia de Segurança Nacional da Federação Russa”, publicado em 2015 (NSS 2015). Um dos motivos dessa mudança se deu partir de um cenário internacional desfavorável ao país, inclusive com imposição de sanções econômicas por parte de outras nações, após conflitos com a Ucrânia em 2014. De forma sucinta, o NSS 2015 indicava o aumento da autossuficiência econômica como um dos imperativos à segurança nacional, pautando-se nos princípios de segurança financeira e autossuficiência na produção tanto agrícola como industrial.

2.1.1 Autossuficiência – a perspectiva energética

A argumentação utilizada para evidenciar a necessidade de autossuficiência econômica e política tem-se estendido à energia. Por compor a base de todos os setores econômicos,

independentemente da escala, e por seu papel central para o bem-estar social e equilíbrio ambiental, potencializa-se o caráter estratégico da busca por autossuficiência energética, visando tanto segurança de abastecimento, quanto vantagens geopolíticas.

DABAS (2020) explica o movimento da Índia em direção à autossuficiência energética como forma de reduzir a necessidade de importações e impulsionar a produção doméstica e criação de empregos. No artigo, destaca-se a posição adotada pelo ministro da energia, Shri R.K. Singh, ressaltando o papel crucial do setor energético para toda a economia indiana, bem como do maior peso relativo à autossuficiência ao compará-lo a outros setores.

Entretanto, tal ponto de vista não é unânime entre especialistas. Para LUFT (2012), a autossuficiência energética não seria algo realista para a grande maioria dos países, devido à escassez de recursos energéticos. De acordo com o autor, dentre as maiores economias do mundo, apenas Brasil e Canadá teriam condições de atingir a capacidade de AE em teoria.

LUFT (2012) argumenta também que o atual mercado globalizado de energia reduziria a importância da autossuficiência por atuar como mecanismo de equilíbrio, tanto em âmbito interno quanto externo aos países. Assim, o preço pago pelo consumidor seria mais ou menos o mesmo, qualquer que fosse a origem do recurso energético. Ele cita dois casos: primeiro a onda de protestos enfrentada pelo Reino Unido em 2008, após o aumento do preço dos combustíveis. A “virtual autossuficiência em petróleo” do país não impediu que esse aumento, ocorrido em nível global, fosse repassado aos consumidores locais. No segundo caso, propõe-se uma situação hipotética na qual a Arábia Saudita deixasse de vender petróleo aos Estados Unidos como forma de exercer algum tipo de pressão sobre o mesmo. As consequências dessa ação poderiam não ser favoráveis ao país árabe, pois para manter as receitas de exportação seria necessário outro grande comprador e os EUA, por sua vez, iriam recorrer a outros vendedores, restaurando o equilíbrio oferta-demanda. A conclusão apontada para redução da dependência energética passaria pela busca por maior flexibilidade no uso dos recursos energéticos (alternativas ao petróleo no setor de transporte por exemplo) ao invés da autossuficiência.

SCHMIDT et al., (2012) sintetizam as questões principais desse debate contrapondo vantagens

“diminuição de distâncias para transporte de energia, aumento do valor agregado dos produtos locais, manutenção das paisagens culturais e geração de empregos locais, segurança contra futuros aumentos de preço dos energéticos, aumento do turismo, reforço da identidade regional.”

e desvantagens

“perda de eficiência econômica ao se comparar com regiões de custo de produção inferiores, custos de transição energética, disrupções sociais com perdedores e ganhadores em função da estratégia para a autossuficiência, consequências para a alimentação e produção de alimento ou suprimento de energia”.

Não há, atualmente, uma definição universal para autossuficiência energética (AE). Adotando uma perspectiva exclusivamente econômica, o Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE) da França define “Taxa de Autossuficiência Energética”, que pode ser calculada como a razão entre a produção nacional de energia primária (carvão, petróleo, gás natural, nuclear e fontes renováveis) e o consumo de energia em um dado ano⁵. Talvez pela abrangência e elevado grau de interdisciplinaridade envolvidos na pesquisa em energia, estando a questão da autossuficiência energética inserida nesse contexto, de fato não seja possível chegar a uma definição única.

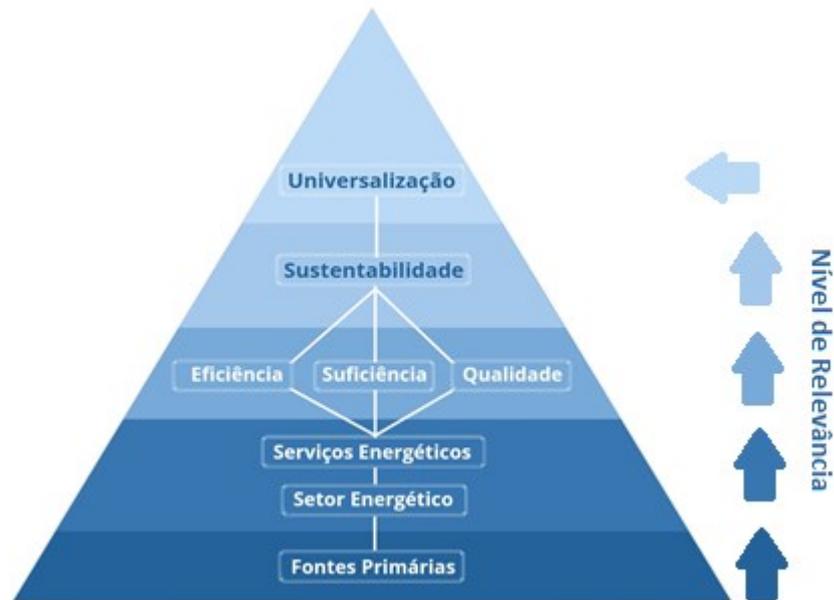
Pode-se tentar abordar esta problemática tendo como ponto de partida a relação entre autossuficiência e autonomia, construída com o auxílio de critérios e outros conceitos fundamentais em energia. Supõe-se que um país, estado, região, cidade ou até mesmo uma residência, ao centrar esforços na busca por reduzir a dependência externa de energia, de forma sustentável e sustentada, caminharia em direção à autossuficiência.

2.2 A Pirâmide-Conceito da Autossuficiência Energética

Neste trabalho, apresenta-se uma proposta de definição para “autossuficiência energética”, entendida como um processo, contínuo, integrado por várias dimensões interdependentes (Fig. 1). Na base, a premissa da disponibilidade de recursos energéticos, no topo e requisito de maior grau de importância, a universalização do acesso à energia, como objetivo final. Assim, um entendimento holístico e integrado sobre autossuficiência energética pode determinar o cumprimento de uma série de requisitos. Quanto mais e melhor estes forem atendidos, menor o grau de dependência. Este é, doravante, o pilar analítico desta dissertação.

⁵ Do original: “Le taux d'indépendance énergétique est le rapport entre la production nationale d'énergies primaires (charbon, pétrole, gaz naturel, nucléaire, hydraulique, énergies renouvelables) et la consommation en énergie primaire, une année donnée. Ce taux peut se calculer pour chacun des grands types d'énergies ou globalement toutes énergies confondues. Un taux supérieur à 100% (cas de l'électricité) traduit un excédent de la production nationale par rapport à la demande intérieure et donc un solde exportateur.” (disponível em: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1811>; acessado em: 28 de julho 2021).

Figura 1 – Pirâmide da Autossuficiência Energética



Fonte: Elaboração própria

2.2.1 Fontes Primárias

O ponto de partida para a AE, como aqui proposta, é a disponibilidade de fontes primárias, já que não seria possível falar em autonomia sem elas. Esses recursos estão distribuídos de forma desigual pelo planeta, por isso, sua posse costuma ser causa de intensa disputa no cenário geopolítico.

A forma de estimar a quantidade desses recursos varia de acordo com o tipo de fonte, viabilidade técnico-econômica de exploração e também da quantidade demandada. Ao se tratar de fontes não renováveis, cujas reservas são finitas, esses dois últimos fatores ganham mais relevância, uma vez que são fundamentais nas projeções do período de vida útil de reservas descobertas.

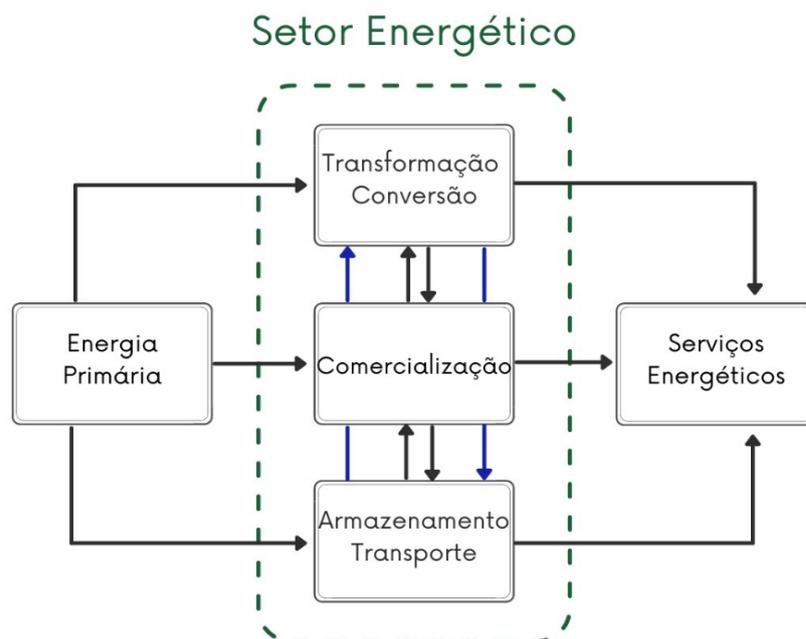
Logo, a autossuficiência seria uma condição dinâmica, ou seja, dependente do tempo no qual é possível haver ciclos de abundância e escassez energética. A posse de quantidades significativas de fontes primárias, bem como as capacidades técnica e econômica necessárias ao seu aproveitamento, estariam na base das premissas para a AE na forma como tratada nesta pesquisa.

2.2.2 Setor Energético e Serviços Energéticos

O passo seguinte para o estabelecimento de um modelo autossuficiente em energia contempla o processo de exploração e utilização da mesma, desde a produção de energia primária até o atendimento da demanda por serviços energéticos (Fig. 2), isto é, trata-se do “lado da oferta”. A infraestrutura e os processos de transformações, trocas e perdas são representados na pirâmide pelo **setor energético** (PINTO JR. et al., 2016):

“O setor energético compreende todo o conjunto de atividades envolvidas na produção, transformação, estocagem, transporte, distribuição e comercialização de energia. (...) É um conjunto heterogêneo que reúne várias cadeias distintas. Nesse sentido, a produção, transformação, estocagem, transporte, distribuição e comercialização variam de cadeia para cadeia, tanto no que concerne à base técnica quanto no que diz respeito à organização industrial e ao ambiente institucional.” (PINTO JR. et al, 2016).

Figura 2 – Principais Etapas do Processo de Utilização de Energia



Fonte: Elaboração própria

Serviços Energéticos ou usos finais de energia compõem, em sua totalidade, a demanda, em uma dada escala – pontual a internacional. SGARBI (2013, pag. 21) os adjetiva como limpos, ou modernos, quando forem “supridos a partir de fontes de energia cuja conversão final possua alta eficiência e não gere poluição local”. Garantir esse tipo de serviço para a

população é reconhecidamente um passo fundamental para a promoção do desenvolvimento social e da sustentabilidade (PNUD-OMS, 2009).

2.2.3 Eficiência, Qualidade e Suficiência

De acordo com DARBY e FAWCETT (2018), **eficiência energética** pode ser entendida como a taxa entre um serviço energético obtido (saída, output) e um insumo energético na forma também de serviço energético ou de energia primária (entrada, input). A difusão de inovações tecnológicas tanto pelo lado da oferta quanto da demanda, objetiva a maximização da relação saída/entrada significando maiores índices de eficiência.

Segundo a mesma fonte, **suficiência energética** “é um estado no qual as necessidades básicas das pessoas por serviços energéticos são atendidas de forma equitativa, respeitando os limites ecológicos.” A suficiência energética relaciona-se, portanto, às fronteiras impostas ao uso de energia, de forma a manter o consumo global dentro de limites ambientais aceitáveis, mas permitindo aumentos da demanda, isto é, que um patamar mínimo de consumo seja atendido, de forma equitativa, desde que não rompa com as capacidades dos sistemas e ecossistemas planetários de lidar com as consequências. As autoras ressaltam a importância de não interpretar a suficiência energética apenas do ponto de vista de limitação de danos, mas também como suporte para o bem-estar humano e ambiente. Esse entendimento sobre a suficiência energética guarda estreita relação com as definições sobre sustentabilidade tratadas na próxima seção e também com a eficiência energética, na medida em que pretende melhores níveis de aproveitamento para os serviços.

Constitui um contrassenso conceber um sistema energético funcionando de forma eficiente e pautado sobre o princípio da suficiência, mas que entregue um serviço inadequado na ponta. Portanto, o terceiro requisito que completa a base desejável dos serviços energéticos visando a autossuficiência é a **qualidade**. Dada a heterogeneidade característica das diversas cadeias de energéticos, uma definição sintética e abrangente sobre qualidade desses tipos de serviços torna-se algo muito complexo. Desta feita, um entendimento apropriado para os propósitos desta pesquisa foi proposto pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) de Portugal que expressa esse termo como a “apreciação do serviço prestado por uma entidade e que pode ser caracterizada e avaliada através de um conjunto de parâmetros quantitativos e qualitativos, designados por indicadores e padrões de qualidade de serviço”.

2.2.4 Sustentabilidade

A palavra sustentabilidade, com o sentido ambiental que lhe é atribuído, é usada inicialmente na Alemanha, em 1560, refletindo uma preocupação com o “uso racional das florestas, de forma que elas pudessem se regenerar e se manter permanentemente” (BOFF, 2012). Desde então, o termo permanece mais ou menos restrito à área de manejo florestal até a década de 1970, quando as questões ambientais ganham mais destaque em nível mundial e a Organização das Nações Unidas (ONU) passa a tratar do tema. A Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente ocorreu em Estocolmo (1972). Em 1987, foi produzido o Relatório Brundtland, no qual “desenvolvimento sustentável” (DS), definido como “aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades e aspirações”, aparece pela primeira vez. Nas últimas três décadas, a ONU promoveu diversos encontros sobre o ambiente, produzindo e apresentando documentos, inclusive, com compromissos firmados entre seus membros, objetivando a mitigação de impactos ambientais (BOFF, 2012).

O ano de 2015 foi destaque para o debate mundial sobre sustentabilidade devido à publicação de duas importantes referências para esta discussão. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada por todos os países membros das Nações Unidas, composta de 17 metas com o objetivo fundamental de erradicação da pobreza, pautado nas questões que envolvem água, energia, clima, oceanos, urbanização, transporte, ciência e tecnologia. O Acordo de Paris, assinado por 195 países, cujo foco é o combate ao aquecimento global através, sobretudo, da redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Ambas fazem menções diretas ao setor energético. No caso da meta 7 da Agenda 2030: “Garantir energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos”, a relação é direta, porém a questão energética perpassa quase todas as metas restantes e é um dos pilares para o combate à pobreza. Já com respeito às mudanças climáticas, o setor é apontado como o principal responsável pela emissão de GEE.

Tabela 2 – Emissão de gases de efeito estufa por setor - 2018

Setor	Emissão de GEE de origem antropogênica (%)
Energético*	34,6
Agricultura e outros usos da terra	24
Indústria	21
Transporte	14
Residencial	6,4

* incluindo eletricidade e aquecimento

Fonte: Adaptado de Global Sustainable Report 2019 - ONU, 2019

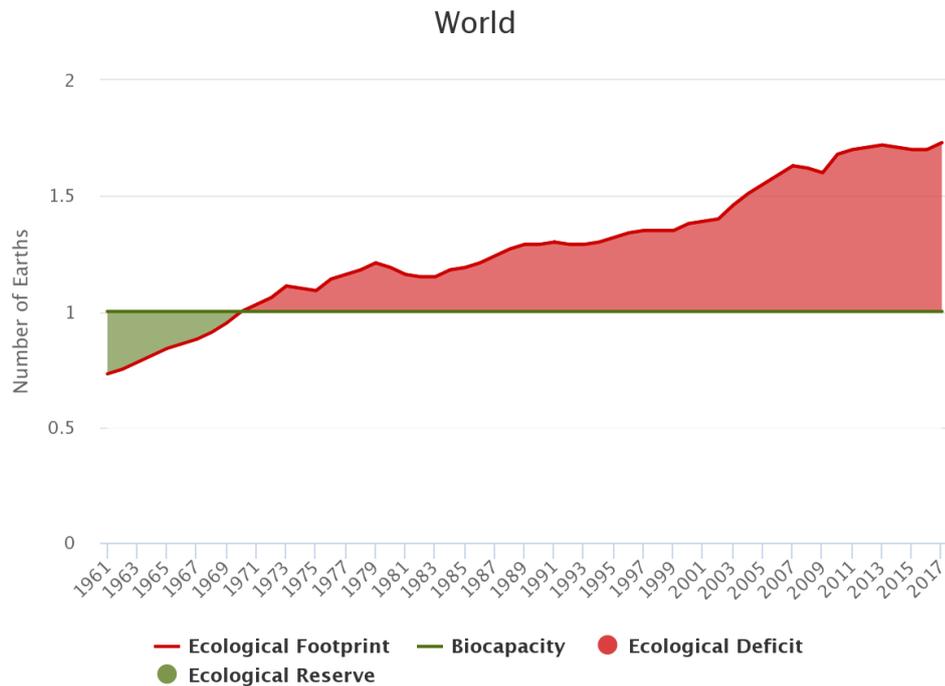
O vocábulo sustentabilidade deriva do verbo sustentar e possui tanto o sentido passivo quanto ativo. No primeiro, significa equilibrar-se, manter-se, conservar-se, em “termos ecológicos implica que a Terra e os biomas tenham condições não apenas de conservar-se assim como são, mas também prosperar, fortalecer-se e coevoluir”. No sentido ativo, “ênfatiza a ação feita para conservar, manter, prosperar e, também aplicada à ecologia, representa os procedimentos tomados para que o planeta e os biomas se mantenham vivos, protegidos e bem conservados à altura dos riscos que podem advir” (BOFF, 2012).

Esse termo e sentidos não se restringem às questões ambientais, mas estendem-se a praticamente toda ordem de sistemas sociais e econômicos. Assim, **sustentabilidade** “é um modo de ser e de viver que exige alinhar as práticas humanas tomadas individual ou coletivamente às potencialidades limitadas de cada bioma e às necessidades das presentes e futuras gerações” (BOFF, 2012). Ou, de forma mais abrangente:

“o conjunto de processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da mãe Terra, a preservação de seus ecossistemas com todos os elementos físicos, químicos e ecológicos que possibilitam a existência e a reprodução da vida, o atendimento das necessidades das presentes e futuras gerações, e a continuidade, a expansão e a realização das potencialidades da civilização humana em suas várias expressões”. (BOFF, 2012)

O atual modelo de desenvolvimento socioeconômico mundial tem-se mostrado incapaz de solucionar o antagonismo existente entre demanda crescente e a limitação de recursos. Dados da *Global Footprint Network* evidenciam que, em 2017, o consumo desses recursos atingiu 1,73 vezes a capacidade do planeta de regenerá-los (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Pegada ecológica mundial – 1961 a 2017



Fonte: Global Footprint Network, 2021

RUPPRECHT et al. (2020) propõem uma dimensão mais abrangente ao termo argumentando que a visão reducionista e antropocêntrica dos modelos atuais, que enxergam a natureza apenas em função de seus usos, é um dos principais obstáculos para se alcançar as metas traçadas. Não obstante, um novo direcionamento precisaria ser dado de forma a contemplar todos os seres vivos e a inerente interdependência entre os mesmos, assim como os muitos benefícios mútuos advindos dessa relação. É proposto então o conceito de sustentabilidade multiespécies.

“Sustentabilidade multiespécies significa atender a diversidade, mudança, interdependência, e necessidades irredutivelmente inseparáveis de todas as espécies do presente, ao mesmo tempo que aumenta a capacidade de suas gerações futuras de atenderem também suas próprias necessidades” (RUPPRECHT et. al, 2020)

A elaboração da pirâmide-conceito de autossuficiência energética poderia incorrer numa mesma visão reducionista e antropocêntrica, evidenciada pela universalização do acesso aos serviços energéticos em seu último patamar. Contudo, tal processo foi concebido de forma a tentar respeitar uma relação sinérgica entre os conceitos, abrangente o suficiente para abarcar diversos critérios sob um mesmo princípio. Isso pode ser exemplificado na relação intrínseca

entre sustentabilidade e os pressupostos para os serviços energéticos (eficiência, qualidade e suficiência). Outro exemplo pode ser dado a partir do entendimento de BOFF (2012): “a sustentabilidade de uma sociedade se mede por sua capacidade de incluir a todos e garantir-lhes os meios de uma vida suficiente e decente”, onde também fica expressa a relação mútua entre sustentabilidade e universalização.

2.2.5 Universalização

Um dos conceitos básicos relacionados à restrição de acesso a serviços energéticos é denominado pobreza energética. De acordo com CASTAÑO-ROSA, SOLÍS-GUZMÁN & MARRERO (2020), o termo é conhecido como “a inabilidade de uma residência em satisfazer suas necessidades básicas por meio de uma quantidade mínima de serviços energéticos”, ou, segundo CONSTANZA et al. (2019), significa a incapacidade de “poder pagar por serviços energéticos de forma a satisfazer as necessidades essenciais domésticas ou alocar uma excessiva parte da renda no pagamento de contas de energia”. Entre as razões desse tipo de pobreza estão agregados familiares de baixa renda, altos preços dos serviços de energia e baixa eficiência energética das residências, todos estes condicionados por fatores estruturais multidimensionais (econômicos, socioambientais, políticos, culturais, tecnológicos, entre outros) não limitados ao campo da energia.

Logo, mais do que superar a vulnerabilidade energética, a autossuficiência presume a universalização de acesso aos serviços energéticos. Na construção deste conceito, esta pesquisa teve como referência o trabalho coordenado por GONÇALVES-DIAS (2019), que trata da universalização do acesso à coleta seletiva na cidade de São Paulo, no qual é assim definida:

“Processo para que o acesso aos serviços de coleta seletiva seja progressivamente e equitativamente aumentado até que todos, sem discriminação, tenham acesso aos serviços. O processo de universalização da coleta seletiva deve ser parte da gestão integrada do território e realizado em conjunto com os outros componentes do saneamento básico, além disso deve se basear nos princípios do desenvolvimento sustentável, com destaque para a inclusão socioeconômica dos catadores.” (GONÇALVES-DIAS, 2019)

Enfatizando o caráter comum da prestação de serviços públicos de saneamento e energia, em especial a elétrica, faz-se uma transposição da definição acima à universalização dos serviços energéticos. Assim, esta poderia ser entendida como um processo para que o acesso

a esses serviços “seja progressivamente e equitativamente aumentado até que todos, sem discriminação, tenham acesso aos serviços de forma a, no mínimo, suprir suas necessidades básicas de maneira sustentável”. As necessidades podem variar em função de vários fatores como localidade, período histórico, condições socioeconômicas, cultura, ambiente, infraestrutura e outros.

O estabelecimento dessas necessidades, pode valer-se dos estudos conduzidos pela Joseph Rowntree Foundation no Reino Unido desde 2008, ao buscar a definição do que seria um Padrão de Renda Mínimo (Minimum Income Standard – MIS). O MIS é formado a partir do valor de uma cesta de produtos e serviços básicos, elaborada por especialistas, refletindo as características locais. Eles se baseiam em pesquisas realizadas com a participação de cidadãos sobre suas necessidades, sendo refeitas a cada dois anos, com o intuito de verificar alguma mudança ou atualização desse padrão (DARBY e FAWCETT, 2018). “A minimum standard of living in the UK today includes, but is more than just, food, clothes and shelter. It is about having what you need in order to have the opportunities and choices necessary to participate in society.” (PADLEY e HIRSCH, 2017).

A parcela referente à energia é computada pelos técnicos em função dos custos com aquecimento, iluminação, cocção, entre outros, de acordo com o perfil das residências analisadas. Assim, “o MIS mostra que é possível, a partir de uma criteriosa pesquisa participativa, alcançar um consenso sobre as necessidades básicas das pessoas em um dado período e local” (DARBY e FAWCETT, 2018).

Apropriando-se deste mesmo raciocínio, é possível criar uma espécie de “MIS Energético” ou melhor, um “Padrão Básico de Serviços Energéticos”. O indicador, elaborado a partir de pesquisas nos locais de interesse desta análise e composto por uma cesta de serviços energéticos básicos, poderia contribuir, dentro de um conjunto maior de outros indicadores, para as medidas dos níveis de equidade, além de importante parâmetro de referência na elaboração de políticas que visem a universalização do acesso à energia.

2.2.6 Síntese do conceito de Autossuficiência em Energia

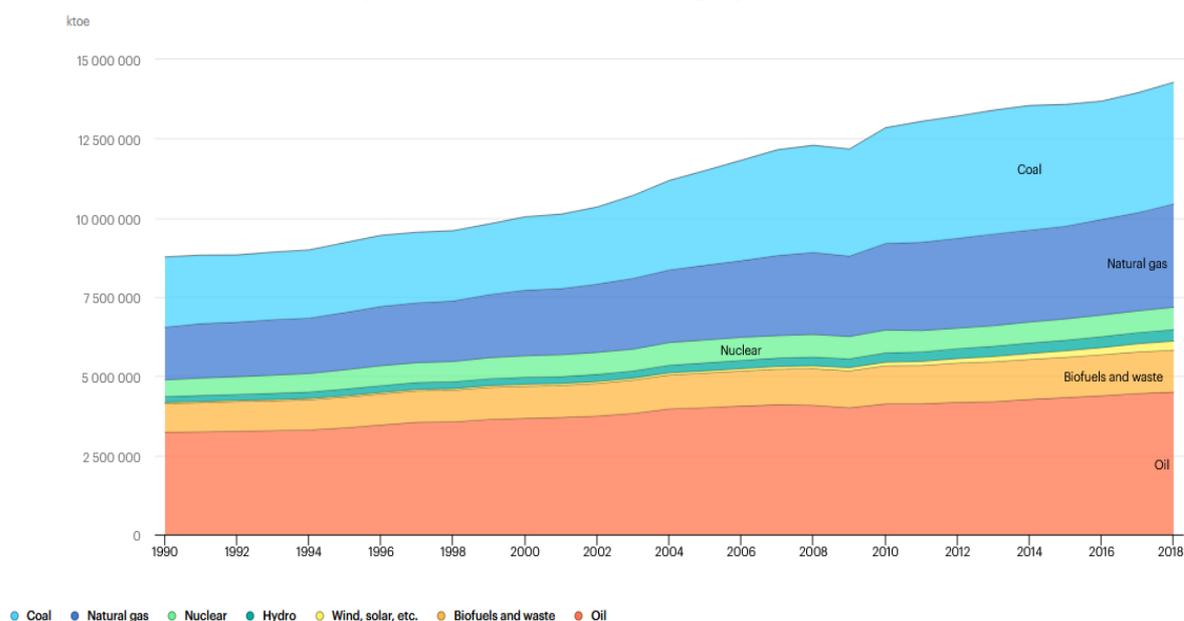
Detalhados o processo de elaboração e os parâmetros que compõem a pirâmide-conceito de autossuficiência energética, é possível sintetizar sua definição como: uma condição dinâmica, construída a partir de um processo gradual, progressivo e contínuo de desenvolvimento de condições e atendimento de pré-requisitos sequenciais, que se iniciam pela disponibilidade de recursos energéticos até a universalização dos serviços, obedecendo aos

princípios de sustentabilidade de forma a atender, no mínimo, as necessidades básicas de todos. Tal condição deve ser mantida sem que, para tanto, haja a necessidade de recorrer a quaisquer tipos de recursos externos à região definida como autossuficiente.

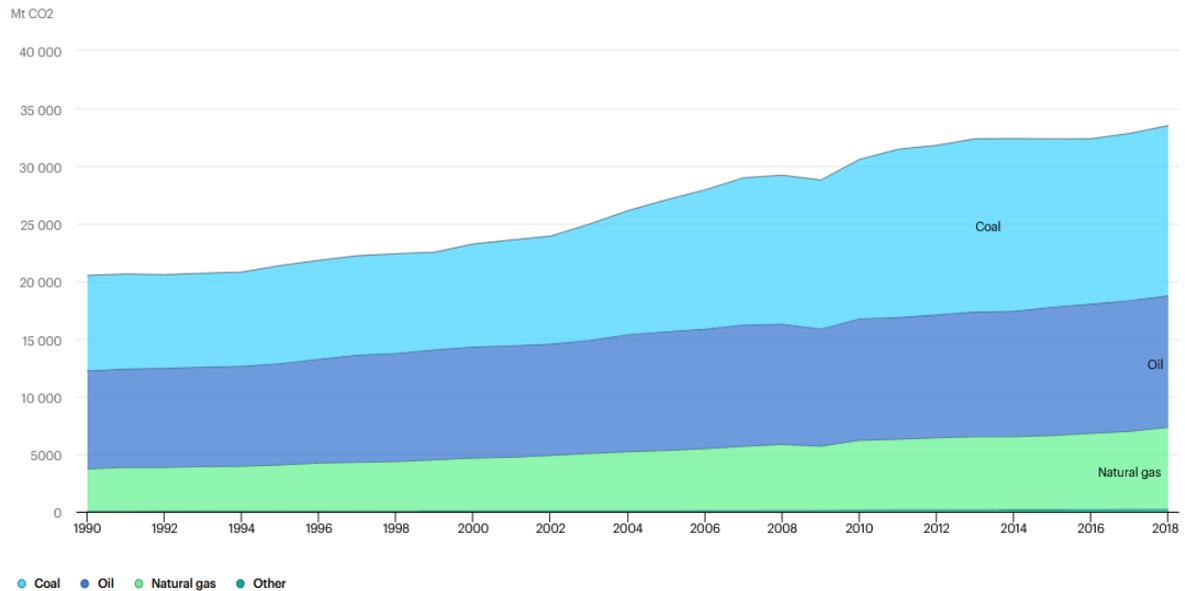
2.3 Autossuficiência Energética e o Papel das Fontes Renováveis

O desenvolvimento socioeconômico experimentado pela humanidade ao longo de sua história tornou-o cada vez mais energointensivo. A maior parte do suprimento mundial é baseada em combustíveis fósseis, com destaque para o petróleo (31%), carvão mineral (27%) e gás natural (23%) (Gráfico 2). Concomitantemente, são responsáveis por quase todo o gás carbônico emitido na atmosfera pelas fontes energéticas (Gráfico 3).

Gráfico 2 – Suprimento mundial total de energia por fonte de 1990 a 2018



Fonte: IEA, 2020

Gráfico 3 – Emissões mundiais de CO₂ por fonte de 1990 a 2018

Fonte: IEA, 2020

A pressão por uma matriz menos poluente tem se intensificado nos últimos anos e alguns passos tem sido dados nesse sentido. RUPPERT-WINKEL e HAUBER (2014), apontam que muitas comunidades e regiões em diferentes países estão enfrentando o desafio de transformação de seu sistema energético e assumiram o objetivo de alcançar a autossuficiência energética através do uso de energias renováveis. A Alemanha, por exemplo, criou programas específicos com foco nas economias locais que contemplam energias renováveis. Um deles é o “Programa de Renovação de Edifícios”, financiado pelo Banco de Desenvolvimento da Alemanha. Estima-se que para cada euro recolhido de impostos e investido no programa, seriam gerados de 3 a 5 euros de receitas fiscais. E o programa não só ajuda a diminuir as importações de combustíveis, mas também protege e cria vários postos de trabalho no setor da construção. A expectativa de aumento do número total de trabalhadores no setor de energias renováveis no país era passar dos 370 mil (em 2014) para cerca de 500 mil ao final de 2020. (MORRIS & PEHNT, 2015)

Outro exemplo são as Regiões de Energia da Áustria ou Regiões Modelo de Clima e Energia que consistem em organizações visando a AE por meio de fontes de energia regionais e infraestrutura descentralizada. Esses locais possuem pequena extensão territorial e seguem uma abordagem de planejamento *bottom up* baseada no estímulo ao investimento de pessoas e empresas na transição para uma economia de baixo carbono. Espera-se com isso, alcançar uma série de benefícios sociais, ambientais e econômicos. (FRITZ, 2017 apud DARBY e FAWCETT, 2018)

Essas mudanças de paradigma são caracterizadas por inúmeros aspectos que devem ser levados em consideração, como processos de tomada de decisões políticas que estão ocorrendo cada vez mais nos governos locais, o papel do envolvimento dos cidadãos, o impacto econômico das energias renováveis, novas abordagens tecnológicas, bem como o desafio de adotar comportamentos de economia de energia. Um dos resultados disso, foi o surgimento de um termo próprio denominado Autossuficiência Energética Renovável (AER). Além do mais, devido à concentração de fontes fósseis em poucos locais, frequentemente é apenas através das renováveis que se pode almejar a busca pela autossuficiência (SCHMIDT et al., 2012).

Apesar de ainda não se ter claro um horizonte de tempo em que as fontes fósseis terão um papel minoritário na matriz energética, as consequências cada vez mais severas, sobretudo do aquecimento global - tempestades, inundações, período de seca e chuva aumentados, elevação dos níveis dos oceanos, entre outras - podem acelerar o processo de transição energética, abrindo uma janela de oportunidades para avanços em direção à autossuficiência.

3 O SETOR ELÉTRICO NACIONAL E A AUTOSSUFICIÊNCIA ESTADUAL

Como preâmbulo ao estudo de caso sobre a autossuficiência em energia elétrica do estado de Minas Gerais, é fundamental compreender o processo histórico de formação do setor elétrico nacional, bem como os arcabouços político-institucional e legal que o estruturam. Além disso, pelo fato da maior parte da geração, transmissão e distribuição da energia elétrica comercializada no país ocorrer no âmbito do SIN, apresenta-se um breve panorama desse sistema com destaque aos elementos que possam impactar a análise sobre autossuficiência de um ente federativo.

3.1 Formação do setor elétrico brasileiro

O marco da indústria elétrica mundial se dá a partir da invenção da lâmpada por Thomas Edison em 1879, consonante a uma série de inovações surgidas quase simultaneamente entre as quais destacam-se: o bonde elétrico (1881), o transformador (1883) e o motor elétrico à indução em corrente alternada (1888). No Brasil, já em 1881, a prefeitura de Campos dos Goytacazes (RJ), aprovava a substituição de iluminação pública a gás pela elétrica. Em 1889, a usina de Marmelos (primeira hidrelétrica brasileira), era inaugurada por Bernardo Mascarenhas em Juiz de Fora (MG) evidenciando o elevado grau de contemporaneidade dessa inovação. (PINTO JR. et al, 2016)

3.1.1 Introdução da eletricidade no Brasil

A partir dos anos de 1880, o desenvolvimento do setor elétrico nacional se inicia concentrando-se nos principais centros econômicos dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, financiado sobretudo por capital privado. O principal interesse se pautava pela utilização de energia elétrica localmente para alimentação de indústrias e propriedades rurais.

Nas duas primeiras décadas do século XX o uso cada vez maior dessa fonte de energia atrai para o país empresas estrangeiras interessadas na exploração dessa atividade econômica. Em 1899, a empresa canadense Light inicia sua operação no Rio de Janeiro e, em 1904, em São Paulo.

De acordo com BAER & MCDONALD (1997) “em 1920, havia 343 firmas de energia elétrica em operação no Brasil, com base em um arranjo concessionário com os municípios”.

A americana AMFORP chega em 1927, concentrando-se no interior de São Paulo e demais capitais mediante a incorporação de diversas dessas concessionárias. (PINTO JR. et al, 2016)

Até o início da década de 1930 a prestação desse serviço se baseia em acordos de concessão celebrados entre agentes privados e agentes públicos locais, não havendo regulamentação em nível nacional. Conforme apontam PINTO JR. et al., (2016), no primeiro momento, o acesso à eletricidade era fruto do desenvolvimento econômico, no segundo momento, ele passa a ser imprescindível para esse desenvolvimento.

3.1.2 Estatização e expansão do setor elétrico

A demanda crescente por energia, sobretudo em função da aceleração do crescimento industrial brasileiro a partir da década de 1930, tornou necessária a ação regulamentadora do Estado. O Código de Águas, decreto de julho de 1934, é o primeiro instrumento de controle em nível federal, estabelecendo sua competência exclusiva na outorga ou concessão de exploração de recursos hídricos pela iniciativa privada. Como forma de implementação desse controle, é criado em 1939, o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE).

“O Código de Águas foi a primeira legislação abrangente sobre energia no Brasil: criou um mecanismo de supervisão das firmas concessionárias, e procurou assegurar serviços adequados a tarifas justas. [Elas] seriam fixadas a partir dos custos, da desvalorização e de uma taxa razoável de retorno sobre os investimentos, baseados no custo de capital histórico e em uma taxa de retorno de 10%.” (BAER & MCDONALD, 1997).

Apesar desse avanço, a questão tarifária passa a ser um ponto de constante queda de braço entre as firmas privadas, insatisfeitas com a forma de cálculo, e o governo. Esse conflito tem impacto direto sobre os investimentos na expansão da oferta que passa a ser um dos gargalos ao desenvolvimento, não sendo raros inclusive, momentos de racionamento de energia. Como forma de mitigar essas questões, a participação estatal no setor aumenta, sendo a CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco), a primeira empresa estatal de propriedade do governo federal criada em 1945.

Ao longo das décadas de 1950 e 1960 o setor público passa a capitanear os investimentos no setor elétrico, período em que são criadas também companhias estaduais com destaque para a CEMIG em 1952, e a USELPA (Usinas Elétricas do Paranapanema) pelo governo paulista

em 1953. Esse movimento estatal pôde ser semelhantemente observado na maioria dos países no pós-guerra. A tabela 3 ilustra com dados essa mudança de paradigma.

Tabela 3 – Potência Instalada por tipo de concessão 1952-1965 (MW)

Ano	Pública		Privada		TOTAL	
	Energia	%	Energia	%	Energia	%
1952	135,6	6,8	1.848,7	93,2	1.984,8	100
1955	538,5	17,1	2.610	82,9	3.148,5	100
1958	824,5	20,6	3.168,6	79,4	3.993,1	100
1960	1.098,9	22,9	3.701,2	77,1	4.800,1	100
1962	1.791,9	31,3	3.936,9	68,7	5.728,8	100
1965	4.048,0	54,6	3.363	45,4	7.411,0	100

Fonte: Panorama do setor elétrico brasileiro (1988, p. 150) apud (BAER & MCDONALD, 1997)

De acordo com PINTO JR. et al., (2016), a transformação em curso se estrutura em dois eixos principais:

“O primeiro está relacionado com as exigências e pressões do parque industrial e do próprio crescimento da atividade produtiva. O segundo diz respeito à forte presença do poder regulador do Estado e à formulação do planejamento do setor. Nesse último eixo, destaca-se a relação entre um planejamento centralizado e a variedade de experiências regionais. A evolução desta relação caracteriza uma posição singular do setor elétrico brasileiro: a de ter nascido como fruto de experiências locais que contribuíram para a formação de um padrão nacional, consubstanciado na Eletrobrás, processo inverso ao da maioria das grandes empresas governamentais.”

A centralização do controle e desenvolvimento da indústria elétrica no governo federal se consolida na década de 1960 a partir de dois fatores chave. O primeiro deles é a criação da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras), em 1962. A empresa teve como atribuições promover estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações de energia elétrica em todo o país. Desde sua fundação, passa a concentrar em si, recursos das principais fontes de investimentos, notadamente aqueles oriundos do Fundo Federal de Eletrificação e do Imposto Único sobre Energia Elétrica.

“A legislação facultava a sua atuação direta em empreendimentos de geração e a empresa chegou a receber duas concessões para aproveitamentos hidrelétricos. Desde cedo, porém, a Eletrobras assumiu as características de holding, ancorada basicamente em quatro subsidiárias: CHESF, Furnas, Chevap e Termochar. (...). A intervenção do

governo federal na produção de energia elétrica ganharia dimensão nacional.” (CPDOC-FGV, 2020).

O segundo fator se origina a partir da formação do consórcio Canambra⁶ em 1963, primeiro esforço na direção de um planejamento integrado e de longo prazo do setor elétrico. O estudo apontou importantes transformações, algumas já em curso, entre as quais destacaram-se: “i) crescente distância entre os centros de produção e consumo; ii) necessidade de planejamento integrado das bacias hidrográficas devido à interligação dos sistemas elétricos; iii) padronização de frequência.” (PINTO JR. et al., 2016)

Ao longo desse período de crescente protagonismo assumido pelo setor público como principal agente financeiro e de planejamento, de coordenação, produção e transmissão de energia elétrica, molda-se a visão do sistema elétrico como algo que poderia ser unificado e gerido em nível nacional, cujo objetivo se pautava na otimização dos recursos hídricos, térmicos e das redes de transmissão disponíveis.

Nesse sentido, a expansão do setor elétrico durante o regime militar (1964 – 1985) é acompanhada de crescente integração entre as empresas. O sistema nacional de eletrificação é estabelecido em 1967 (Decreto nº 60.824), expressando a conveniência de concentrar em um número limitado de empresas de eletricidade, preferivelmente de caráter regional, as ações da Eletrobrás e dos governos estaduais no setor. Com a extinção do CNAEE, cria-se em 1969, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) com funções normativas e fiscalizadoras, enquanto sob a égide da Eletrobras a execução da política de energia da União. (CPDOC-FGV, 2020):

“O processo de reorganização das empresas do setor seguiu efetivamente as diretrizes do sistema nacional de eletrificação. Centenas de pequenas empresas municipais, públicas e privadas, foram progressivamente incorporadas pelas estaduais. (...) Em dezembro de 1968, o grupo Eletrobrás passou a contar com uma terceira subsidiária de âmbito regional, as Centrais Elétricas do Sul do Brasil (Eletrosul), constituídas para atuar em moldes semelhantes a Furnas na região Sudeste e à CHESF no Nordeste. A Eletrosul incorporou várias empresas federais de pequeno porte estabelecidas no Sul, como a Termochar e a Sotelca. Completando o processo de criação de subsidiárias regionais, em novembro de 1972 surgiram as Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte).” (CPDOC-FGV, 2020).

⁶ Com o apoio do Banco Mundial e de um fundo especial da ONU, o governo brasileiro confiou a execução de um amplo trabalho de levantamento dos potenciais hidráulicos e do mercado de energia elétrica a duas firmas de consultoria canadenses e uma americana, que formaram o consórcio Canambra Engineering Consultants Limited. (CPDOC-FGV, 2020). De acordo com MERCEDES et al., (2015) o trabalho foi importante também para o levantamento da hidrologia, hidrometria e pluviometria do país.

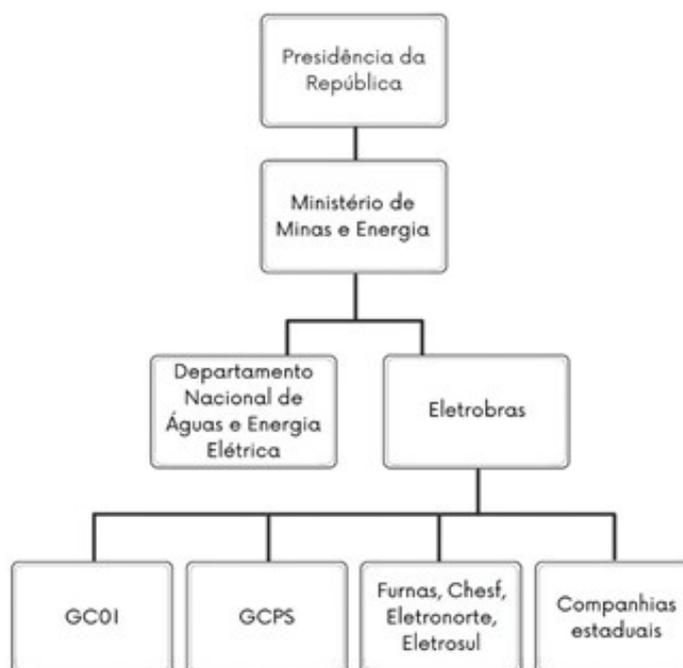
A estatização da AMFORP (1964), e da Light (1979) cuja maior parte dos ativos de ambas são transferidos aos estados, assim como o início da operação da hidrelétrica de Itaipu (maior em potência instalada em nível mundial até então) em 1983, sintetizam essa fase de consolidação do modelo da indústria elétrica brasileira.

A entrada da usina gera a necessidade de coordenação da sua operação como também das térmicas das regiões que seriam supridas, dando início à ligação física de grandes subsistemas e formação do Sistema Interligado Nacional (SIN). Visando esse gerenciamento, em 1973, havia sido criado o Grupo Coordenador da Operação Interligada da Região Sudeste e Região Sul (GCOI).

Segundo MERCEDES et al. (2015), até 1974 as funções de operação, de planejamento e engenharia estavam sob a mesma diretoria da Eletrobras. Depois da formação do GCOI, engenharia e planejamento foram subdivididos em quatro departamentos, sendo criado para esta última função em 1980, o Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS). Ainda segundo as autoras, “dois anos depois, mediante a Portaria nº 1.617 de 1982, o GCPS foi reconhecido como organismo responsável pela expansão dos sistemas elétricos brasileiros.”

Dessa forma, concretiza-se um modelo para o setor elétrico brasileiro que permanece até as reformas liberais. A Figura 3 ilustra sua estrutura.

Figura 3 – Estrutura Institucional do Setor Elétrico no final dos anos 1980



Fonte: Adaptado de MERCEDES (2002) apud MERCEDES et al. (2015)

3.1.3 Reforma liberal da década de 1990

Como exposto na seção anterior, foi necessário um longo processo para a formação e amadurecimento da indústria de energia elétrica no Brasil. Nas palavras de MERCEDES et al. (2015),

“(...) ao instituir o GCPS e o GCOI, a indústria elétrica brasileira tinha praticamente completado seu arcabouço institucional. Os dois órgãos responsabilizavam-se, respectivamente, por elaborar o Plano de Expansão e o Plano de Operação do Sistema. Pelas características da geração, essencialmente hidráulica e baseada no aproveitamento das complementaridades hidrológicas das bacias ao longo do país, tanto a expansão quanto a operação dependem, ainda, de uma interação cooperativa entre agentes a fim de que não se percam suas principais vantagens: maior confiabilidade associada ao menor custo econômico.” (MERCEDES et al., 2015).

Conforme apontam PINTO JR. et al., (2016, p. 217), o modelo de financiamento do setor elétrico brasileiro se apoiava em três pilares: (i) “autofinanciamento” (reinvestimento de recursos das próprias empresas); (ii) “financiamento interno” (capital oriundo principalmente de impostos e empréstimos compulsórios); e (iii) “financiamento externo”.

Já no início da década de 1980, importantes transformações ocorridas tanto em âmbito externo quanto interno, ocasionaram fortes impactos para o setor. Do ponto de vista internacional, a crise econômica mundial reduziu, de maneira significativa, a disponibilidade de recursos para empréstimos e a consequente elevação das taxas de juros aumentou o grau de endividamento das empresas. PINTO JR. et al., (2016, p. 218) evidencia que entre os anos de 1983 e 1985, o serviço da dívida de empresas elétricas cresceu 102% e a geração própria de recursos caiu 9% em termos reais. Além disso, entre 1975 e 1984, a dívida do setor passou de US\$ 5 bilhões para US\$ 23,8 bilhões (valores em dólares constantes de 1990).

Do ponto de vista interno e de gestão das empresas, apesar de uma administração centralizada, houve descompasso entre decisões de investimento e de financiamento, gerando má alocação de recursos. Porém, conforme apontam GOLDENBERG e PRADO (2003), a política tarifária dos anos 1980 se constituiu no elemento mais grave, pois “os preços da eletricidade eram sistematicamente contidos em nome do combate à inflação, ocasionando remuneração média do setor muito abaixo da remuneração legal”. O quadro de escassez de recursos estabelecido, acarretou numa relação conflituosa entre a Eletrobras e as concessionárias, levando as mesmas a “atrasarem sistematicamente o pagamento da energia

suprida pelas empresas federais e pela Itaipu Binacional, provocando uma desarticulação financeira do setor” no início da década de 1990 (CPDOC-FGV, 2020).

Nesse cenário, são propostas reformas centradas principalmente, em modelos de ideologia neoliberais. No primeiro governo de Fernando Henrique Cardoso (1995 – 1998) uma ampla reforma foi efetuada. MERCEDES et al. (2015), destacam seus principais objetivos:

- Mercantilizar o serviço público de fornecimento de energia.
- Remover os entraves à “globalização” da indústria energética, permitindo o livre trânsito dos capitais internacionais, segundo seus interesses.
- Promover a ideologia da eficiência econômica: o setor privado é mais eficiente em promover alocação de recursos do que o setor público; o incremento de competição e a desregulamentação levam à eficiência econômica; políticas orientadas pelo mercado criam verdadeiras pressões democráticas sobre a gestão do sistema, pois a escolha econômica individual é a única autêntica expressão da liberdade na sociedade; somente a liberalização levaria à eficiência ambiental, por levar à abolição de tecnologias obsoletas.

Para que tais objetivos fossem atingidos, a reestruturação do setor alterou aspectos legais, institucionais e patrimoniais, fazendo com que o papel de protagonista do Estado sobre a política nacional do setor elétrico, fosse reduzido de forma a centrar-se apenas na regulação. O quadro 3 estabelece os principais marcos temporais das transformações do setor elétrico ao longo da década de 1990.

Quadro 3 – Principais marcos temporais da primeira reestruturação do setor elétrico

Primeiras Mudanças – 1990 a 1994	
1990	<ul style="list-style-type: none"> • Lei nº 8031 de 12 de abril. Instituiu o Programa Nacional de Desestatização (PND). Revogada a posteriori pela lei nº 9491 de 1997, mas mantendo-se os objetivos fundamentais. Sob influência do ideário do Consenso de Washington estabeleceu seis objetivos principais entre os quais: “reordenar a posição estratégica do Estado na economia, transferindo à iniciativa privada atividades indevidamente exploradas pelo setor público;”
1993	<ul style="list-style-type: none"> • Lei nº 8.631 de 04 de março. Atualização tarifária e recuperação financeira parcial das concessionárias
Primeiro Mandato de FHC e Realização da Primeira Reforma – 1995 a 1998	
1995	<ul style="list-style-type: none"> • Lei nº 8987 de 13 de fevereiro. Dispôs sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal.

- Decreto nº 1503 de 25 de maio. Inclusão da Eletrobras e suas subsidiárias no PND com exceção de Itaipu e usina nuclear de Angra 1.
- Lei nº 9.074 de 07 de julho. Estabeleceu normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos; instituiu o Produtor Independente de energia; criou a opção de compra de energia elétrica por parte dos consumidores denominados “livres” e dispôs sobre instalações de transmissão e dos consórcios de geração.
- Centrais Elétricas do Espírito Santo (ESCELSA) é a primeira empresa do setor a ser privatizada em 12 de julho. Única empresa do setor privatizada neste ano.

1996

- Lei nº 9427 de 26 de dezembro. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL responsável por regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Extinção do DNAEE.
- Total de empresas do setor privatizadas: 2. LIGHT e CERJ.

1997

- Entrega da proposta pela Consultoria Coopers & Lybrand (Projeto RE-SEB). Contratada em 96 para elaboração do novo modelo institucional do setor elétrico visando sua mercantilização.
- Lei nº 9478 de 06 de agosto. Dispõe sobre a política energética nacional, atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)⁷ e a Agência Nacional do Petróleo (ANP).
- Total de empresas do setor privatizadas: 9. COELBA, CACHOEIRA DOURADA, AES SUL, RGE, CPFL, ENERSUL, CEMAT, ENERGIPE, COSERN.

1998

- Lei nº 9.648 de 27 de maio. Autorizou a reestruturação da Eletrobras; instituiu o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) com a função de intermediar e registrar todas as transações de compra e venda de energia nos sistemas interligados; criou o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) como organismo sucessor do GCOI nas atividades de coordenação e controle da operação das instalações dos sistemas interligados.
- Em 15 de setembro a Gerasul (Empresa resultante da cisão da Eletrosul em dois troncos: transmissão e geração) é a primeira grande geradora a ser privatizada, porém foi arrematada a preço mínimo ocasionado frustração por parte do governo.
- Total de empresas do setor privatizadas: 6. COELCE, ELETROPAULO Metropolitana, CELPA, ELEKTRO, GERASUL, EBE – Bandeirante.

Segundo Mandato de FHC e Entraves à continuação da Reforma – 1999 a 2002

1999

- Em março, o ONS tomou posse do Centro Nacional de Operação dos Sistemas (CNOS) e dos centros de operação das supridoras regionais do grupo Eletrobras, assumindo de fato a coordenação da operação do SIN.
- Em 11 de março um blecaute atinge quase metade do país. Críticas ao processo de reforma ganham força.
- Em maio, criou-se o Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE) substituto do GCPS. Este último, encerrando suas atividades, disponibilizou o plano decenal

⁷ “Órgão de assessoramento do presidente da República para formulação de políticas nacionais e diretrizes de energia, que visa, dentre outros, o aproveitamento racional dos recursos energéticos do país, a revisão periódica da matriz energética e o estabelecimento de diretrizes para programas específicos. É órgão interministerial presidido pelo Ministro de Minas e Energia - MME.” (ANEEL, 2021)

<p>de expansão 2000-2009 em dezembro. Com a reforma, o planejamento antes normativo passa à indicativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A partir da criação do ONS e CCPE, a Eletrobras perdeu seu papel de principal agente coordenador do Sistema Elétrico. • Redução drástica no número de privatizações. Houve resistência vinda também da própria base do governo em função de divergências sobre a venda das subsidiárias restantes da Eletrobras. Destaque para a atuação do ex presidente e recém eleito governador de Minas Gerais, Itamar Franco, ao ameaçar o uso da polícia militar de forma a proteger as empresas dentro do Estado. • Total de empresas do setor privatizadas: 3. CESP – Paranapanema, CESPE – Tiete, CELB <p>2000</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completa-se o ciclo de privatizações no governo FHC com a venda das distribuidoras CELPE, CEMAR e SAELPA.

Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (1990, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998), MERCEDES et al. (2015), CPDOC-FGV (2020), Revista Economia e Energia (2000)

A linha do tempo traçada pelo quadro 3 evidencia como o processo de reestruturação do setor se deu de forma desordenada. Os leilões da maior parte dos ativos ocorreram antes, ou durante, a formação do arcabouço institucional e regulatório, o que mostra, no mínimo, grave falha de planejamento. Ao todo foram transferidas à iniciativa privada 24 empresas, das quais 20 distribuidoras e 4 geradoras, um terço do controle acionário da CEMIG também foi vendido. Arrecadou-se, de acordo com CPDOC-FGV (2020), U\$\$ 31,9 bilhões entre receitas, transferências de dívidas e vendas de participações minoritárias.

A estrutura de propriedade do setor elétrico foi alterada de forma significativa neste processo. Apesar da maior parte das subsidiárias da Eletrobras terem permanecido sob controle da holding, o enfraquecimento de seu papel de coordenação da operação e planejamento contribuiu sobremaneira pra a crise do setor em 2001. Conforme CPDOC-FGV (2020), mais da metade do mercado nacional de distribuição passou às mãos da iniciativa privada em decorrência da venda de concessionárias em 11 estados. O quadro 4 contrapõe os modelos estatal e liberalizado ao final do ano 2000.

Quadro 4 – Modelo Estatal x Modelo Liberalizado

Modelo Estatal	Modelo Liberalizado (1ª Fase)
Preços de geração regulamentados e contratos de suprimento renováveis	MAE – mercado atacadista de concepção mercantil
Empresas integradas atuando em regime de monopólio	Geração (G), Transmissão (T), Distribuição (D) e Comercialização (C) como atividades independentes e limites à participação cruzada

Transmissão de energia agregada à geração	Malhas de transmissão/conexão e distribuição desagregadas e permitindo livre acesso
Mercados cativos	Consumidores cativos + aumento gradual de livres + liberação paulatina
GCPS e planejamento normativo	CCPE e planejamento indicativo
GCOI	ONS operacionalizando mercado competitivo
Tarifa via serviço pelo custo	Tarifa regulada para consumidores cativos e preços competitivos e desregulamentados para livres e suprimento
Aprovação dos serviços públicos de energia pelo DNAEE	Concessões licitadas pela Aneel
Restrição à atuação de produtores independentes	Regulamentação da atuação de produtores independentes e permissões de livre acesso à rede

Fonte: Adaptado de MERCEDES et al. (2015)

Em termos dos resultados, esse primeiro processo de liberalização não alcançou nenhum dos principais objetivos pretendidos: redução no valor das tarifas em virtude do incremento da competição, aumento de investimentos e melhoria de eficiência. Na realidade, de acordo com SAUER (2002), observou-se aumento das tarifas muito acima da inflação, sobretudo para os consumidores residenciais, houve queda acentuada nos níveis de investimento em expansão e manutenção dos sistemas, além de redução na qualidade dos serviços em virtude da dispensa de profissionais qualificados e experientes pertencentes aos quadros técnicos das estatais.

O nível insuficiente de investimentos criou um descompasso entre a oferta e demanda⁸, ocasionado progressiva redução do armazenamento de energia nos reservatórios acentuada a partir de 1995. Somando-se a isso, a desordem institucional/regulatória estabelecida no processo de reforma e a perda da capacidade de coordenação, centrada no papel da Eletrobras, levaram o país à pior crise de abastecimento de energia elétrica de sua história.

Em função da impossibilidade de atendimento pleno da demanda, o governo federal criou em maio de 2001, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE). Já a partir de junho, implantou-se o programa de racionamento de energia, determinando a redução de 20% no consumo de energia dos setores residencial, comercial e industrial atendidos em baixa tensão, enquanto para aqueles atendidos em alta tensão, as metas variavam de 15 a 25%. Estabeleceu-se também penalidades, quando do não cumprimento dessas reduções e bônus para economias acima das metas. (CPDOC-FGV, 2020)

⁸ “No período de 1991 a 2000 a demanda de energia cresceu em média 4,1% ao ano, enquanto a oferta cresceu apenas 3,3%”. (SAUER, 2002)

“Comissão nomeada pelo presidente Fernando Henrique em 2001 e coordenada pelo diretor-presidente da Agência Nacional de Águas (ANA) à época, para analisar as causas conjunturais e estruturais do apagão, chegou à conclusão que a não execução dos planos decenais elaborados pela Eletrobras dentro dos prazos, falta de comunicação adequada entre Ministério de Minas e Energia (MME), ANEEL e ONS, medidas ineficazes de atenuação do problema por parte do governo e atraso de quase 3 anos para implantação do Conselho Nacional de Política Energética (Lei nº 9.478 de agosto de 97) estavam no cerne da crise” (CPDOC-FGV, 2020).

Defensores do processo da reforma tentaram transferir a responsabilidade também para as denominadas “causas naturais” em virtude dos índices pluviométricos de 2000 e 2001 terem ficado abaixo da média histórica. Porém, SAUER (2002), esclarece que esses índices ficaram apenas 12% e 5% respectivamente abaixo da média, sendo “perfeitamente gerenciáveis caso a operação do sistema hidráulico fosse feita de acordo com os fundamentos para as quais ele foi projetado e construído”.

3.1.4 Reforma do modelo mercantil e panorama atual

A crise desencadeada pelo apagão em 2001 levou ao debate de propostas para uma nova reforma do setor. No início de 2003, duas dessas propostas se destacaram e divergiam no âmbito do recente governo eleito.

A primeira delas, de autoria do professor Ildo Luís Sauer do Instituto de Energia e Ambiente da USP, resgatava o papel de gestão pelo Estado com a criação de um órgão público intermediando contratos de compra e venda de energia. A renda dessa atividade, juntamente às das estatais atuantes no setor, seria dividida de forma a contemplar tanto o reinvestimento em operação, manutenção e expansão, como também outras áreas de carência nacional, definidas após debates com a sociedade.

Todavia, a segunda proposta, liderada pela futura ministra de Minas e Energia e presidente do CNPE, Dilma Roussef, acabou por prevalecer. Denominada *multiple buyers, multiple sellers in bilateral markets*, essa opção mantinha a essência do modelo mercantil anterior com alguns ajustes. O objetivo desses era corrigir a principal falha do modelo anterior fazendo com que o planejamento passasse de indicativo à determinativo, além de visar a modicidade tarifária e maior universalização do acesso ao serviço. Nesse sentido, PINTO JR. et al., (2016, p. 222) destaca as principais alterações realizadas:

- Criação de dois ambientes de negócio e de contratos: ACR (Ambiente de Contratação Regulada), para atender ao mercado cativo e o ACL (Ambiente de Contratação Livre) para os consumidores livres;
- Estabelecimento do critério de menor tarifa nos leilões de contratação de energia existente pelas distribuidoras;
- Contratação de 100% de sua carga por parte das distribuidoras e lastro físico para a geração;
- Leilões para contratação de energia nova baseados nos seguintes princípios: i) contratos de longo prazo entre distribuidoras e os vencedores dos leilões com garantias de repasse de custos de aquisição aos consumidores finais; ii) Licença ambiental prévia de empreendimentos hidrelétricos.

O ONS e a ANEEL foram mantidos sem alterações significativas em seus papéis, porém, novas instituições foram criadas de forma a tornar mais efetivas tanto a coordenação, quanto o planejamento do setor. De acordo com PINTO JR. et al., (2016, p. 224) essas instituições e suas principais funções seriam:

- Empresa de Pesquisa Energética (EPE): criada com a finalidade de prestar serviços na área de planejamento e melhoria de eficiência de todo o setor energético nacional. No caso do setor elétrico, suas principais atribuições são: a realização de estudos de aproveitamento energético, obtenção de licença prévia ambiental necessária às licitações, planejamento da expansão em curto, médio e longo prazos, submissão ao MME de informações técnico-econômicas para orientação dos leilões de compra e venda de energia.
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE): Substituta do MAE, tinha o objetivo fundamental de viabilizar a comercialização de energia elétrica do SIN. Suas principais atribuições são: a promoção de leilões de compra e venda de energia delegados pela ANEEL, manter registros de contratos de comercialização, medir e registrar dados de operação de compra e venda de energia, apuração do Preço de Liquidação de Diferenças (PLD) no mercado de curto prazo, efetuar a contabilização dos montantes de energia comercializados e a liquidação financeira dessas operações no mercado de curto prazo.
- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE): tinha como papel principal o acompanhamento constante do setor, objetivando garantir a segurança de suprimento em todo o território nacional. Propostas de ajustes,

soluções e recomendações visando esse objetivo seriam encaminhadas, quando for o caso, ao CNPE.

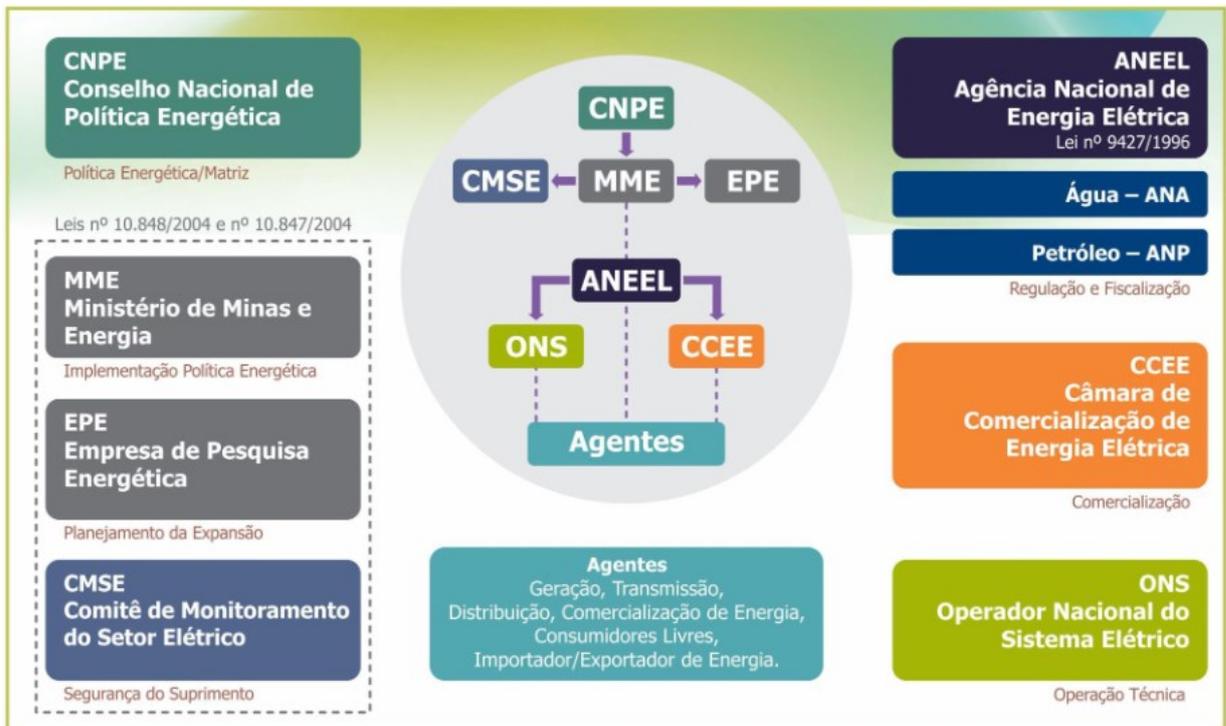
O quadro 5 destaca os principais marcos temporais dessa reforma, enquanto a figura 4 ilustra a estrutura institucional do setor energético brasileiro a partir de 2004.

Quadro 5 – Principais marcos temporais da segunda reforma do setor elétrico

Primeiro Mandato de Lula e Realização da Segunda Reforma – 2003 a 2006	
2003	<ul style="list-style-type: none"> Medidas provisórias nº 144 e 145 de 11 de dezembro. A primeira dispõe sobre novas regras para a comercialização de energia elétrica enquanto a segunda versa sobre a criação da EPE e outras providências. As duas formam a base legal do novo modelo.
2004	<ul style="list-style-type: none"> Em janeiro inicia-se a discussão no Congresso do novo modelo baseado nas MPs 144 e 145. São aprovadas sem alterações significativas e promulgadas em março, sob as leis nº 10.847 e 10.848. Lei nº 10.847 de 15 de março. Autoriza a criação da EPE vinculada ao MME. Lei nº 10.848 de 15 de março. Reestrutura o setor de comercialização de energia elétrica. Autoriza a criação da CCEE substituindo o MAE; atualiza algumas das funções da ANEEL e ONS; constitui sob coordenação direta do Poder Executivo o CMSE; Exclui a Eletrobras e suas subsidiárias do Programa Nacional de Desestatização.

Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (2003, 2004) e CPDOC-FGV (2020)

Figura 4 – Estrutura Institucional do Setor Energético após 2004



Fonte: Adaptado de ABRATE, 2018

Essa reforma promoveu alguns avanços ao se comparar à da década de 90. Desde 2001, não se observou no país crises de abastecimento de grandes proporções, além de melhorias na democratização do acesso ao serviço em áreas rurais, em virtude do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica (Luz para Todos - Decreto nº 4.873 de 2003). Todavia, outros pontos utilizados como justificativas para as reformas nunca se concretizaram, com destaque para a alavancagem de investimentos baseada em capital privado e, sobretudo, redução no preço das tarifas em virtude do incremento da competição.

A retirada da Eletrobras do PND manteve sob o poder público a principal holding do setor. De acordo com CPDOC-FGV (2020), a empresa investiu quase R\$ 19 bilhões (valores correntes) entre 2003 e 2008 em obras de expansão da energia do SIN e sistemas isolados na Amazônia, além de participação majoritária em leilões de energia existente (ou velha) e nova. Em 2008, a empresa atingiu a marca de 39.400 MW (38% da capacidade instalada nacional) e 52.500 km de linhas de transmissão (mais de 50% do total no país). O quadro 6 completa o conjunto das principais leis, resoluções, decretos e procedimentos que compõem o arcabouço do setor elétrico atualmente.

Quadro 6 – Complemento do arcabouço legal do setor elétrico

Período - 2004 a atualmente
<ul style="list-style-type: none"> • Decreto nº 5163 de 30/7/2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica e dá outras providências. • Resolução Normativa nº 166 de 10/10/2005. Estabelece as disposições consolidadas relativas ao cálculo da tarifa de uso dos sistemas de distribuição (TUSD) e da tarifa de energia elétrica (TE), bem como altera e revoga as Resoluções Normativas da ANEEL especificadas. • Resolução Normativa nº 247 de 21/12/2006. Estabelece as condições para a comercialização de energia elétrica, oriunda de empreendimentos de geração que utilizem fontes primárias incentivadas, com unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja carga seja maior ou igual a 500 kW, no âmbito do SIN. • Resolução Normativa nº 376 de 25/8/2009. Estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidrelétricos de geração, caracterizados como Pequena Central Hidrelétrica, e aqueles com fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, com potência instalada menor ou igual a 30.000 kW. • Resolução Normativa nº 414 de 9/9/2010. Estabelece as disposições atualizadas e consolidadas, relativas às Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, a serem observadas na prestação e utilização do serviço público de energia elétrica, tanto pelas concessionárias e permissionárias quanto pelos consumidores. • Resolução Normativa nº 482, de 17/04/2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. • Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional –PRODIST⁹– são normas que disciplinam o relacionamento entre as distribuidoras de energia elétrica e demais agentes

⁹ Documento produzido pela ANEEL, é dividido atualmente em 11 módulos revisados constante e separadamente.

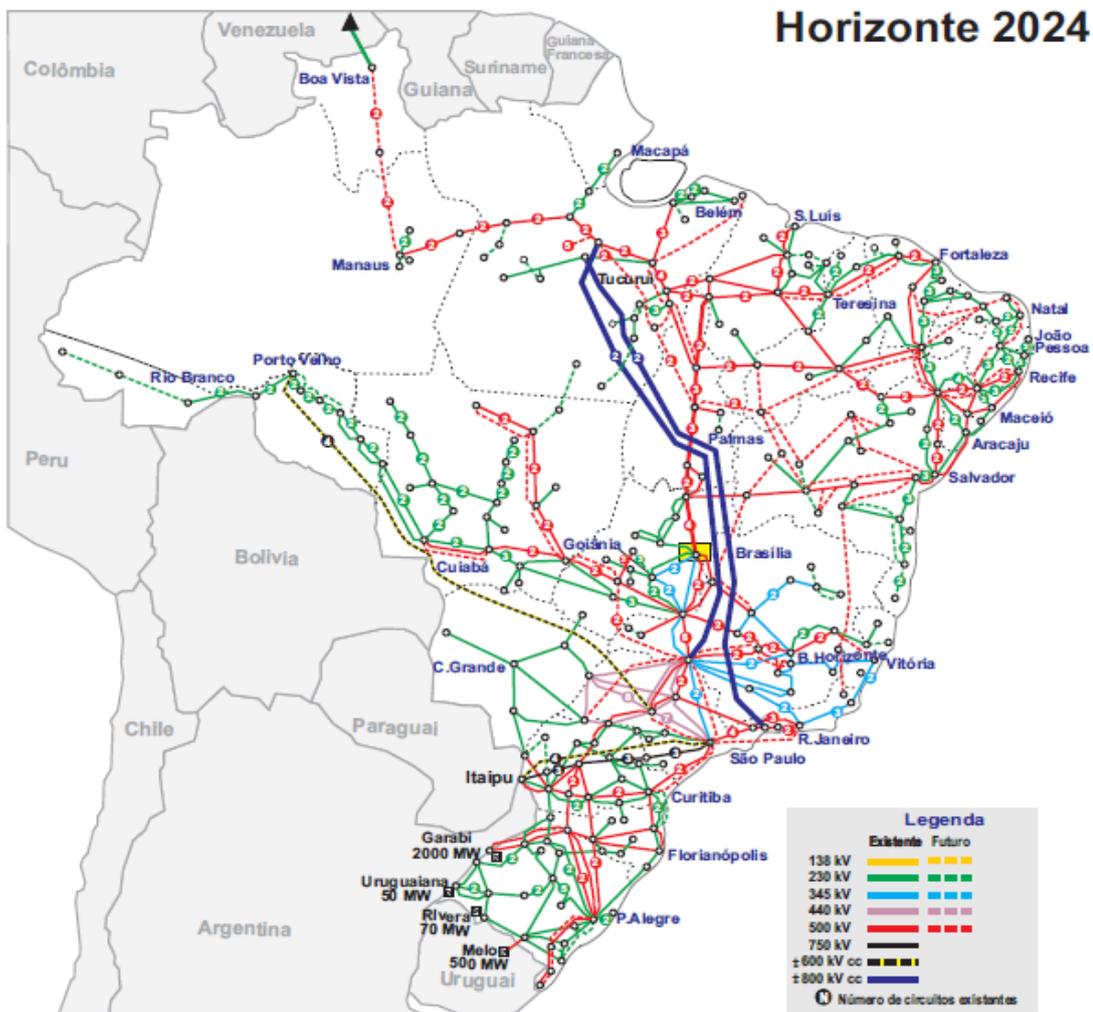
(unidades consumidoras e centrais geradoras) conectados aos sistemas de distribuição. Incluem redes e linhas em tensão inferior a 230 quilovolts (kV). Tratam, também, do relacionamento entre as distribuidoras e a Agência, no que diz respeito ao intercâmbio de informações.

Fonte: Adaptado de CEMIG, 2021

3.2 O Sistema Interligado Nacional

O ONS assim define o SIN, “o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários.” Atualmente, é composto de quatro subsistemas (Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte) com pequenas regiões ainda isoladas, a maior parte delas, na região norte. A figura 5 traz um retrato do atual sistema de transmissão com as previsões de expansão até 2024.

Figura 5 – Mapa do sistema de transmissão horizonte 2024



Fonte: ONS, 2020

Ainda segundo o ONS, o total de linhas de transmissão deve crescer cerca de 28% entre 2020 e 2024, passando dos atuais 145.756 Km para 181.528 Km. A previsão de evolução da capacidade instalada do sistema, por fonte, está ilustrada na tabela 4.

Tabela 4 – Evolução da Capacidade Instalada do SIN (MW) - horizonte 2024

Fonte	2020	2021	2022	2023	2024
Hidráulica	108.550	108.724	108.937	109.089	109.232
Térmica	35.970	38.284	38.465	40.876	41.312
Eólica	16.054	18.153	19.215	20.037	20.363
Solar	3.111	3.621	4.274	4.478	4.508
Nuclear	1.990	1.990	1.990	1.990	1.990
TOTAL	165.675	170.772	172.881	176.470	177.405

Fonte: Sumário Executivo PAR/PEL – ONS, 2020

As bases desse sistema têm origem e desenvolvimento *pari passu* com a própria indústria elétrica brasileira, a partir do crescimento da participação estatal ocorrida pós década de 1930. O foco inicial se pautou no aproveitamento do potencial hidráulico que, ao longo do século XX, combinou-se com o rápido crescimento da demanda (principalmente em função do processo de industrialização) e também com avanços tecnológicos, possibilitando a construção de empreendimentos de porte cada vez maiores. Tal processo pode ter contribuído para a formação de uma visão sistêmica nacional do setor, vislumbrando-se ganhos através de economias de escala e escopo.

Essa visão se consolida após a criação da Eletrobras, sobretudo em seu papel no planejamento e operação do sistema, o que permitiu não só ganhos de cunho econômico, mas também em termos de estabilidade e segurança energética de todo o setor elétrico, dada a complementaridade hídrica entre as regiões do país.

A interligação física dos subsistemas, conforme apontando anteriormente, se inicia a partir do Sul-Sudeste com a entrada em operação de Itaipu. “No primeiro mandato de FHC, houve a interligação Norte-Sul, obra coordenada pela Eletrobras e executada por Furnas e Eletronorte, estabelecendo a conexão entre os sistemas elétricos interligados Sul-Sudeste e Norte-Nordeste.” CPDOC-FGV (2020). Ao adquirir essa condição, passa a ser denominado de Sistema Interligado Nacional (SIN). PINTO JR. et al., (2016, p. 229) descreve assim o processo de formação do SIN:

“Em primeiro lugar, tratou-se de construir reservatórios para fazer face à intermitência das chuvas, de tal forma a regularizar os fluxos de geração hidrelétrica; em segundo lugar, cuidou-se de coordenar a gestão dos reservatórios presentes em um mesmo rio

ou bacia, de tal forma a aproveitar o máximo o seu potencial; e, em terceiro lugar, aproveitou-se a diversidade hidrológica existente entre as diversas bacias e regiões para explorar ao máximo a capacidade dos reservatórios, regularizando em uma capacidade quase continental o estocástico regime pluviométrico.” PINTO JR. et al., (2016, p. 229).

Os autores destacam ainda,

“Essa sofisticada gestão dos reservatórios constitui o coração do sistema elétrico brasileiro. A partir dela se articula toda a base técnica, organizacional e institucional do nosso setor elétrico. As regras de despacho, o papel das térmicas, a utilização dos modelos, a tarifação, o custo marginal, o PLD, entre outros tantos instrumentos técnicos e econômicos, são manifestações da natureza basicamente hidráulica na qual a otimização dos reservatórios cumpre um papel decisivo na garantia do suprimento e na modicidade tarifária.” PINTO JR. et al., (2016, p. 229).

Segundo MERCEDES et al. (2015), essa possibilidade de transmissão de energia entre os subsistemas, devido à interligação, permite uma economia da ordem de 25% em termos de geração. A capacidade instalada da base hidráulica está distribuída ao longo de 16 bacias hidrográficas cobrindo grande parte do território nacional. “As usinas térmicas, em geral próximas aos centros de carga, são despachadas em função das condições hidrológicas vigentes, permitindo a gestão dos estoques de água armazenada nos reservatórios” (ONS, 2020).

A operação do SIN se centraliza no ONS, cujo principal objetivo está pautado na otimização dessa atividade, priorizando os critérios de segurança de abastecimento, custo e estabilidade do sistema, conforme apontado por MERCEDES et al. (2015). Sua periodicidade, é planejada de forma diária, semanal, mensal, quadrimestral, anual e de longo prazo. ZAMBON (2015), afirma que “essas decisões de planejamento definem o armazenamento nos reservatórios de regularização das usinas hidrelétricas, o despacho das usinas termelétricas e os intercâmbios de energia entre as diferentes regiões do país, e estão condicionadas pelas previsões de expansão do sistema e de crescimento da demanda.”

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é responsável pela elaboração de estudos e planejamento em expansão tanto da capacidade de geração quanto de transmissão do sistema. No tocante à geração, busca-se atender aos critérios técnicos de adequação (investimentos em ativos físicos para a garantia de disponibilidade de energia) e firmeza (conformidade entre os ativos instalados e o planejamento da operação). Para a transmissão, são produzidos os planos de expansão de médio e longo prazo, além dos estudos de viabilidade técnico-econômica e

socioambiental dos empreendimentos. A empresa também é responsável pelo cálculo da garantia física¹⁰ das usinas e estudos sobre o consumo de eletricidade no país (EPE, 2020).

3.3 Comercialização no âmbito do SIN

Apesar da essência mercadológica da reestruturação do setor elétrico na década de 1990 permanecer até os dias atuais, a reforma de 2004, além de alterações promovidas nas áreas de planejamento, centrou seus esforços de mudança na comercialização. Através dos novos ambientes de contratação (ACR e ACL) e a reestruturação dos leilões de energia, acreditava-se ter contornado aquilo que muitos especialistas do setor consideravam, e ainda consideram, um equívoco basilar de ambas as reformas: a insistência na manutenção da estrutura mercantil para um sistema que nunca foi pensado, projetado e construído sob este alicerce.

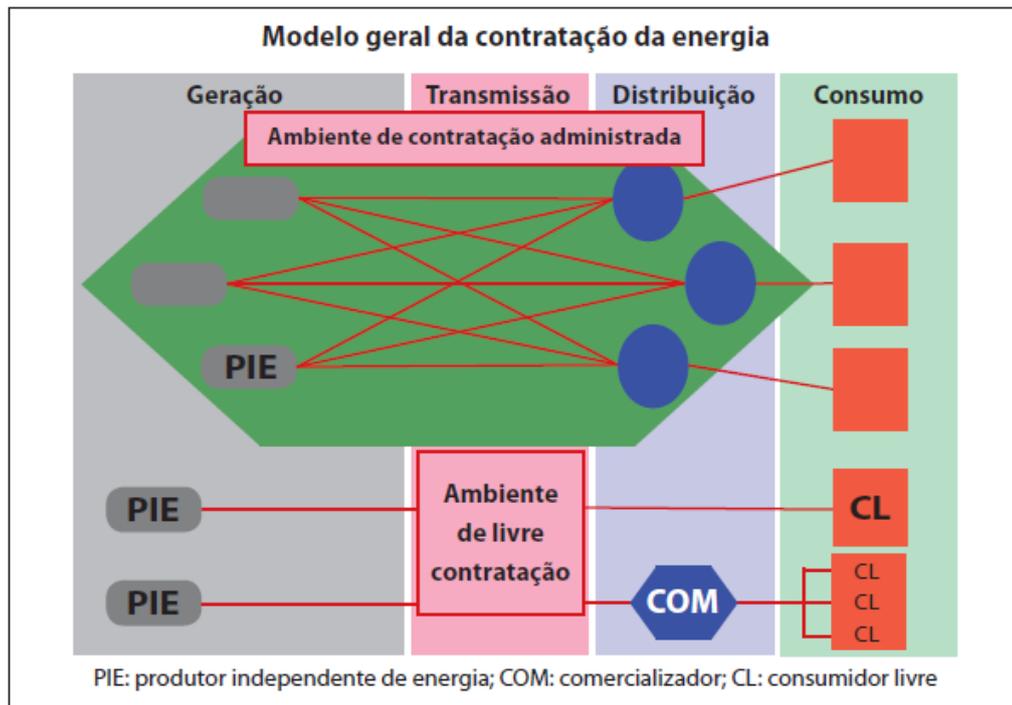
Conforme se pode ver pela figura 6, os ambientes de contratação possuem características e regramentos distintos. Pelo lado dos ofertantes, há liberdade de atuação em qualquer desses ambientes. Já pelo lado dos demandantes, existe diferenciação.

Os consumidores cativos são atendidos unicamente por meio das distribuidoras, em regime de monopólio regulado pela ANEEL. A contratação é feita por meio de leilões em modelo de *pool*, composto por produtores individualmente e o conjunto de distribuidoras, obrigadas a contratar 100% de sua demanda no ACR. A energia vendida é então dividida proporcionalmente em função da demanda destas, na forma de contratos bilaterais entre cada gerador e a distribuidora. Desde 2004, os leilões de energia nova foram o principal instrumento utilizado para a expansão da oferta no sistema (CPDOC-FGV, 2020).

Para os players do ACL, as relações comerciais são estabelecidas por meio de contratos bilaterais baseadas em livre concorrência. Os consumidores livres (CL) podem celebrar esses contratos diretamente com produtores ou por intermédio de agentes de comercialização. As barreiras institucionais se resumem apenas às condições mínimas exigidas para a classificação como CL (PINTO JR. et al., 2016). De acordo com CCEE (2019), a partir de 1º de janeiro de 2020, poderão se enquadrar nessa classificação, consumidores com carga igual ou superior a 2.000 kW.

¹⁰ Medida em MW médios, “a garantia física determina a quantidade de energia que um equipamento de geração consegue suprir dado um critério de suprimento definido. É utilizada para dois fins fundamentais no Brasil: define a quantidade máxima de energia que um equipamento pode comercializar e, no caso das hidrelétricas, define sua cota de participação no Mecanismo de Realocação de Energia.” (EPE, 2020)

Figura 6 – Estrutura de comercialização de energia do setor elétrico



Fonte: MME (2003) apud MERCEDES et al. (2015)

Conforme explica PINTO JR. et al., (2016, p. 224), a demanda básica de energia, a ser licitada nos leilões, é definida a partir dos agentes de distribuição e os contratos firmados após a ocorrência dos mesmos seguem critérios temporais, com a seguinte classificação:

- Energia nova: mínimo de 15 e máximo de 30 anos, contados a partir do início da operação dos empreendimentos;
- Energia existente: mínimo de 5 e máximo de 15 anos, a partir do ano seguinte à realização do leilão;
- Ajuste: máximo de 2 anos, não podendo exceder 1% da carga total contratada por cada agente de distribuição;

Ao se considerar o ano base de início do suprimento como “A”, os leilões de energia existente são realizados com um ano de antecedência (A-1), os de energia nova em (A-3) ou (A-5) e os de ajuste preveem a entrega de energia elétrica num prazo máximo de 4 meses a partir da realização do leilão. Além dos critérios temporais, existe a possibilidade de realização de leilões seguindo outros parâmetros como quantidade e disponibilidade de energia. No primeiro caso, o risco hidrológico é assumido pelos vendedores, enquanto no segundo caso,

pelos compradores. Essa sistemática de leilões visa a contratação de energia no longo prazo reduzindo, em tese, o risco de escassez de suprimento (PINTO JR. et al., 2016).

O processo de formação do setor elétrico brasileiro se inicia de forma descentralizada, com vistas ao atendimento de interesses privados. Com o passar do tempo, o papel do governo federal se torna cada vez mais relevante até que, durante as reformas liberais da década de 1990 e a privatização da maior parte das distribuidoras estaduais, os entes federativos perdem a capacidade de participação direta na prestação do serviço. Uma das companhias que ainda permanece sob controle estadual é justamente a de Minas Gerais.

Além do mais, se por um lado a federalização e a interligação do sistema trouxe benefícios em termos de investimentos e aproveitamentos energéticos, por outro, impactou diretamente a autonomia dos estados. O fato das principais políticas e o planejamento da expansão do setor, a operação do sistema, a regulação e parte importante da formação dos preços pagos pela energia ocorrerem fora do âmbito estadual, mostra a dimensão do desafio, ao menos considerando os horizontes de curto e médio prazos, na formulação e gestão de uma estratégia visando a autossuficiência em energia elétrica.

4 ESTUDO SOBRE AUTOSSUFICIÊNCIA EM ENERGIA ELÉTRICA DE MINAS GERAIS

4.1 Contextualização do estudo de caso

Neste capítulo, pretende-se aplicar o conceito de autossuficiência energética desenvolvido na parte inicial dessa dissertação ao estado de Minas Gerais (MG). Conforme o capítulo 2, o conceito de AE pode ser aplicado a sistemas energéticos de várias escalas (pontual a nacional), bem como às cadeias energéticas baseadas em arranjos técnicos de fonte única, ou híbridos. Assim, o domínio no qual se propõe este estudo é o da eletricidade, uma das principais fontes de energia no presente.

Apesar da centralidade do papel da União em torno das questões que envolvem o planejamento e o estabelecimento de políticas energéticas no Brasil, ANJOS (2019) e COLLAÇO (2019) destacam que o debate em torno da descentralização dessas atribuições tem ganhado cada vez mais relevância entre especialistas e pesquisadores, cujos trabalhos avaliam benefícios e obstáculos de uma abordagem de planejamento *bottom up* em escalas locais, regionais e nacionais. Entre outros elementos, essa descentralização favoreceria a transição energética para modelos mais sustentáveis, além de resultar na “melhoria do bem-estar e qualidade de vida dos cidadãos e inclusão da participação popular no planejamento” (COLLAÇO, 2019).

Com foco sobretudo nessa possibilidade de melhoria em relação ao bem-estar e qualidade de vida, o estudo privilegia a caracterização da demanda (atual e futura) por energia elétrica do setor residencial mineiro de forma a atender ao requisito tido como mais relevante da AE, a universalização de acesso aos serviços energéticos.

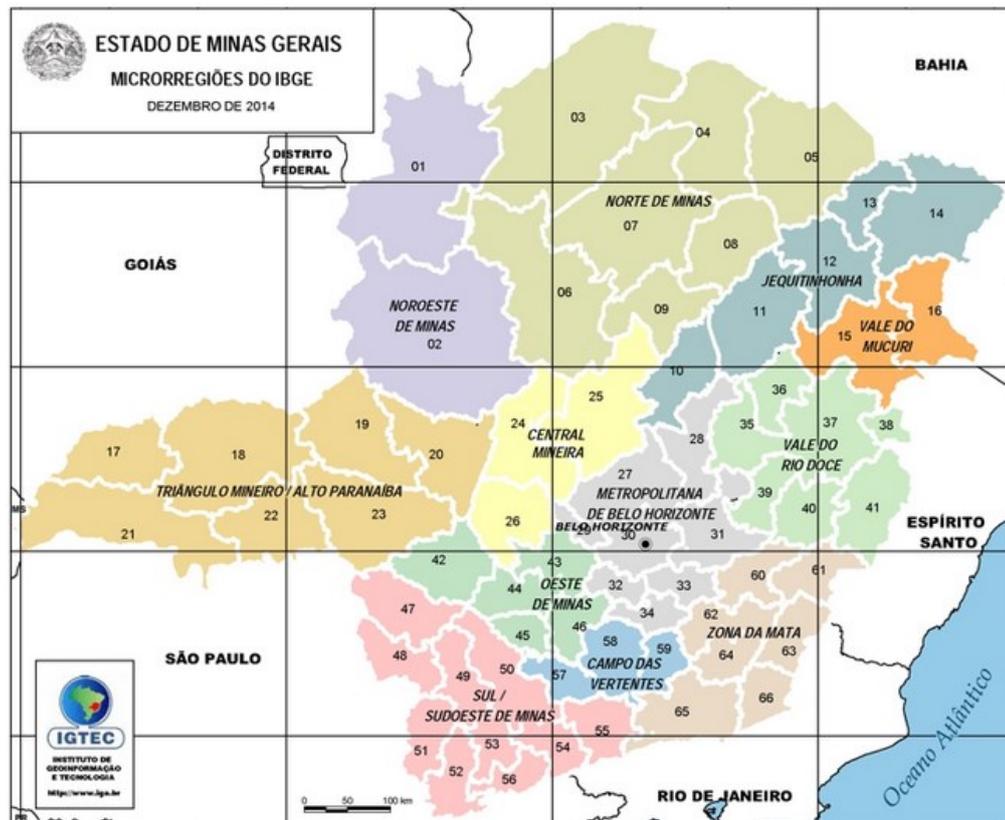
O quadro estabelecido alicerçou as análises e conclusões dessa dissertação, mas, espera-se, possa também prestar-se ao embasamento de formulação e estabelecimento de políticas e estratégias de planejamento energético em âmbito estadual, visando a autossuficiência.

4.2 Panorama socioeconômico do estado

Minas Gerais integra a região sudeste do Brasil em uma área de 596 mil Km², população estimada de 21.292.666 (em 2020), IDH 0,731 (em 2010), rendimento mensal domiciliar *per capita* de R\$ 1.314,00 (em 2020) e uma frota de 11.191.341 veículos registrados (em 2018) (IBGE, 2021).

O estado possui 853 municípios (percentual de urbanização de aproximadamente 85%), subdivididos, segundo critérios do IBGE, em 12 mesorregiões (Noroeste de Minas, Norte de Minas, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Central Mineira, Metropolitana de Belo Horizonte, Vale do Rio Doce, Oeste de Minas, Sul e Sudoeste de Minas, Campos das Vertentes e Zona da Mata) e 66 microrregiões (fig. 7).

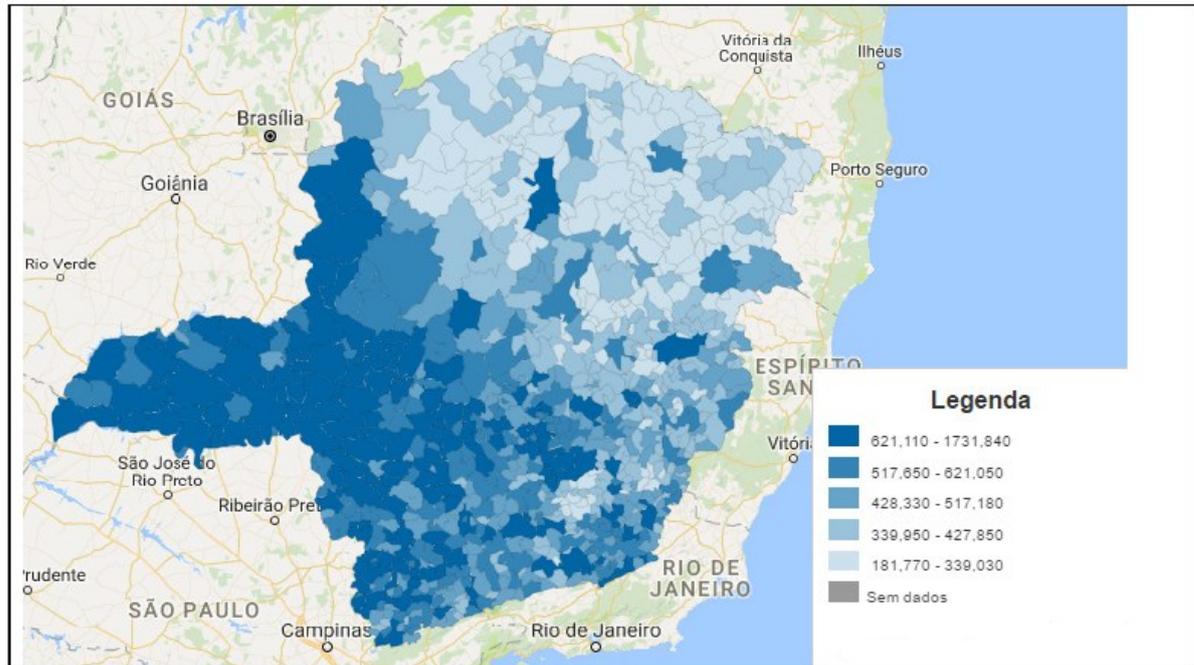
Figura 7 – Meso e microrregiões de MG segundo critério do IBGE



Fonte: Minas Gerais, 2021

Minas apresenta um padrão de desigualdade regional semelhante ao nacional, no qual há concentração populacional e índices de IDH superiores em média nas regiões Central, Sul de Minas e Triângulo, enquanto o oposto ocorre no Noroeste, Norte e Jequitinhonha/Mucuri. De acordo com SANTOS (2018), entre as 10 cidades mineiras de maior IDH nenhuma se localiza nestas últimas regiões que, por sua vez, abrigam 8 das 10 cidades de IDH mais baixo.

Figura 8 – Renda per capita estadual em R\$ - em 2010



Fonte: SANTOS, 2018

Segundo SANTOS (2018), Minas pode ser vista como uma “área de transição ou como um gradiente entre o sul/sudeste do país, por um lado, e o Nordeste brasileiro por outro”, guardando estreita relação “social, econômica e até cultural com seus vizinhos” nas regiões de fronteira. O autor atribui a falta de simetria em investimentos e políticas, por parte do Estado, tanto na esfera federal quanto estadual, observada ao longo de todo o processo de formação dos territórios nacionais, como uma das principais causas dessa disparidade.

A tabela 5, destaca um comparativo do percentual de acesso domiciliar aos serviços públicos de abastecimento de água, ligação à rede de esgoto e coleta direta de lixo entre a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), Minas Gerais e Brasil nos anos de 2018 e 2019. Os dados apresentados ilustram a desigualdade intraestadual.

Tabela 5 – Acesso a serviços de Saneamento Básico

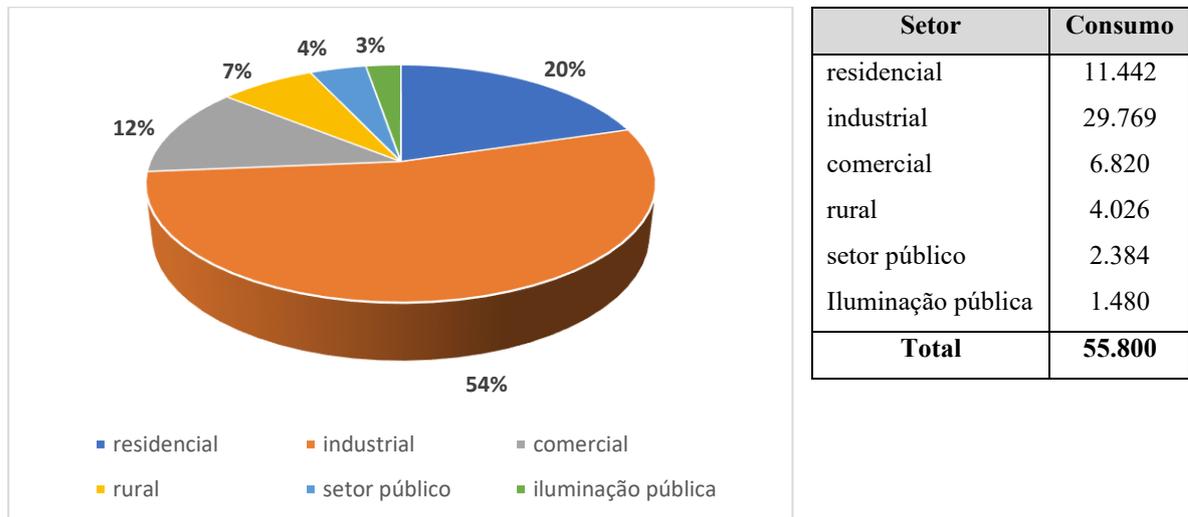
	2018			2019		
	RMBH	MG	BR	RMBH	MG	BR
Percentual de Domicílios ligados à rede geral de Abastecimento de Água	98,2	88,7	85,8	98,7	89,1	85,5
Percentual de Domicílios ligados à rede geral de Esgotamento Sanitário	92,7	82	66,3	92,2	81,7	67,8
Percentual de Domicílios com coleta direta do lixo por serviço de limpeza no Brasil	96,8	87,3	83	95,3	87,3	84,4

Fonte: Elaboração própria a partir de Minas e-dados – FJP, 2019

Em termos econômicos, Minas Gerais possui o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) nacional, atrás apenas de São Paulo e Rio de Janeiro, cujos resultados, em valores correntes em 2018, foram respectivamente R\$ 606 bi, R\$ 2.237 bi e R\$ 759 bi. Em 2019, o PIB *per capita* do estado foi de R\$ 29.855,00 enquanto o nacional foi de R\$34.533,00 (FJP, 2019; CEPERJ, 2021).

Em 2018, o PIB mineiro teve a seguinte composição: 68% (setor de serviços), 26% (indústria e mineração) e 6% (agropecuária). O produto de maior destaque da indústria mineira é o ferro-gusa, enquanto na mineração, o minério de ferro. No setor agropecuário, são café, batata inglesa e leite (FJP, 2019). A figura 9 destaca o consumo de energia elétrica (percentual e absoluto) dos principais setores no estado em 2019.

Figura 9 – Consumo de energia elétrica por setor em 2019 - GWh

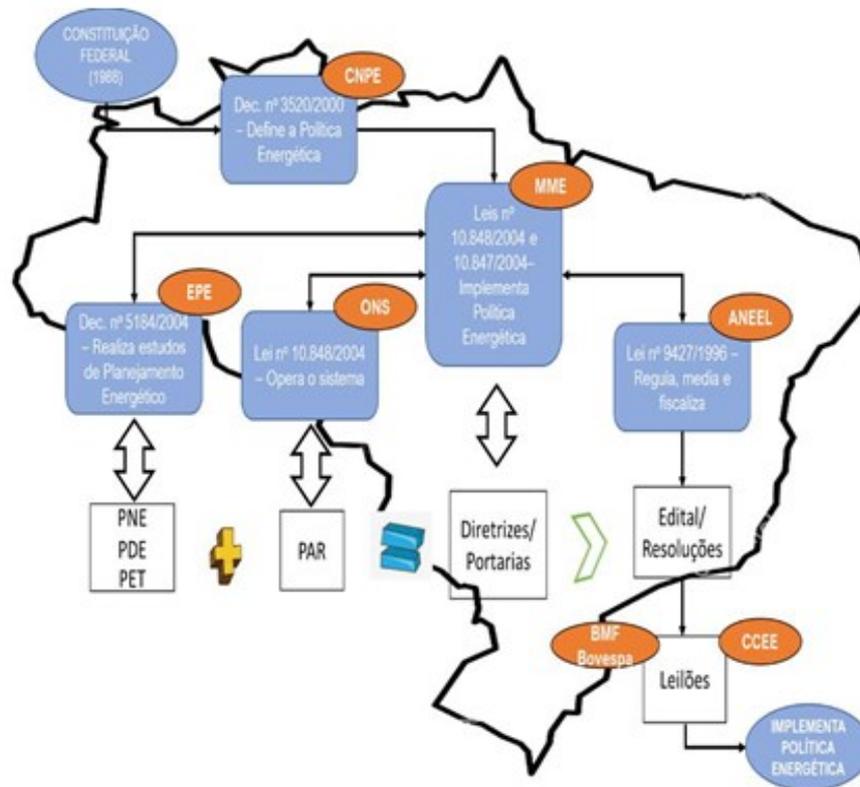


Fonte: Elaboração própria a partir de SIEBRASIL – MME, 2021

4.3 Âmbito regulatório e políticas energéticas estaduais

Conforme discutido no capítulo 3, as reformas liberais da década de 1990 alteraram a estrutura de planejamento e execução de políticas energéticas, introduzindo também a atual estrutura de regulação. O poder concedente do setor elétrico manteve-se no nível federal, com criação de novas instituições e delegação de responsabilidades, permanecendo inalterado o limite de autonomia dos estados, no que tange à legislação e regulação. A figura 10 procura ilustrar o fluxo, os agentes e os principais instrumentos envolvidos na implantação das políticas para o setor elétrico.

Figura 10 - Fluxograma com a legislação vigente e os atores de influência no estabelecimento da Política e Planejamento Energético



Fonte: Adaptado de COLLAÇO, 2019

Nota: Os atores e instrumentos, simplificados na forma de suas siglas nessa figura, foram abordados mais detalhadamente no capítulo 3. Entre os documentos de responsabilidade da EPE estão o PNE (Plano Nacional de Energia); PDE (Plano Decenal de Expansão da Energia); PET (Programa de Expansão da Transmissão) enquanto o ONS elabora o PAR (Plano de Ampliação e Reforços).

Nota-se a carência de participação mais audaciosa de estados e municípios na proposição e implantação de políticas energéticas, o que, pode-se supor, em parte seja explicado pela federalização do poder concedente. Todavia, os estados de São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ), no início da década de 2010, se destacaram dos demais a partir de algumas iniciativas que valem a pena citar.

São Paulo, por meio da lei nº 11.248 de 04/11/2002, criou o Conselho Estadual de Política Energética (CEPE) responsável pela elaboração, em 2012, do Plano Paulista de Energia - PPE 2020. Em consonância à Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), regulamentada pelo decreto nº 55.947 de 24/06/2010, e, escrito com a colaboração de mais de 70 entidades, o PPE 2020 tinha como meta alcançar um percentual de 69% da matriz energética a partir de fontes consideradas limpas ao final do decênio 2011-2020. Tal percentual seria

atingido por meio de “bioeletricidade, troca de energéticos poluentes por combustíveis verdes, racionalização da matriz de transportes, geração de energia por meio de resíduos sólidos e em pesquisa, desenvolvimento e eficiência energética” (PPE 2020, 2012). Entretanto, o lento avanço na consecução da referida meta ao longo do período¹¹, culminou na desativação do CEPE e da Secretaria de Energia, por meio decreto nº 64.059 de 01/01/2019, no primeiro dia de mandato do governador João Doria. Parte das funções de ambos foram absorvidas pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente.

O Rio de Janeiro se destaca pela produção de petróleo e gás natural (76% e 57% da produção nacional em 2018 respectivamente), maior geração de energia elétrica a partir de térmicas a gás (5,2 GW de potência instalada em 2018) e o único em geração nuclear (2 GW em 2018), além de ser sede das principais empresas do setor que atuam no país. Em setembro de 2011, regulamentou-se por meio do decreto nº 43191, o programa Rio Capital da Energia. O objetivo central era tornar o estado “referência mundial em racionalização, inovação tecnológica e sustentabilidade ambiental na área de energia”. O programa sofreu alterações em 2013 e 2014 sendo reestruturado recentemente por meio de outro decreto (nº 46.808 de 29/10/2019), apresentando, pela primeira vez, a meta de construção de um plano estadual de energia.

No que tange ao estado de Minas, diferentemente do que foi feito em SP, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) coordenou, em 2015, a elaboração do Plano Estadual de Energia e Mudanças Climáticas (PEMC), unificando as diretrizes das políticas energéticas às de cunho ambiental. Outra iniciativa partiu da Assembleia Legislativa, regulamentando, por meio do decreto nº 46296 de 14/08/2013 o Programa Mineiro de Energia Renovável (ALMG, 2013). Por fim, o decreto nº 47.231 de 04/08/2017, do governo estadual, alterou o regulamento do ICMS – RICMS de forma a incentivar a mini e microgeração de energia a partir de fontes renováveis.

Um elemento comum observado tanto em nível nacional, quanto estadual (presente nos exemplos anteriormente citados) e que não se restringe apenas à energia, mas também a outros programas e políticas públicas de longo prazo, se pauta pela descontinuidade destes, geralmente após a eleição de novos governantes. Nesse sentido, uma mudança de paradigma por parte das lideranças brasileiras faz-se necessária para não se dispende tempo e/ou outros recursos em uma mesma questão recorrentemente. Não obstante, é importante também o estabelecimento

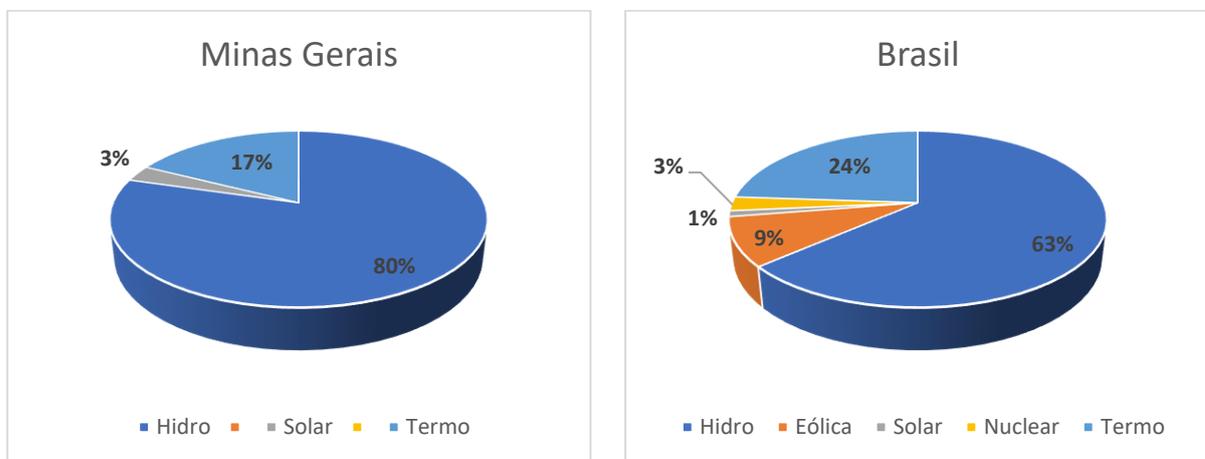
¹¹ De acordo com o Balanço Energético do Estado de São Paulo 2020, em 2019 a participação de fontes renováveis na oferta interna bruta de energia (oferta total – exportações) foi de 60,2%. Em 2010, esse percentual era de 55,1% (PPE 2020, 2012)

de metas e ações concretas, bem como de indicadores e outros instrumentos que permitam o acompanhamento e ajuste dos referidos programas e políticas públicas de forma a alcançar os objetivos inicialmente traçados.

4.4 Principais fontes e a geração de energia elétrica em MG

A figura 11 estabelece um paralelo entre as principais fontes de oferta de energia elétrica de Minas Gerais e do Brasil em 2019.

Figura 11 – Geração de energia elétrica por fonte em 2019

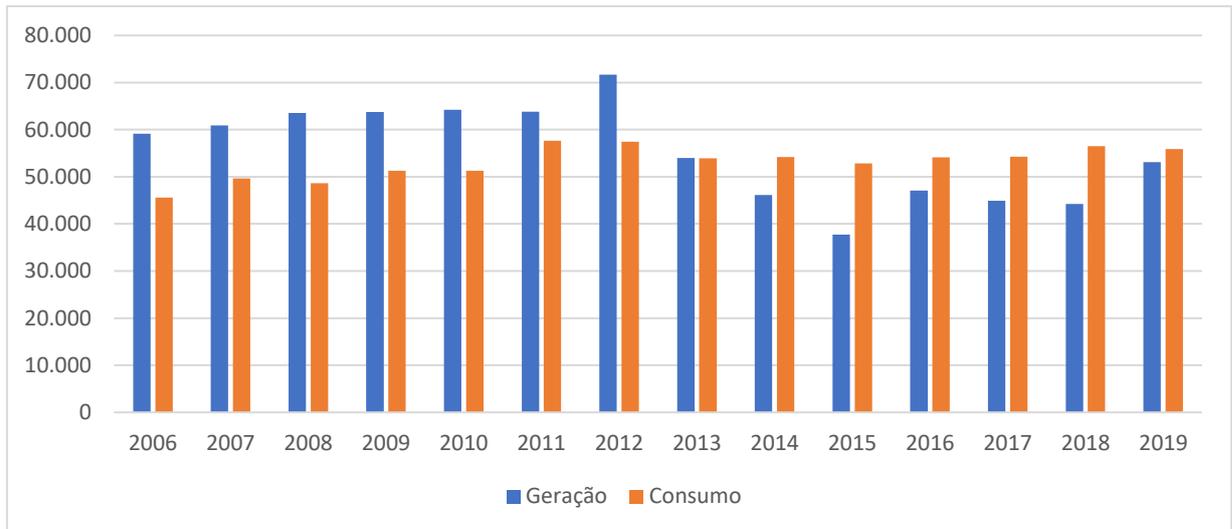


Fonte: Elaboração própria a partir de BEN 2020 (EPE, 2020).

O total de energia elétrica gerada no Brasil foi de pouco mais de 636 TWh, destacando-se as fontes hídrica, térmica e eólica. No caso das térmicas, responsáveis por 149 TWh, os principais combustíveis são gás natural (60 TWh), bagaço de cana (36 TWh), carvão (15 TWh) e lixo (13 TWh). Em Minas Gerais, a geração total no ano foi de 53 TWh, com 80% dessa energia de base hídrica. As térmicas vêm em seguida com 9,3 TWh, dos quais o bagaço de cana (4,8 TWh) e o gás natural (1,7 TWh) somados representam mais de 70% desse valor. O estado foi o segundo maior produtor de energia elétrica a partir de fonte solar no país, 1,6 TWh (quase um quarto da produção nacional), atrás apenas da Bahia (1,7 TWh). São Paulo ocupa a terceira posição com 0,63 TWh gerados (EPE, 2020).

O gráfico 4 ilustra a relação entre geração e o consumo de energia elétrica em MG entre os anos de 2006 a 2019.

Gráfico 4 – Geração x consumo de energia elétrica em MG de 2006 a 2019 - GWh



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE 2020, 2015 e 2011

Pode-se notar que, de 2006 a 2012, a geração foi significativamente superior ao consumo, atingindo em vários momentos patamares superiores aos 60 TWh com pico em 2012 de 71,6 TWh. A demanda por sua vez, em quase todo período, se mantém numa faixa entre 50 TWh e 56 TWh com pico, em 2011, de 57,6 TWh.

4.4.1 Capacidade instalada

Atualmente estão em operação em Minas 754 empreendimentos, cuja potência total outorgada¹² é de pouco mais de 16.600 MW (Tabela 6). A Figura 12 mostra a distribuição territorial das usinas hidrelétricas e térmicas em 2019, responsáveis por quase 97% da capacidade de geração de energia elétrica em MG. O Gráfico 5 relaciona a evolução da capacidade instalada e a geração de energia elétrica entre os anos de 2010 e 2019.

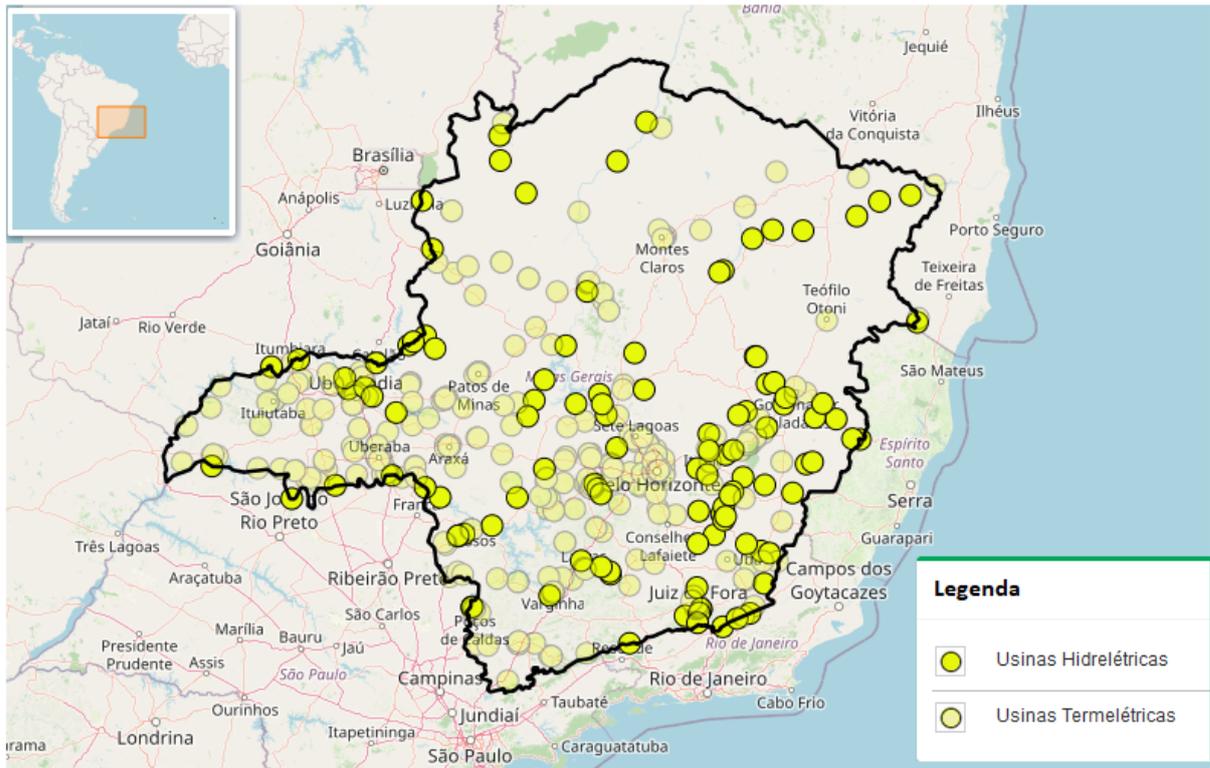
Tabela 6 – Capacidade Instalada em operação no estado de MG – kW

Fonte	Potência Outorgada	Quantidade	%
UHE	12.576.941	53	75,8
PCH	774.479,2	65	4,7
CGH	182.539,3	166	1,1
UTE	2.524.69,7	439	15,2
UFV	541.942,7	30	3,3
EOL	156	1	0
Total	16.600.748,9	754	100

Fonte: SIGA – ANEEL, 2021

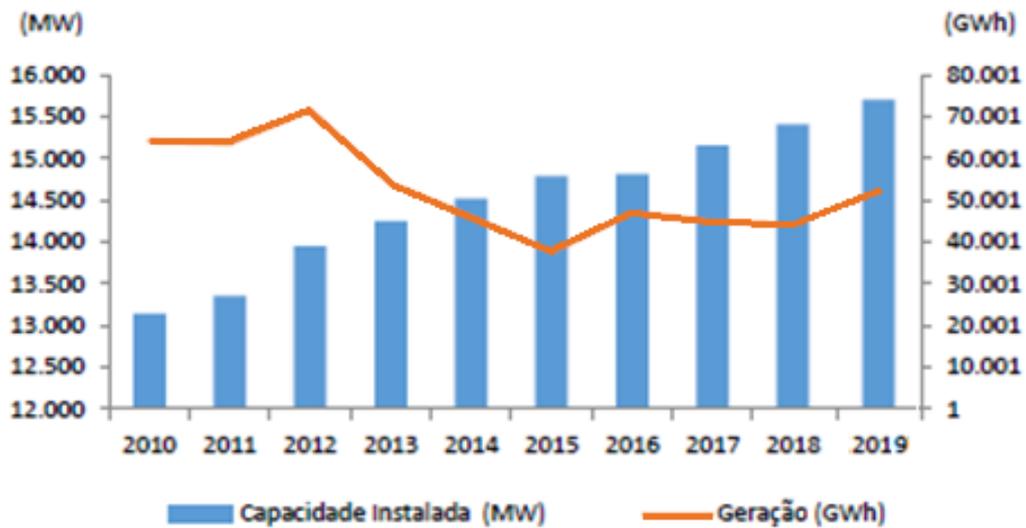
¹² “Outorgas de concessão do serviço público de energia são atos destinados a conceder a agentes privados a responsabilidade por produzir, transmitir e distribuir energia elétrica para todo o país.” (ANEEL, 2021)

Figura 12 – Distribuição das hidrelétricas e térmicas em operação em MG - 2019



Fonte: IDE – SISEMA, 2021

Gráfico 5 – Capacidade instalada e geração em MG – 2010 a 2019



Fonte: Adaptado de FJP (2019) e EPE (2020)

Conforme mostrado no gráfico 5, entre 2010 e 2019, a capacidade instalada no estado cresceu de pouco mais de 13.300 MW para 15.600 MW. Nesse crescimento, destacaram-se 684 MW e 534 MW em fontes hídrica e solar respectivamente para atendimento público e quase 1000 MW em térmicas de autoprodutores¹³.

Os dados de oferta de energia anteriores à 2013 (gráfico 4), somados ao aumento da capacidade, atualmente em mais 16.600 MW, indicam que a indústria elétrica mineira teria condições técnicas de suprir toda sua demanda. A queda brusca na geração a partir de 2013 pode ser explicada, em parte, devido a índices pluviométricos abaixo da média histórica ao longo de quase todo o período, ocasionando o deplecionamento dos reservatórios e a restrição sobre a geração hídrica. Pelo fato de quase 80% da energia elétrica no estado ter origem nessa fonte, o impacto sobre a produção de energia é majorado.

Os principais agentes em operação na geração de energia elétrica são as empresas estatais e suas subsidiárias totalizando 52 dos 754 empreendimentos. Apesar do baixo número absoluto, apenas o grupo CEMIG e FURNAS respondem por 8.919 MW (54% da capacidade total em 2019). O primeiro possui 40 empreendimentos responsáveis por quase 3.000 MW, enquanto a segunda, 7 usinas hidrelétricas que somam quase 6.000 MW. (SIGA – ANEEL, 2021)

Por fim, vale destacar o aumento da capacidade instalada de mini e micro geração distribuída, desprezível em 2015, aumenta para cerca de 427 MW em 2019. Esse montante era quase o dobro da de São Paulo (245 MW), superior à de todos os estados do nordeste (349 MW), do centro-oeste (315 MW), da região norte (68 MW) e mais de 2/3 do total da região sul (630 MW). (BEN 2020)

4.4.2 Transmissão e distribuição de energia

A rede básica de transmissão, assim como a localização das principais subestações operadas pelo ONS são mostradas na figura 13.

¹³ Pessoa física, jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo. Decreto nº.: 2.003, de 10 setembro de 1996. (Anuário estatístico da energia elétrica – EPE 2020)

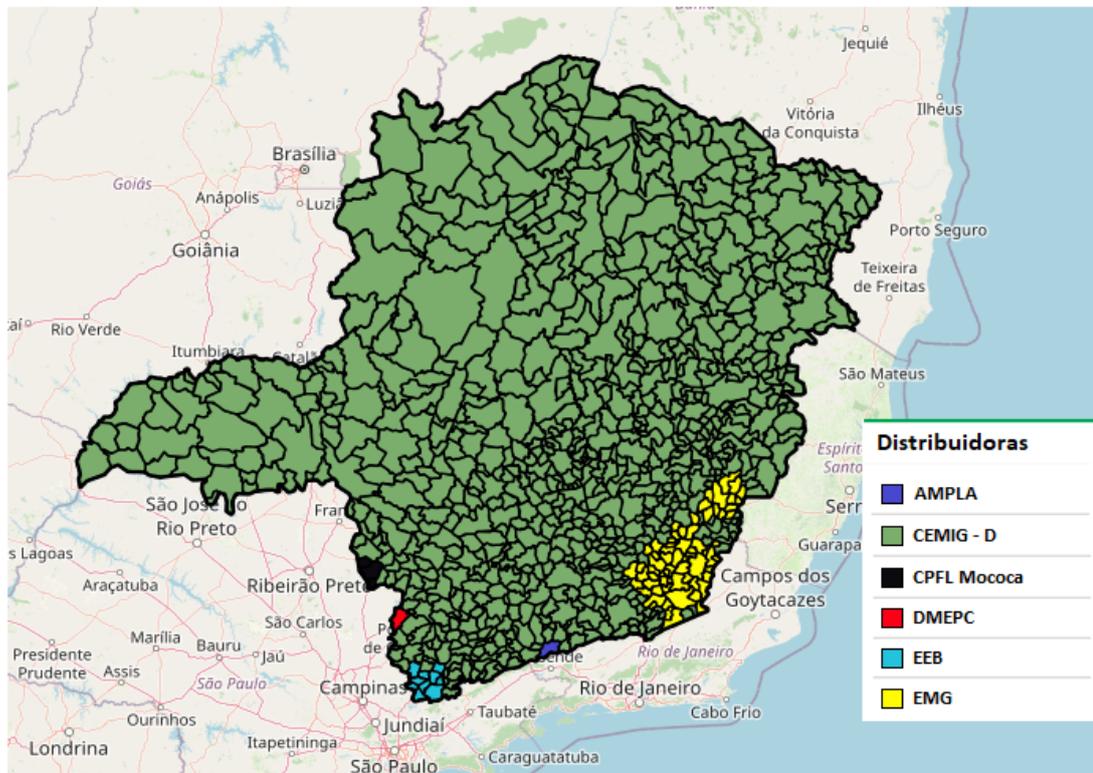
Figura 13 – Detalhamento das principais linhas de transmissão e subestações do ONS em operação em MG - 2019



Fonte: SIGEL - ANEEL, 2021

Com relação à distribuição, atualmente existem 6 empresas atuando no estado, porém a CEMIG, é responsável pela prestação do serviço em 805 dos 853 municípios (figura 14), com uma rede de mais 400 mil km de extensão. A Energisa – Minas Gerais (EMG) ocupa a segunda posição, porém em número notadamente inferior de cidades. Dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020, publicado pela EPE, posicionam a estatal mineira como a maior distribuidora do setor residencial no Brasil com um consumo de 51.941 GWh (10,8% do total nacional) e 8.552.921 unidades consumidoras, ambos em 2019.

Figura 14 – Distribuição municipal de energia elétrica - 2019



Fonte: IDE – SISEMA, 2021

Nota: AMPLA - Ampla Energia e Serviços S.A (distribuidora controlada pelo Grupo ENEL); CEMIG D - Cemig Distribuição S/A; CPFL Mococa - Companhia Luz e Força Mococa; DMEPC - Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas; EEB - Empresa Elétrica Bragantina; EMG - Energisa Minas Gerais

4.5 Parâmetros de eficiência, suficiência e qualidade

A eletricidade está entre as fontes de energia que apresentam as mais altas taxas de eficiência nos processos de conversão para seus usos finais. Além do mais, seu rendimento global em escala nacional, medido através da relação energia final/ energia útil, tem mostrado crescimento ao longo das últimas décadas. Em 1984, o valor calculado era de 58,1%, em 1994, 64,3% e, em 2004 (dado mais recente disponível), o rendimento aumentou para 68,8% (EPE, 2020). Essa evolução está relacionada principalmente ao desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, políticas de incentivo e migração para fontes mais eficientes. É importante ressaltar também investimentos feitos na redução de perdas e diferenças¹⁴ nas redes de

¹⁴ “Englobam as chamadas perdas técnicas nas redes de transmissão e distribuição e as denominadas perdas não técnicas, que consideram ligações irregulares/clandestinas, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição, efeito calendário, etc. Adicionalmente, as perdas totais contabilizam outras diferenças relativas aos próprios conceitos utilizados de carga global (ONS/CCEE) e de consumo na rede (EPE), como é o caso de alguns consumidores livres conectados na Rede Básica que possuem autoprodução de energia, cujo consumo é integralmente considerado na carga global, porém não no consumo na rede.” (Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 – EPE, 2020)

transmissão e distribuição, um dos pontos de crítica ao SIN, inerentes ao transporte de energia em longas distâncias. Em 2019, o total das perdas para cada subsistema teve a seguinte composição percentual: 30,7% para o subsistema Norte, 21,4% para o Nordeste, 19% para o Sudeste/Centro-Oeste e 13,2% para o subsistema Sul. (Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 – EPE, 2020)

No tocante à geração de eletricidade em MG, mais de 90% tem origem em fontes renováveis, evidenciando um elevado grau de suficiência de sua indústria elétrica. O binômio eficiência-suficiência forma uma das diretrizes para expansão do setor elétrico brasileiro descritas no Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) indicando uma tendência de evolução desses parâmetros no estado no médio e longo prazos.

“No caso do setor elétrico, deve-se avaliar a estruturação de mecanismos de mercado e inovações na rede elétrica de transmissão e distribuição do Sistema Interligado Nacional que viabilizem matriz elétrica ainda menos emissora, como certificados de energia limpa. Adicionalmente, deve-se buscar desenvolver mecanismos que potencializem a adoção de medidas de eficiência energética, haja vista a boa relação custo-benefício para mitigação de emissões.” (PNE 2050).

Para a medição da qualidade na prestação do serviço de distribuição, a ANEEL dispõe de um conjunto de indicadores individuais, coletivos e/ou de conformidade técnica. Desses, utilizou-se os indicadores coletivos de continuidade¹⁵ DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), como forma de se obter uma visão geral deste parâmetro em MG. Em 2019, a CEMIG-D obteve o índice anual de 10,64 para o DEC (teto estabelecido: 10,51) e 5,06 para o FEC (teto: 7,24). Em 2020, a medição dos índices foi de 9,64 e 5,05 respectivamente, ambos abaixo dos tetos de 10,31 e 6,98 (ANEEL, 2021). Apesar do descumprimento do limite do DEC em 2019, a empresa recupera em 2020 o padrão na qualidade de fornecimento estabelecido.

Por fim, vale destacar também o indicador IASC (Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor) que avalia anualmente os serviços prestados pelas distribuidoras de energia

¹⁵ “Os indicadores são apurados pelas distribuidoras e enviados periodicamente para a ANEEL para verificação da continuidade do serviço prestado. O DEC - expresso em horas e centésimos de hora - e o FEC - expresso em número de interrupções e centésimos do número de interrupções - representam, respectivamente, o tempo e o número de vezes que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica para o período considerado (mês, trimestre ou ano), o que permite que a Agência avalie a continuidade da energia oferecida à população.” (ANEEL, 2021)

elétrica, através de pesquisa amostral realizada diretamente com os clientes residenciais. As variáveis avaliadas são: qualidade percebida, valor percebido (relação custo-benefício), satisfação global, confiança no fornecedor e fidelidade. Em 2019, a CEMIG-D obteve o valor de 70,58 (escala de 0-100), o índice é considerado bom a partir de 60 e excelente a partir de 80 colocando a empresa na posição geral número 29 de um total de 53 concessionárias. (ANEEL, 2021)

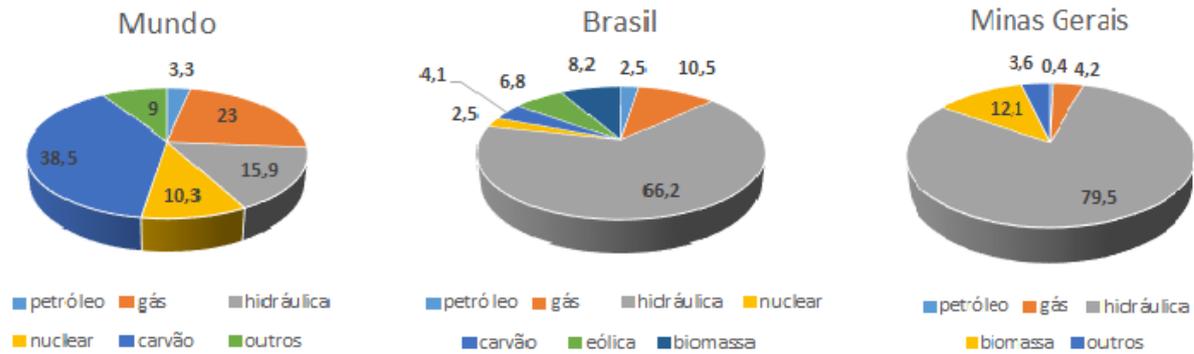
4.6 Sustentabilidade

Conforme exposto na conceituação do requisito de sustentabilidade na pirâmide de autossuficiência (*vide* página 28), o termo não se restringe apenas à dimensão ambiental, mas estende-se aos sistemas social e econômico, incluindo todas as cadeias produtivas do setor energético. Todavia, em face dos desafios impostos às gerações atual e futuras no que concerne à urgência de mitigação dos impactos sobre o meio ambiente, tal dimensão acaba por se destacar das demais.

Um dos caminhos apontados para a elevação do grau de sustentabilidade da sociedade moderna estabelece a necessidade de um processo de transição energética com o uso de fontes de baixo carbono e, quanto ao qual, a eletrificação seria um dos pilares, dada sua baixa emissão de poluentes quando considerada a ponta do consumo, dos usos finais.

As matrizes energéticas do Brasil e de Minas Gerais denotam suas posições de vanguarda nesse processo de transição frente à maioria dos outros países. Em termos de emissão de GEE por habitante por exemplo, o setor energético mineiro foi responsável, em 2010, por cerca de 2,04 tCO₂e/hab, enquanto China, União Europeia, e EUA emitiram 6,2 tCO₂e/hab, 7,4 tCO₂e/hab e 17,6 tCO₂e/hab respectivamente. Mesmo ao levar em consideração as perspectivas de aumento para o estado (2,6 tCO₂e/hab em 2020 e 3,21 tCO₂e/hab em 2030) a discrepância ainda permanece em patamares elevados (Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais – FEAM, 2015). As posições de destaque do Brasil e Minas Gerais explicam-se, em parte, pela contribuição de suas indústrias elétricas, nas quais a maior parcela da geração se dá por renováveis (Fig. 15).

Figura 15 – Percentual de geração de energia elétrica por fonte – ano 2017



Fonte: Elaboração própria a partir de BEN anos 2020 e 2018 (EPE, 2020 e 2018)

Pode-se ver pela figura acima, que a participação das fontes renováveis em MG (91,6%), já em 2017, era superior até mesmo comparada à do Brasil (81,2%), fazendo do estado uma referência em sustentabilidade tanto em cenário nacional como mundial, além de um papel decisivo na consecução das metas brasileiras de redução de impactos ambientais estabelecidas, principalmente, por meio da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)¹⁶ e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)¹⁷. Por fim, tal papel tende a se manter no longo prazo, uma vez que a expansão prevista no âmbito das divisas do estado se dará majoritariamente por fontes mais limpas.

4.7 Universalização

No último segmento da pirâmide-conceito, aborda-se a universalização dos serviços de fornecimento de eletricidade à população mineira. Conforme descrito no capítulo 1, o PBCE procura estabelecer o que seria o consumo essencial de energia elétrica de um Domicílio Básico Padrão (DBP) em Minas no ano de referência de 2019.

A tabela 7 ilustra a renda média domiciliar nacional e a distribuição percentual para a região sudeste de cada classe econômica segundo cálculos e critérios da ABEP (2019). Apresenta-se também a distribuição percentual dos questionários de pesquisa da PPH 2019 aplicados em Minas seguindo valores muito próximos àqueles em escala regional. Dessa forma,

¹⁶ “Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, Lei 12.187 de 2009: define o compromisso nacional voluntário de redução de 36,1% a 38,9% das emissões projetadas até 2020. O decreto 7.390/10, que regulamenta a PNMC, instituiu o PDE como o plano setorial de mitigação e adaptação à mudança do clima do setor de energia.” (PNE 2050)

¹⁷ “Contribuição Nacionalmente Determinada – NDC: compromisso de reduzir, em 2025, as emissões de GEE em 37% e, em 2030, a indicação de reduzir em 43%, tendo o ano de 2005 como referência. Tais medidas consideram todo o conjunto da economia (abordagem economy-wide) em território nacional, não havendo uma distribuição formal da contribuição de cada setor específico.” (PNE 2050)

considerou-se que os dados de posse e hábitos de uso dos eletrodomésticos pelos mineiros, guardariam relação também com os estratos sociais.

Tabela 7 – Renda média e distribuição em função das classes sociais - 2019

Classe	Renda média domiciliar (R\$)	% por classe		Minas Gerais	
		Região Sudeste	Questionários	Questionários	%
A	25.554,33	3,1	42	42	3,82
B1	11.279,14	5,6	75	75	6,82
B2	5.641,64	20,5	251	251	22,82
C1	3.085,48	25,1	297	297	27,00
C2	1.748,59	26,3	263	263	23,91
D/E	719,81	19,4	172	172	15,63
TOTAL	-	100	1.100	1.100	100

Fonte: Elaboração própria a partir de ABEP (2019) e PPH (2019)

Nota: A distribuição percentual por classe econômica construída pela ABEP baseou-se em estudos probabilísticos nacionais do Datafolha e IBOPE Inteligência. A renda média de cada classe é calculada utilizando dados da PNADC de 2018 do IBGE.

4.7.1 Domicílio Básico Padrão de Minas Gerais em 2019

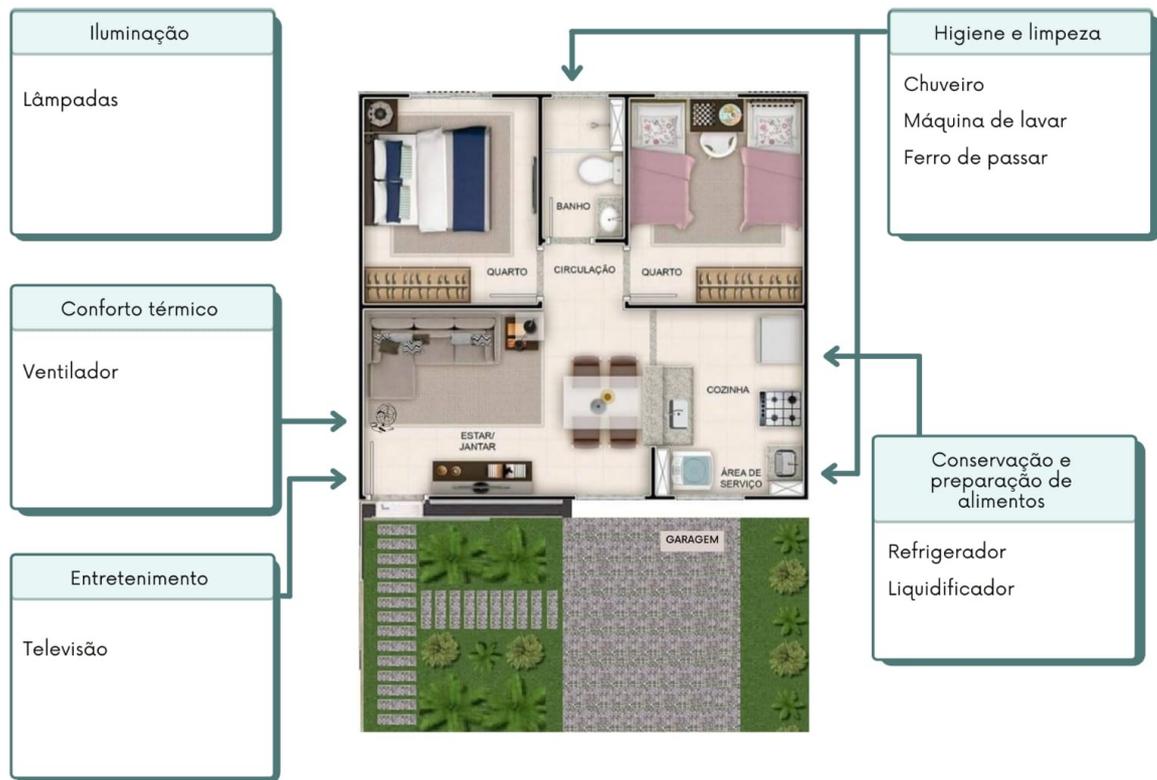
De acordo com a PPH 2019, os domicílios mineiros apresentaram uma média de 3,43 moradores, 75,3% maiores de 18 anos. Em termos de características construtivas, a maioria das entrevistas foram realizadas em casas de área construída média de 89 m², 91,7% em alvenaria, 72% com revestimento externo das paredes, telhado em laje de concreto (61%) e havia janela em mais de uma parede externa em 75,5% delas.

Em relação ao número de cômodos, o DBP foi composto de: 2 quartos, 1 banheiro, 1 sala (jantar/estar), 1 cozinha, 1 área de serviço e 1 garagem, total de 7 cômodos (Fig. 16). Por fim, em relação ao serviço de energia elétrica, em 99,73%, a origem é a rede geral de distribuição da concessionária de energia elétrica (PPH 2019).

4.7.2 Cálculo do PBCE em 2019

Os eletrodomésticos, cujos dados de posse na PPH 2019 atingissem o percentual mínimo de 60% nos domicílios mineiros, eram considerados básicos (*vide* itens 3 e 4 pag. 17) e, portanto, fundamentais para a provisão dos serviços definidos como essenciais: Iluminação, Conservação e Preparo de Alimentos, Entretenimento, Higiene/Limpeza e Conforto Térmico. A figura abaixo sintetiza os elementos principais de construção do PBCE em Minas.

Figura 16 – Domicílio padrão e serviços essenciais providos por eletricidade em MG – ano 2019



Fonte: Elaboração própria

Os dados da PPH 2019 para o serviço de iluminação indicaram que a maior parte das lâmpadas utilizadas no estado era fluorescente (50%), seguida das de LED (36%) e incandescente (11%, porém sua comercialização está restrita desde 2017 em atendimento à portaria nº 1.007 de 2010). A lâmpada escolhida como padrão foi uma de modelo fluorescente compacta de 15W de potência nominal.

Em relação à conservação e preparo de alimentos, 98,7% dos domicílios possuíam refrigerador, cuja capacidade média era de 350 litros, utilizado continuamente e adquirido recentemente (posse inferior a 6 anos). Devido à grande variedade de modelos de refrigeradores descritos na pesquisa, o cálculo do consumo foi feito a partir da média ponderada entre os dados do PROCEL e os tipos de refrigeradores presentes na PPH 2019. O outro eletrodoméstico relacionado a esse serviço é o liquidificador (9 de cada 10 domicílios o possuíam).

A televisão foi o único equipamento elétrico relacionado ao entretenimento, já que o rádio a pilha foi desconsiderado pela PPH 2019. Presente em mais de 98% das residências e utilizada em média por 5h ao dia, a maior parte delas foi adquirida há menos de 5 anos com

tamanho de tela médio de 40 polegadas. No horário das 19:00 às 22:00 o percentual de uso dos aparelhos ultrapassou 50%, enquanto nos demais horários esse índice foi inferior a 38%.

Máquina de lavar roupas (71%), ferro de passar (78%) e chuveiro (99,5%) compuseram os eletrodomésticos básicos para os serviços de higiene/limpeza. A primeira, utilizada por 8 a cada 10 entrevistados cerca de 2 dias na semana, executou em média 2,2 ciclos de lavagem por dia. A maior parte dos ferros de passar (62%) era do tipo ferro elétrico a seco e usados pouco mais de uma vez por semana e 27 minutos em média por dia de uso (cerca de 15% dos entrevistados possuem o aparelho, mas não o utilizam). Apesar da presença maciça de chuveiro nas residências mineiras, cerca de 35,5% não possuíam nenhum tipo de aquecimento, enquanto 60,4% utilizavam a energia elétrica para tal. Sua média diária de uso foi de 4,2 vezes por dia, sendo o tempo médio de banho de 8 minutos (equivalente a um uso diário de aproximadamente 33 min.) (PPH 2019). No cálculo do consumo considerou-se um chuveiro de potência nominal de 4.500 W (PROCEL, 2021).

O último dos serviços considerados essenciais foi o de conforto térmico no qual apenas o ventilador atingiu o corte estabelecido. Houve a diferenciação entre o modelo de teto e o portátil presentes em 9,5% e 60,8% dos domicílios respectivamente, sendo este último portanto, o modelo escolhido como referência. A média diária de uso calculada para o aparelho foi de 5,5h e 5 vezes por semana (na PPH 2019 não consta detalhamento de uso sazonal). O horário em que o maior percentual de aparelhos foi utilizado estava entre 22:00h e 23:00h.

Tabela 8 – PBCE de Minas Gerais - 2019

Serviço	Equipamento	Média de dias de uso no mês	Média de Utilização/dia	Consumo Mensal (KWh)
Iluminação	Lâmpada	30	22h e 18 min.*	10,0
Conservação e preparo de Alimentos	Refrigerador	30	24h	41,0
	Liquidificador	15	6 min.	0,3
Entretenimento	Televisor	30	5h	12,5
Higiene/Limpeza	Máquina de lavar	9	2,2 ciclos	9,3
	Ferro de passar	6	27 min.	0,6
	Chuveiro	30	33 min.	74,3
Conforto Térmico	Ventilador	20	5h e 30 min.	7,9
PBCE MG				155,9

* tempo total de funcionamento de 1 lâmpada equivalente ao conjunto presente no DBP

Fonte: Elaboração própria com dados da PPH 2019, IDEC (2013), PROCEL (2021)

Nota: no site do PROCEL a maior parte dos eletrodomésticos não dispõe dos dados de potência nominal.

O indicador demonstra a relevância do chuveiro elétrico e refrigerador como os principais componentes do consumo básico de energia elétrica domiciliar (74% do total).

Apenas o chuveiro responde por 47,7% do PBCE. Ao considerar o preço pago pela energia em 2019 (R\$ 0,767/KWh, já incluídos os impostos), o valor da conta de energia do DBP seria de R\$ 119,57 (bandeira verde; tarifa convencional; concessionária CEMIG-D) ou 12% do salário mínimo vigente à época (R\$ 998,00).

4.7.3 Universalização de acesso aos serviços essenciais no ano de referência de 2019

A tabela 9 estratifica o consumo médio de energia elétrica por classe econômica ao longo de um ano para a região sudeste (SE). Embora não haja esse detalhamento por classe em nível estadual, a PPH 2019 apresentou a média de consumo geral mensal obtida diretamente das contas de energia em Minas transportados também para a tabela.

Tabela 9 - Consumo Mensal Médio de Energia Elétrica do Domicílio obtido diretamente da conta de energia elétrica - kWh

Mês	Região Sudeste							
	A	B1	B2	C1	C2	D-E	Média SE	Média MG
Janeiro	238,6	194,8	168,6	139,3	118,9	116,6	144,1	139,5
Fevereiro	238,2	158,3	162,2	136,4	199,4	121,6	141,1	138,1
Março	236,3	155,4	159,9	139,8	120,2	116,7	140,6	138,5
Abril	216,5	153,0	167,6	142,9	118,0	117,4	140,7	135,8
Mai	233,4	157,5	160,2	141,8	120,0	114,9	140,7	138,9
Junho	235,0	157,4	159,6	139,7	122,2	115,7	140,8	139,1
Julho	231,9	158,9	169,8	142,0	116,8	114,8	141,3	136,7
Agosto	237,8	160,2	159,7	142,0	123,2	115,9	141,9	140,5
Setembro	240,6	159,1	159,7	141,9	123,8	116,4	142,2	140,8
Outubro	243,0	164,2	170,5	141,0	115,6	119,5	142,9	138,5
Novembro	243,2	150,6	158,9	141,0	123,8	118,4	141,7	140,1
Dezembro	243,2	156,3	158,5	138,4	120,8	117,2	140,4	138,2
Méd. Anual	236,5	160,5	162,9	140,5	126,9	117,1	141,5	138,7

Fonte: Elaboração própria a partir de PPH 2019

Nota: Média do consumo mensal de energia elétrica do domicílio, em kWh, consultado diretamente na conta de energia elétrica apresentada pelo morador do domicílio (PPH 2019).

Ao comparar os dados da tabela 9 ao resultado obtido para o PBCE mineiro em 2019, é possível apontar um déficit de pouco mais de 15 KWh sobre consumo médio da classe C1, o que demonstra uma restrição da demanda por energia elétrica já partir dessa classe, tendendo a se acentuar à medida que se caminha na direção das classes com renda mais baixa. Em relação ao consumo médio do estado, a diferença é ainda maior, cerca de 17 KWh, destacando-se o fato de Minas apresentar um consumo médio quase 3 KWh inferior à média da região sudeste.

Os dados também ilustram a relação direta entre renda e consumo de eletricidade. O consumo médio da classe A é mais que o dobro das classes D-E e permanece proeminente

mesmo em relação à classe B (aprox. 75 KWh ou 46,6% superior). Assim, para obter um resultado mais realista sobre demanda universalizada do setor residencial do estado, o consumo proporcional relativo às classes A, B1 e B2 serão mantidos constantes, já que são superiores ao padrão indicado pelo PBCE.

Em 2019, a composição do consumo anual de energia elétrica por setor em Minas Gerais teve a seguinte distribuição, em GWh, conforme dados do SIEBRASIL (MME, 2021):

- Residencial: 11.442
- Industrial: 29.769
- Comercial: 6.820
- Rural: 4.026
- Setor público: 2.384
- Iluminação pública: 1.480

A quantidade de domicílios particulares permanentes ¹⁸ em MG no ano de 2019 era de 7.453.000 (FJP, 2019). Relacionando esses dados ao percentual de domicílios pertencentes a cada classe, indicados na PPH 2019 (tabela 7), é possível obter uma estimativa da quantidade de domicílios por classe e conseqüentemente o consumo de energia elétrica de cada uma.

Para o cálculo da demanda universalizada é preciso contabilizar também o déficit de domicílios no estado. São computados nesse déficit, de acordo com critérios da FJP (2019),

“Domicílios precários, improvisados ou rústicos; Coabitação familiar, ou seja, domicílios com famílias conviventes com intenção de constituir domicílio exclusivo e as famílias residentes em cômodo; Ônus excessivo com aluguel (formados por domicílios urbanos com famílias com renda de até três salários mínimos e que dependem 30% ou mais de sua renda com aluguel) e o Adensamento excessivo em domicílios alugados, que são domicílios alugados com mais de três moradores por dormitório.” (FJP, 2019).

Os dados mais recentes da FJP indicavam um déficit habitacional de 575.498 em 2015 e que esse número cresceu à uma taxa média de 7,5% ao ano no estado (entre 2011 e 2015). Essa taxa foi aplicada ao dado de 2015 para estimar o déficit no ano de referência de 2019, resultando em um número aproximado de 768.559 domicílios.

¹⁸ Segundo as normas metodológicas do IBGE “Domicílio é o local estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas, ou que esteja sendo utilizado como tal.” O mesmo é considerado particular quando “o relacionamento entre seus ocupantes é ditado por laços de parentesco, de dependência doméstica ou por normas de convivência”. Os domicílios particulares se dividem em duas categorias: permanentes “quando construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas;” ou improvisado “quando localizado em edificação (loja, fábrica etc.) que não tinha dependência destinada exclusivamente à moradia, como, também, local inadequado para a habitação, que, na data de referência, estava ocupado por morador. Por exemplo: prédio em construção, tenda, barraca, vagão, trailer, gruta, etc.”

Por fim, os domicílios ainda sem o serviço de energia elétrica compuseram a parcela final de projeção da demanda universalizada. Esse número era de 0,2% em relação aos domicílios particulares permanentes, ou 14.906 residências, no ano de referência (FJP, 2019).

Tabela 10 – Demanda calculada e universalizada de energia elétrica do setor residencial de Minas Gerais em 2019

Classe	Domicílios		Demanda (GWh)				
			Calculado		Universalização		
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	Diferença	%
A	283.704	3,82	805,1	6,26	805,2	0	0
B1	508.294	6,82	979	7,62	979	0	0
B2	1.700.774	22,82	3.324,7	25,87	3.324,7	0	0
C1	2.012.310	27,00	3.392,7	26,40	3.764,6	371,9	+10,9
C2	1.782.012	23,91	2.713,6	21,11	3.333,8	620,2	+22,8
D-E	1.164.904	15,63	1636,9	12,73	2.179,3	542	+33,1
Subtotal	7.453.000	100	12.852	100	14.386,6	1.534,5	+11,9
Déficit	-768.559	10,3	-	-	1.437,8	1.437,8	-
s/ energia	14.906	0,2	-	-	27,9	27,9	-
Total			12.852		15.852,3		

Fonte: Elaboração própria

Nota-se uma diferença entre o valor calculado da demanda de energia para o setor residencial em 2019 (12.852 GWh) da tabela para as informações do SIEBRASIL (11.442 GWh) da ordem de 1.410 GWh (ou 12% do consumo aferido). Tal diferença pode ser oriunda do processo de cruzamento de informações de bancos de dados diferentes, bem como das margens de erro das pesquisas e falta de detalhamento do consumo de energia elétrica por classe econômica no âmbito de Minas, sendo utilizados os dados para a região sudeste neste último caso.

Todavia, como forma de mitigar o impacto dessas limitações, ajustou-se a demanda medida de acordo com o percentual de déficit entre a demanda calculada (12.852 GWh) e a demanda universalizada (15.852,3 GWh), o que corresponde a um acréscimo de 3.000,3 GWh (ou 23%). Assim, a estimativa de consumo de energia elétrica de todo o setor residencial mineiro em 2019, de forma a atender ao requisito de universalização explicitado na pirâmide de autossuficiência seria de 14.073,6 GWh (aumento de 2.631 GWh). O consumo total de energia no ano passaria de 55.921 GWh para 58.552 GWh (aumento de 4,7%).

Uma vez que a geração de energia elétrica no estado em 2019 foi de 53.108 GWh, valor já insuficiente mesmo considerando apenas o consumo normal, já não seria possível pensar em autossuficiência, uma vez que se fez necessária a transferência de energia gerada fora dos

limites do estado, por meio do sistema interligado, para suprir a demanda mineira. O acréscimo de consumo imposto em virtude da universalização acentuaria essa dependência externa.

4.8 Potencial de expansão de MG a partir de fontes renováveis

4.8.1 Potencial Hidráulico

Dados extraídos do Sistema do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT, da Eletrobras, destacam um potencial total para o estado de Minas Gerais de aproximadamente 24.000 MW dos quais, 12.763, 95 (53%), estavam em operação em dezembro de 2018. A tabela 11 detalha os estágios de aproveitamento do potencial hídrico mineiro e brasileiro, enquanto a figura 17 ilustra a distribuição geográfica, também em função do estágio de aproveitamento, do potencial total.

Tabela 11 – Potencial Hidrelétrico por estágio de aproveitamento (dezembro de 2018) - MW¹⁹

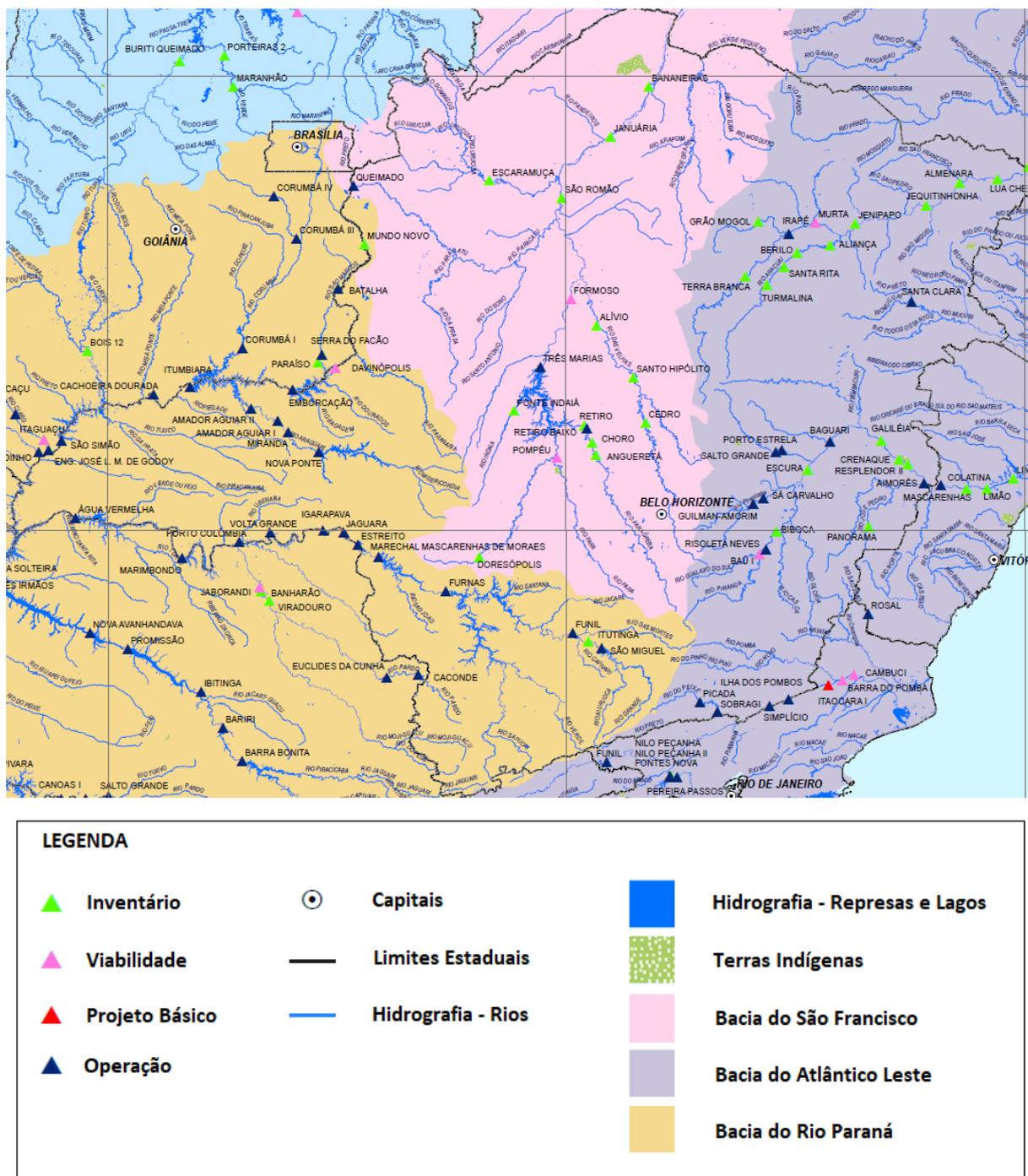
UF	Total Estimado	Inventário	Viabilidade	Projeto Básico	Construção	Operação	Total Geral
MG	2.489,9	7.031,21	835,1	768,43	46,75	12.763,95	23.935,34
Brasil	43.618,03	72.774,33	15.637,83	5.424,59	1.365,08	107.420,87	246.240,73

Fonte: SIPOT Eletrobras, 2021

Nota: Potencial calculado considerando uma distribuição equitativa entre usinas de fronteira.

¹⁹ “O desenvolvimento dos estudos hidrelétricos, ou seja, o aprofundamento dos estudos em estágios de inventário, viabilidade e projeto básico, permite identificar as restrições econômicas, ambientais e técnicas existentes, que muitas vezes reduzem o potencial inicialmente estimado.” (ELETROBRAS, 2021)

Figura 17 – Distribuição geográfica do potencial mineiro em dezembro de 2018



Fonte: SIPOT - Eletrobras, 2021

4.8.2 Potencial Solar

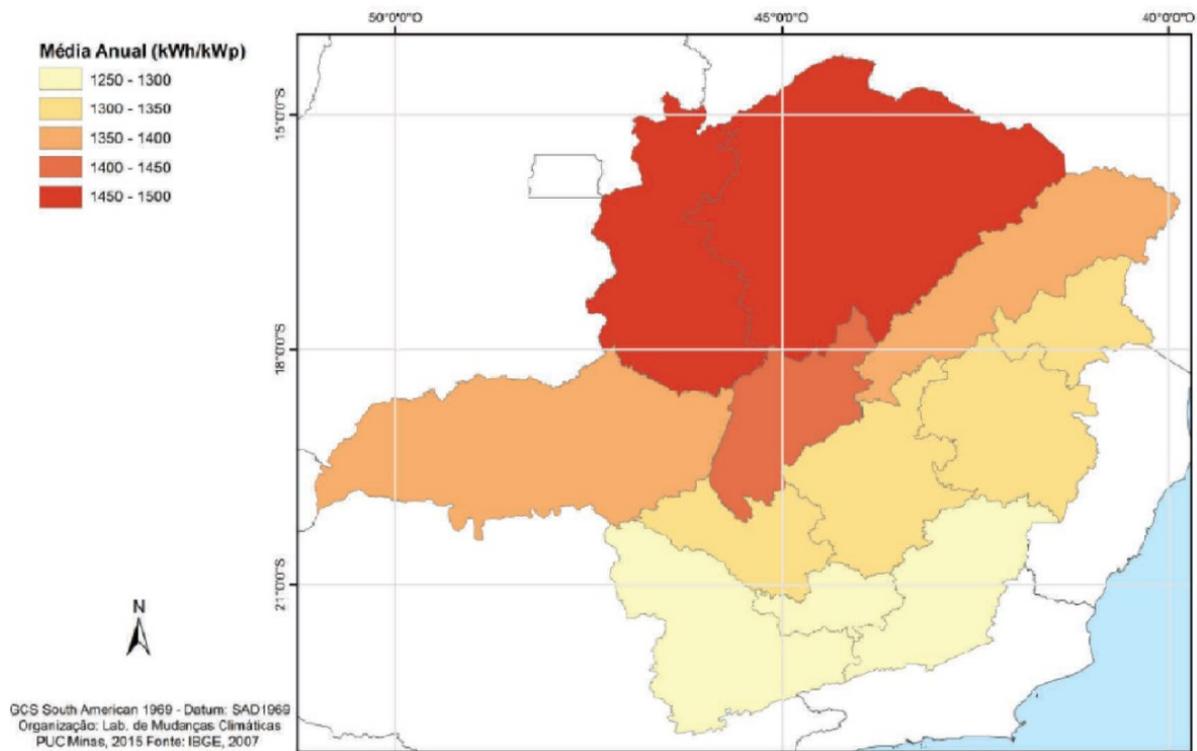
A referência para determinação do potencial solar no estado é o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais Volume II, publicado pela CEMIG em 2016. O estudo cruzou dados de satélite com os obtidos através de cinco estações terrestres localizadas nos municípios Diamantina,

Jaíba, Paracatu, Sete Lagoas e Uberlândia. Para validação do resultado comparou-se aos dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET coletados em suas 53 estações automáticas de superfície localizados em Minas e em áreas limítrofes dos estados vizinhos (BA, ES, RJ, SP, GO e DF).

Embora seja comum associar a geração de energia solar a períodos de calor, o principal fator relacionado a um maior aproveitamento é a ausência da nebulosidade comum dos períodos chuvosos. Assim, observou-se que durante os meses de agosto, setembro e outubro a incidência de radiação na superfície é maior, em média, quando se compara a novembro, dezembro e janeiro. O estudo apontou também que altitudes maiores podem afetar negativamente o desempenho de geração, devido à maior retenção da nebulosidade.

A distribuição da radiação solar global diária média anual em Minas Gerais atinge índices que variam entre 4,5 e 6,5 kWh/m²/dia, com picos na região Norte e os mínimos na região Sudeste. Para a avaliação de desempenho da geração fotovoltaica conectada à rede utilizou-se dois parâmetros técnicos: Energia Específica (EE) e Rendimento Global do Sistema (ou “Performance Ratio – PR”). O primeiro é dado pela relação entre o valor médio da energia entregue à carga e a potência nominal do gerador, sendo expressa em kWh/kW_p, enquanto no cálculo do segundo, leva-se em conta as diversas perdas inerentes aos sistemas fotovoltaicos (e.g. perdas no gerador, inversor e outros elementos). Na figura 18 pode-se ver a distribuição da EE, subdivida em faixas, entre as mesorregiões, de forma que as cores mais escuras representam maiores valores desse parâmetro. Na tabela 12, dispõem-se os valores médios de EE (em ordem decrescente) e PR de cada umas das mesorregiões.

Figura 18 – Média anual de EE do estado de MG



Fonte: Atlas Solarimétrico de Minas Gerais Vol. II – CEMIG, 2016

Tabela 12 - EE e PR anuais para as 12 mesorregiões estabelecidas pelo IBGE.

Mesorregiões	Média Anual (kWh/kWp)	Média Anual – PR
Norte	1.489	0,8
Noroeste	1.469	0,8
Central de Minas	1.407	0,8
Triângulo Mineiro	1.400	0,8
Jequitinhonha	1.364	0,79
Oeste	1.341	0,79
Mucuri	1.323	0,79
Metropolitana de BH	1.322	0,79
Rio Doce	1.309	0,8
Sul/Sudoeste	1.287	0,79
Campo das Vertentes	1.279	0,78
Zona da Mata	1.258	0,79
Média Anual de MG	1.354	0,79

Fonte: Atlas Solarimétrico de Minas Gerais Vol. II – CEMIG, 2016

A região norte detém o melhor índice de aproveitamento de MG (média anual de 1.489 kWh/kWp), sendo um dos principais polos de atração de investimento em energia solar fotovoltaica e outras tecnologias solares no estado. A conclusão do estudo salienta que cidades da região, como Jaíba e Janaúba, possuem índices próximos aos mais altos do país, como nas cidades de: Petrolina, em Pernambuco (EE anual 1574 kWh / kWp e PR igual 0,815); Caetitê,

na Bahia (EE anual 1569 kWh / kWp e PR igual 0,800) e Tauá no Ceará (EE anual 1646 kWh / kWp e PR igual 0,817). Mesmo a Zona da Mata possui índices sensivelmente superiores a outras regiões/cidades do país, como Florianópolis, Santa Catarina (EE anual média 1092 kWh / kWp e PR médio igual 0,78) e Pelotas, Rio Grande do Sul (EE anual média 979 kWh / kWp e PR médio igual 0,77), evidenciando a possibilidade de destaque cada vez maior de Minas Gerais na aplicação das tecnologias solares.

4.8.3 Potencial a partir de Biomassa

Do ponto de vista energético, a biomassa se refere a um conjunto de fontes constituídas de material orgânico, de acordo com a seguinte categorização: I) resíduos agrícolas, produzidos na colheita das lavouras e pelas indústrias agropecuárias; II) resíduos florestais, de indústrias madeireiras e da exploração de florestas; III) cultivos energéticos – árvores e lavouras integralmente destinadas à produção de energia e, IV) resíduos sólidos urbanos (CEMIG, 2017).

O estudo Potencial de Energia da Biomassa em Minas Gerais (CEMIG, 2017) apresenta alguns dos principais desafios para a expansão da bioeletricidade: disponibilidade de terra e água, além de impactos sobre a produção de alimentos, a biodiversidade, a conservação do solo e da natureza. Ademais, nos projetos para produção de energia, a localização das usinas é um importante fator para sua viabilidade econômica, devendo satisfazer um menor custo possível a fim de compensar a baixa densidade energética da biomassa, quando comparada à de combustíveis fósseis.

No caso de Minas Gerais, sua vocação agrícola e pecuária, vasta extensão territorial e excelente distribuição pluviométrica (à exceção das regiões norte e Jequitinhonha) favorecem o uso de biomassa para geração de energia elétrica. O estudo mencionado estima uma potência total de 2.680 MW para o estado, correspondendo a uma quantidade de energia disponível de aproximadamente 21 milhões de MWh (tabela 13).

Tabela 13 – Média do potencial e energia disponível para Minas Gerais (anos 2010 a 2015)

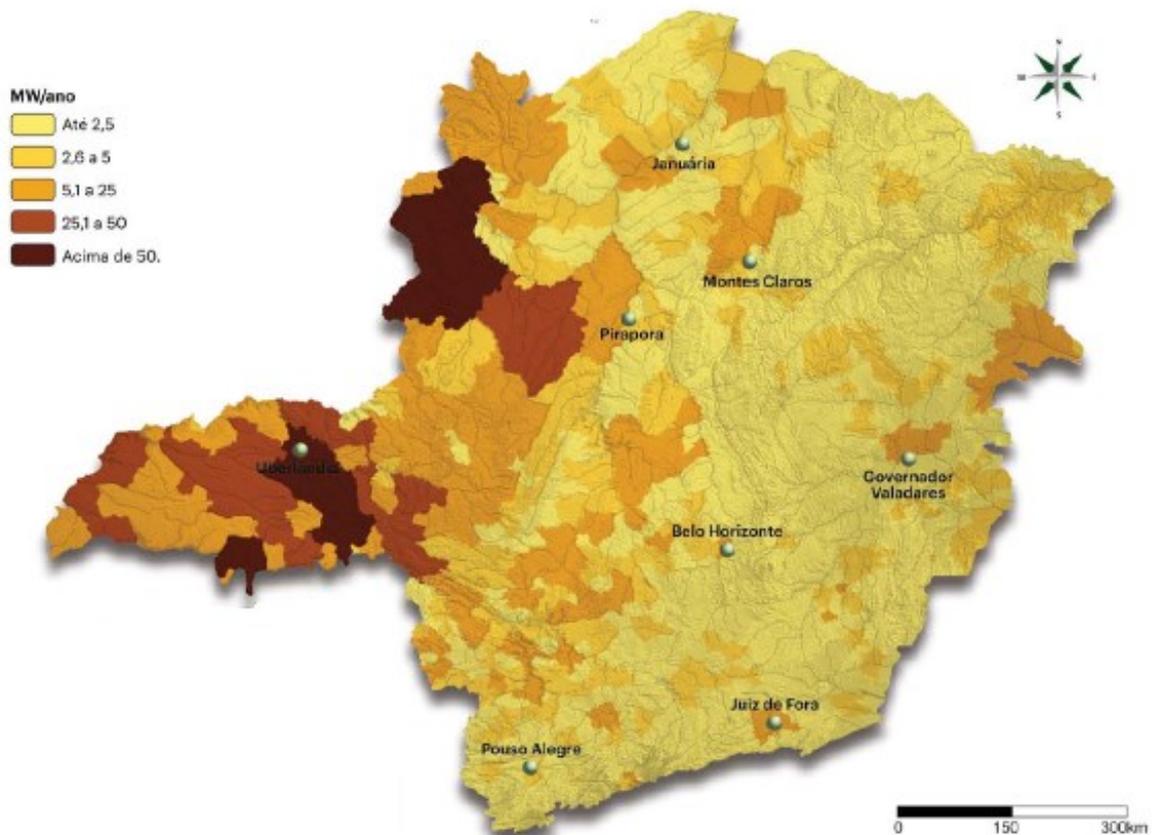
Fontes de Biomassa	Unidade	Produção	Potencial (MW)	Energia disponível (MWh)
Café (casca)	Tonelada	1.458.062	42	345.846
Cana-de-açúcar (bagaço)	Tonelada	63.758.976	688	3.825.539
Cana-de-açúcar (vinhaça)	Tonelada	31.879.488	67	589.410
Milho (resíduos)	Tonelada	6.917.527	452	3.763.833
Soja (palha)	Tonelada	3.193.685	92	765.620

Resíduos de madeira em tora	m ³ de madeira	11.662.395	98	815.046
Efluentes Líquidos Bovinos	m ³ de metano	23.708.263	917	8.032.109
Efluentes Líquidos Aves	m ³ de metano	116.353.651	120	1.054.737
Efluentes líquidos suínos	m ³ de metano	5.091.824	82	715.426
Efluentes líquidos domésticos	m ³ de metano	60.587.891	19	169.725
Resíduos sólidos urbanos	m ³ de metano	320.786.047	103	898.619
TOTAL			2.680	20.975.910

Fonte: Adaptado de Potencial de Energia da Biomassa em Minas Gerais - CEMIG, 2017

As fontes de biomassa que apresentaram maior potencial energético foram os efluentes líquidos bovinos (917 MW), bagaço de cana-de-açúcar (688 MW) e o milho (452 MW). A figura 19 ilustra a distribuição desse potencial pelo estado. As cidades de maior potencial energético foram Uberaba, com 118 MW, Uberlândia, com 59 MW, Frutal, com 55 MW e Paracatu, com 53 MW. (CEMIG, 2017)

Figura 19 – Distribuição média do potencial de energia da biomassa em MG (anos 2010 a 2015)



Fonte: Potencial de Energia da Biomassa em Minas Gerais - CEMIG, 2017.

4.8.4 Potencial Eólico

A partir de 2010 pôde-se observar no Brasil um significativo incremento da utilização da fonte eólica para geração de energia elétrica em âmbito nacional. Em 2019, dez anos após o primeiro leilão exclusivo no Brasil, a potência instalada era de 15,45 GW, um aumento de quase 26 vezes em relação aos 600 MW do início desse período, colocando a fonte na segunda posição em termos de geração elétrica (ABEEeólica, 2020). Porém, Minas Gerais não teve participação direta nesse crescimento: o estado possui apenas um empreendimento de 1 MW, no município de Gouveia, construído em caráter experimental para ligação à rede em 1994. Além disso, não existe a previsão de novos empreendimentos no estado em horizontes de curto e médio prazos.

Em 2010, a CEMIG publicou o Atlas Eólico de Minas Gerais, com o objetivo de estimar o potencial dessa fonte. Para tanto, considerou-se torres com alturas de 50 m, 75 m e 100 m, encontrando-se os valores de 10,6 GW, 24,7 GW e 39 GW, respectivamente, de potência instalada, com uma geração de 25,8 TWh/ano, 57,8 TWh/ano e 92,1 TWh/ano em áreas com velocidades médias anuais do vento superiores a 7 m/s. Entre as regiões mais promissoras do estado estão aquelas próximas aos municípios de Janaúba, Grão Mogol, Montes Claros, Curvelo, Diamantina, Sete Lagoas e, em menor grau, Triângulo Mineiro (CEMIG, 2010).

Segundo ANJOS (2019), Minas apresenta viabilidade técnica e econômica para empreendimentos eólicos, porém “os investidores têm optado por áreas com maior potencial técnico, como o Sul e Nordeste do país” e também pelo fato dos incentivos fiscais do estado serem menos atraentes. Todavia, ao se pensar em autossuficiência energética predominantemente a partir de fontes renováveis, parece-nos necessária uma mudança de estratégia por parte dos planejadores e decisores, de forma a viabilizar o aproveitamento dessa fonte.

4.9 Previsões de expansão centralizada do sistema elétrico em MG no médio prazo

Conforme apontado, o planejamento e a expansão do sistema elétrico no Brasil ocorrem em uma abordagem *top down*. De forma sucinta, a EPE e, em menor grau o ONS, responsável pelo PAR, realiza os principais estudos indicativos de planejamento para expansão, implementados por meio de leilões estabelecidos pela ANEEL e realizados por meio da CCEE.

O principal ponto de partida considerado pelos agentes de planejamento são projeções de demanda no horizonte de tempo definido naquele estudo, no qual busca-se apontar alternativas de reforço e ampliação do SIN tanto em geração, quanto transmissão, de forma a

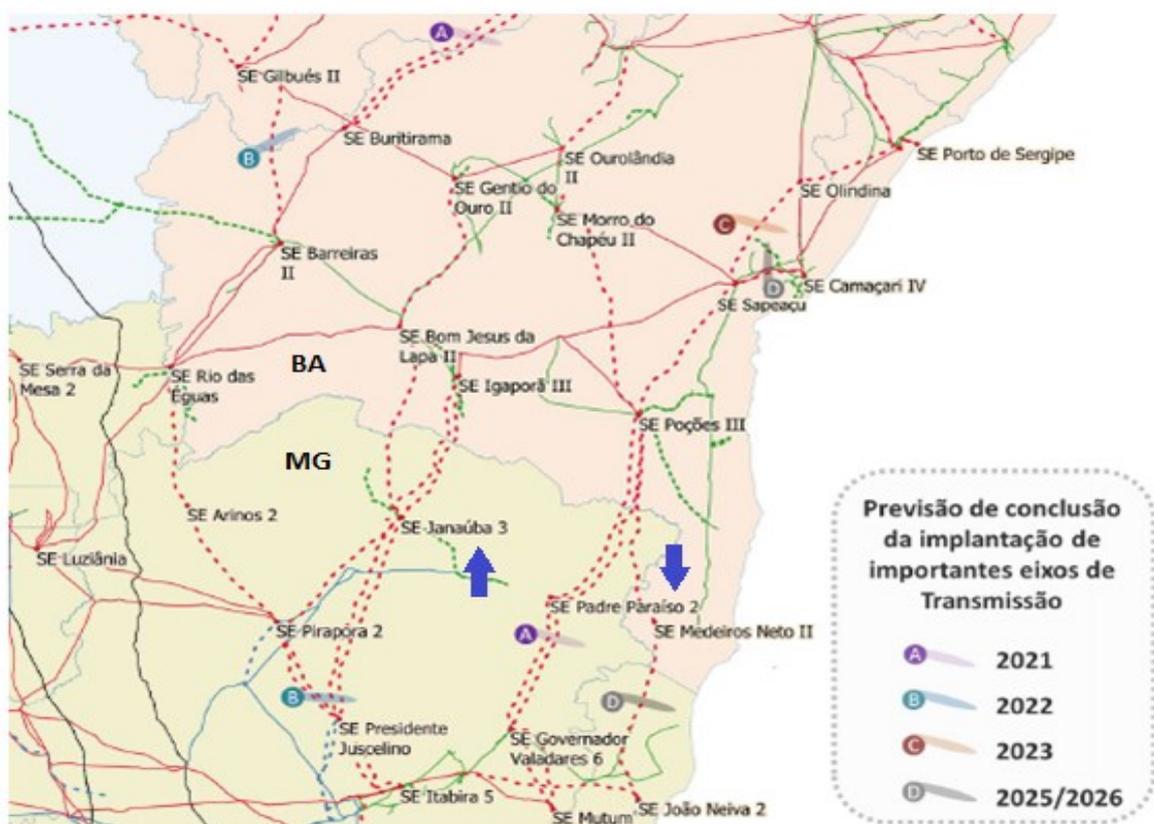
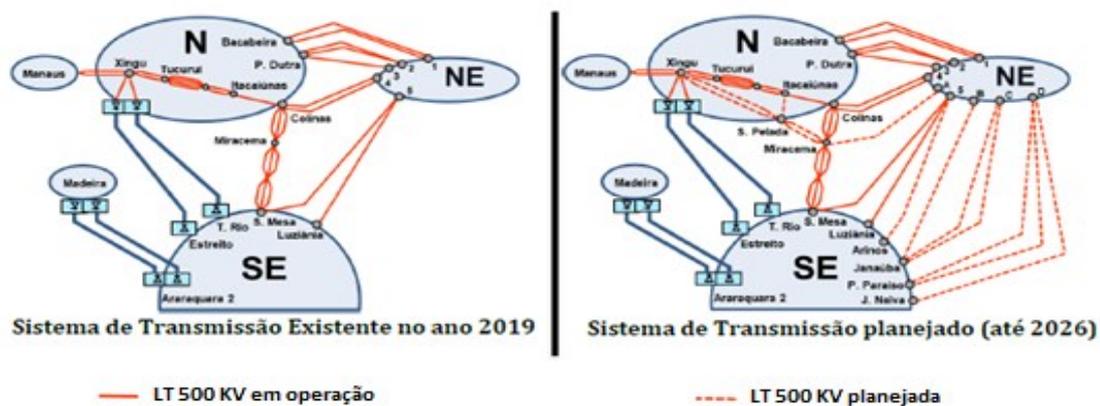
atender plenamente a demanda nacional projetada, otimizando custos e as trocas de energia entre os subsistemas.

Assim, as unidades federativas não constituem objetos de análise tomadas individualmente. Nesse sentido, um dos estudos poderia indicar, por exemplo, a necessidade de construção de uma nova linha de transmissão passando por MG, em função da necessidade de escoamento do excedente de energia oriundo de uma expansão de um parque eólico do Nordeste, visando atender o aumento de carga no estado de São Paulo. Tal sistemática constitui um entrave ao se pensar na autossuficiência de um estado, uma vez que a descentralização de decisões necessariamente seria parte desse processo.

Em termos de expansão da capacidade instalada do sistema em Minas Gerais existe a previsão de novos 138 empreendimentos, já outorgados pela ANEEL, totalizando 892 ao somar-se aos 754 em operação, elevando a potência total de 16.600 MW para mais de 22.400 MW (aumento de 35%). Desses novos empreendimentos, 132 ainda não tiveram a construção iniciada correspondendo a uma potência de aproximadamente 5.500 MW, 94% a partir de UFV, o que tornará essa fonte responsável por mais de um quarto (25,5%) da capacidade total. Em fase de construção existem atualmente 6, sendo 1 CGH (1,6 MW), 3 UFV (88,5 MW) e 2 UTE (232,7 MW, dos quais aproximadamente 202 MW terão como combustível a biomassa) (SIGA – ANEEL, 2021).

Em relação à transmissão, está previsto um aumento da integração entre os subsistemas Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste por meio de 7 novas linhas de 500 KV, das quais 5 envolvem diretamente subestações localizadas em território mineiro. Três linhas serão ligadas à subestação de Janaúba 3 no norte do estado e as outras duas à subestação Padre Paraíso 2 no Nordeste (Fig. 20). (EPE, 2021)

Figura 20 – Previsões de expansão de interligação entre Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste através de MG



Fonte: Adaptado de PDE 2030 (EPE, 2021)

Além do incremento em integração, o Plano Decenal 2030 aponta uma série de empreendimentos e reforços à rede básica situada em Minas, a maioria já em fase de execução, de forma a permitir o escoamento da potência gerada considerada em cenários de aumento da carga (quadro 7).

Quadro 7 – Reforços e Expansão da rede básica em Minas Gerais

Região	Reforços e Expansão
Central e Leste	As novas SEs 500/345 kV Presidente Juscelino, 500/230 kV Itabira 5 e 345/138 kV Betim 6 e LTs 500 kV, 345 kV e 230 kV associadas, além de reforços no sistema distribuidor local. A nova LT 500 kV Itabirito 2 – Vespasiano 2, aliada ao novo eixo em 500 kV Pirapora 2 – Presidente Juscelino – Itabira 5, com conexões em 345 kV para atendimento à região metropolitana de Belo Horizonte.
Leste	nova SE 230/138 kV Timóteo 2 e a LT 230 kV Mesquita – Timóteo 2, para o atendimento à região de Timóteo, que hoje é realizado apenas pela LT 230 kV Ipatinga 1 – Timóteo nova SE 230/69 kV João Monlevade 4 e 230/138 kV Braúnas.
Região da Mantiqueira	nova LT 345 kV Itutinga – Jeceaba, a LT 345 kV Jeceaba – Itabirito 2 C2 e a LT 345 kV Itabirito 2 – Barro Branco.
Norte e Noroeste	nova SE 230/138 kV Janaúba 3 e a nova LT 230 kV Irapé - Janaúba 3, que estenderá a Rede Básica até a região Norte do estado nova SE 230/138 kV Jaíba, que garante um novo ponto da Rede Básica no extremo Norte do estado. SE 230/138 kV Jaíba, da LT 230 kV Janaúba 3 – Jaíba C1 e C2, da LT 345 kV Pirapora 2 – Três Marias e da nova transformação 500/230 da SE Janaúba 3, arrematados com sucesso no Leilão de Transmissão ANEEL nº 002/2018, para escoamento do potencial solar das regiões.
Sul	nova SE 345/138 kV Varginha 4.
Zona da Mata	nova SE 345/138 kV Leopoldina 2 e as novas LTs 345 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 e Leopoldina 2 – Lagos permitindo uma nova conexão entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.
Triângulo e Alto Paranaíba	Finalizado estudo que recomendou três novos pontos de fronteira para a região, a nova SE 345/138 kV Monte Alegre de Minas 2, a nova SE 345/138 kV Uberlândia 10 e a nova SE 345/138 kV Araxá 3. abertura de margens para futuros projetos de geração a biomassa e solares fotovoltaicos, que têm grande potencial nesta região. Empreendimentos já foram licitados e encontram-se em fase de implantação.

Fonte: Adaptado de PDE 2030 (EPE, 2021).

4.10 Projeções de demanda e oferta de energia elétrica em MG no horizonte até 2030

Apesar da duração dos impactos negativos, sociais e econômicos, ainda incertos da pandemia da COVID-19 quando se olha para o médio prazo, as previsões indicadas no PDE 2030 para a demanda por energia elétrica no Brasil indicam crescimento em todos os setores econômicos nos cenários traçados. A preparação do PDE 2030 foi iniciada em março de 2020 e concluída em dezembro desse mesmo ano já em meio à pandemia.

“Um ponto relevante no tocante ao consumo é a tendência de eletrificação crescente para o horizonte decenal. A expectativa é de que o consumo total de eletricidade cresça cerca de 44% a mais que a economia no período, influenciado tanto pela autoprodução clássica quanto pelo consumo na rede. E, apesar da indicação de um crescimento médio do consumo total de eletricidade de 3,1% a.a. entre 2019 e 2030, a diferença apontada entre os cenários superior e inferior atinge o montante de 127 TWh (17%) em 2030.” (EPE, 2021).

Para as estimativas da demanda e oferta de energia em Minas no período 2019 a 2030, foi utilizado o conjunto de premissas e taxas de crescimento constantes no PDE 2030, que considerou 3 cenários de projeção: inferior, referência e superior (para detalhamento das premissas *vide* item C pag. 18). O quadro abaixo sintetiza as considerações gerais para os cenários.

Quadro 8 – Considerações gerais para os cenários de projeção 2020 a 2030

Pontos Críticos	Cenário inferior	Cenário Referência	Cenário Superior
Duração da pandemia	Duração prolongada da pandemia e retomada lenta.	Duração média da pandemia e retomada rápida.	Duração média da pandemia e retomada acelerada.
Efetividade das políticas anticrise.	Políticas de combate aos impactos negativos pouco efetivas.	Políticas de combate aos impactos negativos suficientes.	Políticas de combate aos impactos negativos muito eficientes.
Aprovação de reformas e ambiente de negócios.	Dificuldades de aprovação de reformas	Aprovação de reformas importantes ao longo do horizonte.	Aprovação de reformas importantes já no curto prazo.
Produtividade	Baixo crescimento	médio crescimento	forte crescimento
Contas públicas	Dificuldade de equilíbrio das contas públicas.	Ajuste fiscal e redução gradual da relação dívida/PIB.	Ajuste fiscal e redução rápida da relação dívida/PIB.

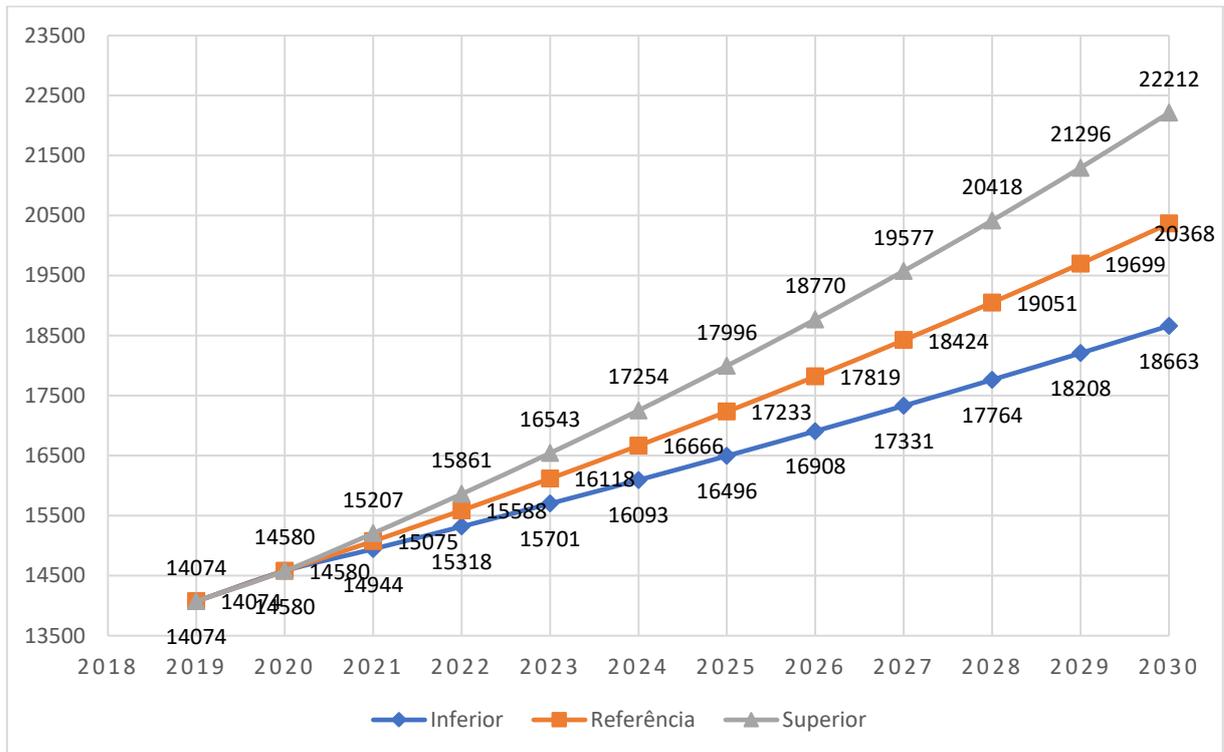
Fonte: Adaptado de PDE 2030 (EPE, 2021)

4.10.1 Demanda universalizada do setor residencial mineiro

No caso do setor residencial, as taxas esperadas de crescimento ao ano para os cenários inferior, referência e superior foram respectivamente 2,5%, 3,4% e 4,3%. De acordo com os dados do SIEBRASIL (2021), de 2019 para 2020 o aumento da demanda por energia elétrica do setor residencial em MG cresceu 3,6%, passando de 11.442 GWh para 11.854 GWh. Utilizando esse mesmo percentual de crescimento para a demanda universalizada estimada em 2019 (14.074 GWh) obtém-se o valor de 14.580 GWh em 2020, resultado ao qual se aplicou as

taxas projetadas de crescimento dos 3 cenários para estimar a demanda de 2021 a 2030 (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Previsão de expansão da demanda universalizada do setor residencial mineiro no período 2019 a 2030 - GWh



Fonte: Elaboração própria.

Os resultados de projeção indicam crescimento significativo da demanda por energia no período. Para o cenário superior o crescimento em relação à 2020 é de aproximadamente 52%, para o de referência atinge-se quase 40% e no caso do inferior, 28%. O PDE 2030 destaca que a demanda do setor residencial é a que mais deve crescer percentualmente entre os principais setores econômicos, indicando, portanto, um desafio adicional às políticas que visem a universalização de acesso aos serviços.

4.10.2 Demanda x oferta de energia elétrica

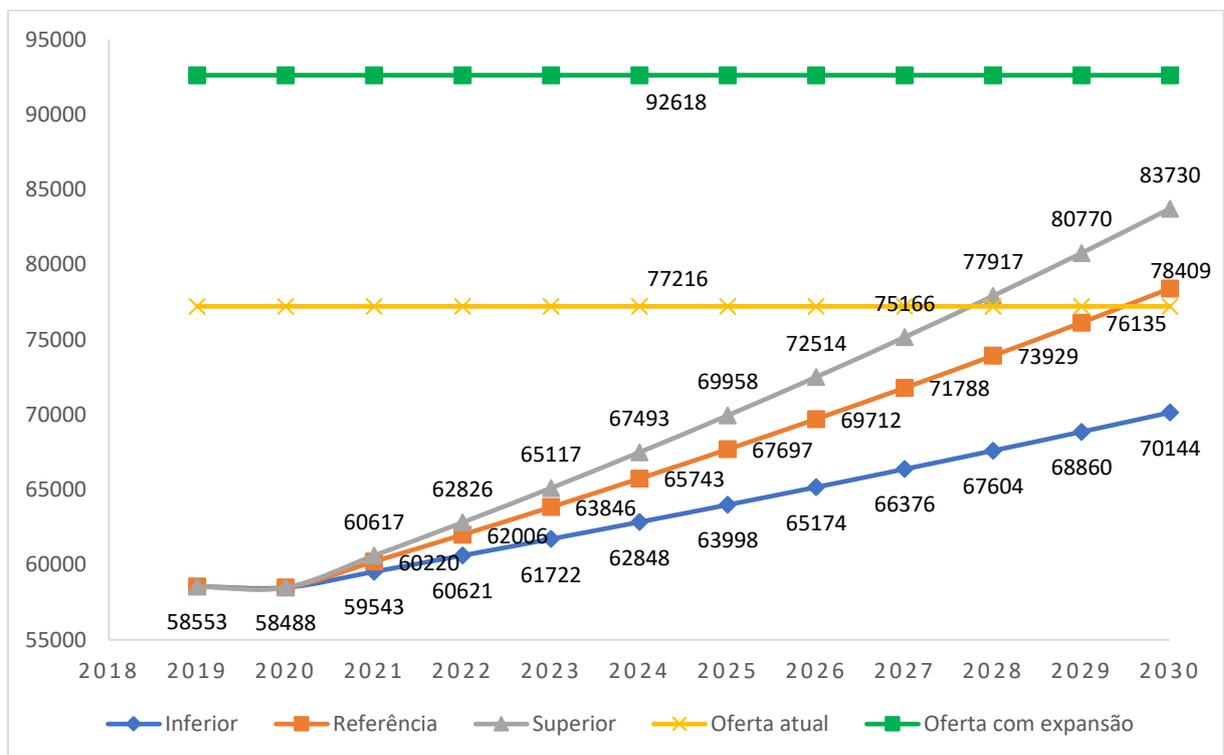
Aos valores obtidos para a demanda universalizada do setor residencial, foram somadas as previsões de crescimento para os demais setores também constantes no PDE 2030, resultando na projeção da demanda total por energia elétrica no estado entre 2021 e 2030 nos cenários

inferior, referência e superior (Gráfico 7). Os dados de consumo dos anos 2019 e 2020 foram retirados do SIEBRASIL.

No caso da oferta, as duas linhas horizontais do gráfico 7 indicam os limites inferior e superior de geração de energia elétrica centralizada. O limite inferior considera constante ao longo de todo o período a potência instalada no estado em 2020 (aproximadamente 16.600 MW), enquanto o limite superior considera que todos os empreendimentos já outorgados pela ANEEL estariam em operação, elevando a potência para cerca de 22.400 MW.

Os valores calculados de oferta anual de energia, expressos por esses limites, partem de fatores de capacidade médios distintos, ponderados de acordo com a composição do parque gerador em cada situação (para detalhamento das premissas *vide* item C2 pag. 19). Para o limite inferior, o fator de capacidade médio foi de 53,1% (geração hídrica – 81,5%, térmica biomassa – 10,2%, térmica fóssil – 5% e solar fotovoltaica – 3,3%). Em função do crescimento maciço previsto para a geração fotovoltaica, o fator de capacidade médio para o limite superior é ligeiramente menor, 47,2% (geração hídrica – 60,5%, térmica biomassa – 9%, térmica fóssil – 3,6% e solar fotovoltaica – 25,5%).

Gráfico 7 – Previsão de expansão da demanda e oferta de energia elétrica em MG no período 2019 a 2030 - GWh



Fonte: Elaboração própria.

As projeções mostram que Minas Gerais possui uma capacidade teórica de oferta de energia elétrica significativamente superior à sua demanda. Mesmo com o incremento imposto pela condição de universalização de acesso aos serviços essenciais à toda a população, a atual capacidade instalada teria, em tese, condições de suprimento no cenário de referência até o ano de 2029. Contudo, vale lembrar que apesar do pico de geração da década 2010-2019 ter sido próximo dos 71.600 GWh em 2012, a média anual de oferta entre 2013 e 2019 foi de apenas 46.700 GWh, explicado em parte pela restrição da produção de energia de base hídrica conforme exposto na seção 4.4.

No caso da entrada em operação de todos os empreendimentos já outorgados, a geração crescerá em 20%, com potencial para se estabelecer, em 2030, um superávit de quase 9.000 GWh da oferta sobre a demanda no cenário superior, e de mais de 14.000 GWh no cenário de referência.

Ao somar-se à essas estimativas de oferta, o crescimento vertiginoso da micro e mini geração distribuída, experimentado pelo estado desde 2015 e que deve permanecer crescente durante os próximos anos, seria possível apontar para a possibilidade de autossuficiência em energia elétrica caso a análise fosse restrita apenas sob esse prisma.

5. CONCLUSÕES

Um dos principais desafios enfrentados na pesquisa em energia repousa na natureza interdisciplinar do tema, uma vez que os sistemas energéticos integram a maior parte das dimensões materiais da vida humana. Nesse sentido, ao propor um conceito abrangente para a AE, buscou-se agregar e sistematizar conhecimentos envolvendo principalmente as dimensões tecnológica, ambiental e social. Logo, o aumento de escopo e refinamento do conceito é possível e pode ser abordado em trabalhos futuros.

O momento singular na história humana em que a necessidade de ações concretas de mitigação de impactos ambientais tem se tornado cada vez mais urgentes, entre elas a transição energética para fontes menos poluentes, pode se constituir em uma janela de oportunidade para AE na forma como discutida nesta pesquisa. Entre os pilares desse processo de transição o uso de biocombustíveis, avanços tecnológicos em conservação de energia e eficiência, bem como a eletrificação terão papel de destaque.

No caso da autossuficiência em energia elétrica para Minas Gerais, a particularidade do setor elétrico brasileiro no que tange à interligação em escala continental e a operação centralizada do SIN impedem a atuação dos entes federativos na gestão da geração e transmissão de energia elétrica produzida e/ou consumida dentro de seus limites territoriais. Somado aos fatos do arcabouço político-institucional, legal e de planejamento, estarem em grande medida sob a responsabilidade do governo federal, conforme apresentado nesta pesquisa, é possível apontar que as barreiras impostas à autossuficiência em nível estadual se mostram muito altas, pelo menos a curto e médio prazos.

Caso fosse aventada a possibilidade de desagregação técnico-institucional do SIN, Minas Gerais poderia, talvez, reivindicar a condição de estado autoprodutor e autogestor, empregando a CEMIG em tal papel. Nesse ponto, Minas Gerais estaria em larga posição de vantagem frente aos demais estados, caso eles também se propusessem a iniciar um processo de busca pela autossuficiência. A CEMIG é uma empresa integrada, consolidada no mercado, distribui energia para a quase totalidade das cidades mineiras e atua em todos os segmentos da indústria elétrica. Na hipótese de efetivação de um processo de privatização da Eletrobras com venda de suas subsidiárias, caso apenas os ativos de geração dentro do território mineiro fossem adquiridos pela CEMIG, 54% da capacidade instalada total de MG estaria sob controle estadual.

O histórico de geração e consumo de eletricidade dentro do estado indicaram a possibilidade de que a indústria elétrica mineira teria condições, ao menos em termos de infraestrutura, de suprir toda a sua demanda. Entretanto, a necessidade de diversificar o parque

de geração seria outra medida importante. Conforme os dados levantados, Minas Gerais ainda possui potencial hidráulico, mas as fontes solar, biomassa e até a mesma a eólica, além de potencial somado elevado, estão apenas nos estágios iniciais de aproveitamento.

Sobre a dimensão econômica, os desdobramentos ainda desconhecidos da pandemia da COVID-19 trazem desafios adicionais aos planejadores e gestores. Conforme descrito, anteriormente, as ações governamentais de combate à pandemia, reformas estruturais e retomada de investimentos, estariam entre as medidas que podem abreviar os impactos da crise sanitária e auxiliar na recuperação dos níveis de emprego e renda anteriores. Nesse contexto, Minas enfrenta um desafio adicional para reequilibrar suas contas públicas, já fragilizadas desde a crise fiscal e financeira que se acentuou no estado a partir de 2015.

Por outro lado, a questão sobre a sustentabilidade do setor elétrico dentro de Minas tende a permanecer sobre um prisma positivo do ponto de vista ambiental, já que a expansão esperada para o setor no médio prazo, deve-se dar basicamente a partir de fontes renováveis (com destaque para a energia solar). Tal cenário possibilitará que o estado continue sendo umas das referências em matrizes elétricas menos poluentes.

Por fim, em relação ao último e mais relevante requisito na pirâmide de AE, esse estudo mostrou que a universalização do acesso a serviços básicos providos por meio de energia elétrica, ainda é uma realidade distante para uma parte significativa da população mineira. Com o aumento da demanda evidenciado pelas projeções para a década de 2020-2030, pode ser que haja um recrudescimento neste quadro.

Nesse sentido, independentemente de ser parte de uma estratégia visando a AE ou não, faz-se necessário políticas públicas de enfrentamento desse problema, com objetivo de melhoria de vida e oportunidades para a população. Pelo lado da demanda, um caminho na consecução dessas metas poderia passar por um programa mineiro de eficiência energética no qual o estado investisse na reforma de domicílios e troca de eletrodomésticos para as famílias de baixa renda visando redução no consumo de energia e conseqüentemente o valor pago nas contas. Seria possível atuar também pelo lado da oferta, com investimento público por exemplo em mini e microgeração distribuída com fonte solar. Nesse caso, financiando a instalação de painéis fotovoltaicos diretamente nas residências de pessoas sem acesso aos serviços básicos. Tal iniciativa poderia contribuir também com a redução das desigualdades regionais observadas no estado, visto que o maior potencial em energia solar se encontra na região norte que possui os menores índices de IDH.

Além do exposto, outra vantagem desses exemplos de políticas é que podem ser implantadas e integralmente geridas em nível estadual, todavia o que muitas vezes falta parece ser o interesse em colocá-las como prioridade.

REFERÊNCIAS

- ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim Anual de Geração Eólica 2019**. São Paulo: 2020.
- ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. Disponível em: <https://www.abep.org/criterio-brasil>. Acesso em: 10 de junho de 2021.
- ABRATE – Associação Brasileira das Empresas de Transmissão de Energia Elétrica. **A Natureza do Sistema Elétrico Brasileiro**. Audiência Pública Projeto de Lei nº 5.457/2016. Brasília, 16/05/2018. <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/audiencias-publicas/2018/audiencia-publica-16-05-2018/ABRATE%20-%20MARIO%20MIRANDA.pdf>. Acesso em: 30/10/2020.
- ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais – Decreto Estadual nº 46.296 de 14 de agosto de 2013 – Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=257589>. Acesso em 13 de abril de 2021.
- ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA)**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 21 de abril de 2021.
- ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico (SIGEL)**. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>. Acesso em: 28 de abril de 2021.
- ANJOS, Morjana Moreira dos. **O papel das energias renováveis no processo de transição energética do Estado de Minas Gerais: modelagem de sistemas energéticos para o horizonte 2030-2050**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.
- ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. Disponível em Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 25 de janeiro de 2021
- BAER, Werner. MCDONALD, Curt. **Um Retorno ao Passado? A Privatização de Empresas de Serviços Públicos no Brasil: o caso do Setor de Energia Elétrica**. Revista Planejamento e Políticas Públicas nº 16. IPEA, 1997.
- BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: O Que É, O Que Não É**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012. 200 p. ISBN 978-85-326-4298-1 . Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=px46DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=conceito+de+sustentabilidade&ots=bEqlpD85s9&sig=UB0bQjZ5BaubFXg4QIqYXhdia54#v=onepage&q=conceito%20de%20sustentabilidade&f=false>. Acesso em 20/02/2021
- BOBBIO, Norberto; MATTEUCCI, Nicola; PASQUINO, Gianfranco. **Dicionário de Política A-Z VOL. I**. 11. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.
- BRASIL. **Cartilha Programa Minha Casa, Minha Vida**. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/385446/Programa%20Minha%20Casa%20Minha%20Vida.pdf?sequence=1>. Acesso em 25 de junho 2021.
- CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **20 anos do Mercado Brasileiro de Energia Elétrica**/ Roberto Rockmann (Organizador). 1. ed. - São Paulo: CCEE, 2019.
- CEMIG – Companhia Energética do estado de Minas Gerais. Legislação do setor elétrico. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/legislacao-do-setor-eletrico/> Acesso em: 15/03/2021.

- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Atlas de Biomassa de Minas Gerais**. Companhia Energética de Minas Gerais. Belo Horizonte: Cemig, 2017.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Atlas Eólico de Minas Gerais**. Companhia Energética de Minas Gerais. Belo Horizonte: Cemig, 2010.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais - Volume II**. Companhia Energética de Minas Gerais. Belo Horizonte: Cemig, 2016.
- CEPE – Conselho Estadual de Política Energética. **Plano Paulista de Energia - PPE 2020**. Secretaria de Energia. São Paulo, 2012.
- CEPERJ - Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. PIB Estadual 2018. Disponível em: <http://www.ceperj.rj.gov.br/>. Acesso em: 08/04/2021.
- COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida. **Sinergias entre o Planejamento Energético e o Planejamento Urbano: Estudo de Caso do Sistema de Energia Urbano da Megacidade de São Paulo**. Universidade de São Paulo, 2019.
- CONNOLLY, Richard. **Towards self sufficiency? Economics as a dimension of russian security and the national security strategy of the russian Federation to 2020**. NATO Defense College, 2016.
- CONSTANZA, Jacques-Aviñó. DVORZAK, Jose Luis. MARC, Mari-Dell’Olmo; et al. **Qualitative evaluation of an intervention to reduce energy poverty**. Revista Saúde Pública. Universidade de São Paulo, 2019.
- CPDOC | FGV - Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. Disponível em: <http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/eletrobras-centrais-eletricas-brasileiras-s-a>. Acesso em: 30/09/2020
- DABAS, Chhaya. **India moves to make power and renewable sectors self-reliant**. Energy Live News, 29 de junho de 2020. Disponível em: <https://www.energylivenews.com/2020/06/29/india-moves-to-make-power-and-renewable-sectors-self-reliant/>. Acesso em 12/02/2021.
- DARBY, Sarah. FAWCETT, Tina. **Energy sufficiency: an introduction**. ECEE – European Council for energy efficiency economy. Environmental Change Institute. University of Oxford, 2018.
- DESA - Department of Economic and Social Affairs – United Nations (UN). Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em 20/02/2021.
- DIAS, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves. **Metodologia para Universalização da Coleta Seletiva na cidade de São Paulo – Caderno Síntese**. Universidade de São Paulo, 2020.
- DIEESE - Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/analisecestabasica/salarioMinimo.html>. Acesso em 02 de junho 2021
- ELETOBRAS. Disponível em <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Historia.aspx/>. Acesso em 05 de março de 2021.
- ELETOBRAS. **Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PPH 2019)**. Relatório Técnico para o estado de Minas Gerais. 2019. Disponível em <https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>. Acesso em 12 de março de 2021.

ELETROBRAS. **Sistema do Potencial Hidrelétrico Brasileiro (SIPOT)**. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Potencial-Hidreletrico-Brasileiro.aspx>. Acesso em 12 de maio de 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica>. Acesso em 22 de novembro 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanco Energético Nacional 2020: Ano Base 2019**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em 02 de novembro 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (PDE 2030)**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>. Acesso em 20 de novembro 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050)**. 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em 5 de dezembro 2019.

ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Disponível em: <https://www.erse.pt/glossario/>. Acesso em 04/02/2021.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas. **Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente; com apoio de Agência Francesa do Meio Ambiente e da Gestão de Energia, Conselho Regional de Nord Pas-de-Calais. Belo Horizonte, 2015.

FJP - Fundação João Pinheiro. **Minas e-dados 2019**. Disponível em: <http://minasedados.fjp.mg.gov.br/>. Acesso em 02/04/2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Global Footprint Network. Disponível em: <https://www.footprintnetwork.org/>. Acesso em 25/02/2021

GOLDENBERG, José. PRADO, Luiz T. S. **Reforma e crise do setor elétrico no período FHC**. Universidade de São Paulo. 2003.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco Manoel de Mello; INSTITUTO ANTONIO HOUAISS DE LEXICOGRAFIA E BANCO DE DADOS DA LÍNGUA PORTUGUESA. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009. lix, 1986 p. ; + 1 CD-ROM. ISBN 9788573029635 (enc.).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>. Acesso em: 16/03/2021.

IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. Disponível em: <https://idec.org.br/o-idec/sala-de-imprensa/release/idec-da-dicas-de-como-economizar-na-conta-de-luz>. Acesso em: 22 de junho de 2021.

IEA - International Energy Agency. **World Energy Balance 2020**. Disponível em: <https://www.iea.org>. Acesso em 01/03/2021.

Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General. **Global Sustainable Development Report 2019**. United Nations. New York, 2019.

ISEE – Institut National de la Statistique et des Études Économiques. <https://insee.fr/fr/accueil>. Acesso em: 12 de outubro de 2020.

JUNIOR, Helder Queiroz Pinto et al. **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

LUFT, Gal. **Energy Self-sufficiency: A Realistic Goal or a Pipe Dream?**. Portal Our World, United Nations University, 2012. Disponível em: <https://ourworld.unu.edu/en/energy-self-sufficiency-a-realistic-goal-or-a-pipe-dream>. Acesso em 01/02/2021.

MERCEDES, Sonia S. P. RICO, Julieta A. P. POSO, Lyliana de Y. **Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro**. Revista USP. São Paulo, 2015.

MINAS GERAIS. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/conheca-minas/geografia>. Acesso em: 31/03/2021.

MINAS GERAIS. Decreto Nº 46296 DE 14/08/2013. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=257589>. Acesso em 20 de março de 2021.

MINAS GERAIS. Decreto Nº 47231 DE 04/08/2017. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=347186>. Acesso em 21 de março de 2021.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Sistema de Informações Energéticas (SIEBRASIL)**. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/default.aspx>. Acesso em 20 de abril de 2021.

MORRIS, C; PEHNT, M. **Energy Transition: The German Energiewende**. 2015. Heinrich Böll Foundation, 2015.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <http://www.ons.org.br>. Acesso em 02 de novembro 2020.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Sumário Executivo 2020 do Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo do SIN – PAR/PEL 2021-2025**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/acervo-digital/documentos-e-publicacoes?categoria=Relat%C3%B3rio%20PAR>. Acesso em 19 de novembro 2020.

PADLEY, Matt. HIRSCH, Donald. **A Minimum Income Standard for the UK in 2017**. Joseph Rowtree Foundation, 2017. Disponível em: <https://www.jrf.org.uk/report/minimum-income-standard-uk-2017>. Acesso em 8 de fevereiro de 2021.

PRIBERAN - Dicionário on-line da língua portuguesa. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/auto-sufici%C3%Aancia>. Acesso em 20/08/2020.

PROCEL INFO. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Disponível em: <https://biblioteca.pge.rj.gov.br>. Acesso em 22 de junho 2021.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO E ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **The Energy Access Situation in Developing Countries: a review focusing on the least developed countries and sub-saharan Africa**. New York, 2009.

REVISTA ECONOMIA E ENERGIA. **Setor Energético Brasileiro: Destaques em 2000 e Oportunidades de Negócio**. número 25 - Março-Abril de 2000. ISSN 1518-2932. Disponível em: <https://ecen.com/matriz/eee25/ener2000.htm>. Acesso em: 13/10/2020.

RUPPRECHT, D. D. Christoph; et al. Multispecies sustainability. *Global Sustainability* 3, e34, 1–12. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.28>. Cambridge University Press, 2020.

SANTOS, Gilson C. de O. **Entre as Minas e os Gerais: desigualdade espacial do mercado de trabalho**. Revista Cadernos de Ciências Sociais da UFRPE, pag. 143 a 157. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018.

SAUER, Ildo L. **Um Novo Modelo para o Setor Elétrico**. 1ª versão. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

SIMA - Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Balço Energético do Estado de São Paulo 2020** (BEESP 2020) ano base 2019. São Paulo, 2020.

Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Energia e Relações Internacionais. **Book Programa Rio Capital da Energia**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: http://www.rj.gov.br/secretaria/PaginaDetalhe.aspx?id_pagina=5042. Acesso em: 10/04/2021.

SCHMIDT, J.; SCHONHART, M.; BIBERACHER, M.; GUGGENBERGER, T.; HAUSL, S.; KALT, G.; LEDUC, S.; SCHADINGER, I. SCHMID, E. **Regional energy autarky: Potentials, costs and consequences for na Austrian region**. Energy Policy: Elsevier, 2012.

RIO DE JANEIRO. Biblioteca da Procuradoria Geral do Estado (PGR-RJ). Disponível em: <https://biblioteca.pge.rj.gov.br/bnportal/pt-BR/>. Acesso em: 31/03/2021.

CASTAÑO-ROSA, R.; SOLÍS-GUZMÁN, J.; MARRERO-MELÉNDEZ, M. **Midiendo la pobreza energética. Una revisión de indicadores**. Hábitat Sustentable, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 08–21, 2020. DOI: 10.22320/07190700.2020.10.01.01. Disponível em: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/4109>. Acesso em: 14 de maio de 2021.

SEMAD – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema)**. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em 20 de abril de 2021.

SGARBI, Felipe de Albuquerque. **Modelos de transição energética residencial e o acesso a serviços energéticos limpos: uma análise a partir de dois estudos de caso**. 2013, 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

UN – United Nations. *Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development*, New York, 2019.

Wikipedia, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Autossufici%C3%A4ncia>. Acesso em 05/02/2021

WINKEL, Chantal Ruppert. HAUBER, Jürgen. *Changing the Energy System towards Renewable Energy Self-Sufficiency - Towards a multi-perspective and Interdisciplinary Framework*. Centre for Renewable Energy, University of Freiburg. 2014.

ZAMBON, Renato C. **A Operação dos Reservatórios e o Planejamento da Operação Hidrotérmica do Sistema Interligado Nacional**. Revista USP. São Paulo, 2015.

APÊNDICE A – Listagem de eletrodomésticos e percentual de posse nos domicílios em MG

A tabela abaixo contém o conjunto de eletrodomésticos, eletroeletrônicos e outros aparelhos ordenados de forma decrescente de acordo com o percentual de posse nos domicílios mineiros obtidos do relatório técnico estratificado para o estado de Minas Gerais da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial 2019 (PPH 2019), elaborado pela Eletrobras. Foram marcados com a cor verde os aparelhos utilizados na composição do PBCE em 2019.

Eletrodomésticos e outros	%
Lâmpadas	100
Refrigerador	98,6
Televisor	98,6
Celular	96,4
Liquidificador	90,1
Máquina de lavar roupas	71
Ventilador ou circulador de ar	60,8
Chuveiro elétrico	60,4
Micro-ondas	58,8
Ferro elétrico a seco	48,4
DVD/Vídeo/Blu-Ray	42,7
Secador de cabelo	38,4
Notebook	37,9
Modem para internet	37,8
Chapinha (prancha alisadora)	37,6
Chuveiro (sem aquecimento)	35,5
Sanduicheira elétrica	34,4
Batedeira	27,3
Ferro elétrico a vapor (usando vapor)	25,9
Receptor de TV por assinatura	17,1
Computador	17,1
Roteador sem fio (Wi-fi)	16,9
Freezer	16,5
Aparelho de som/ rádio	16
Espremedor de frutas	11,6
Aspirador de pó	10,6
Cafeteira elétrica	9,6
Ventilador de teto	9,5
Conversor digital para TV aberta	8,8
Fritadeira elétrica sem óleo	8,1
Tablet	8,1
Impressora	7,9
Vídeo Game	7,2

continuação	
Eletrodomésticos e outros	%
Telefone sem fio	7,1
Furadeira	6,7
Panela Elétrica	6,6
Forno elétrico	6,2
Máquina de costura	6
Receptor digital	5,7
Portão eletrônico	5,6
Condicionadores de ar	4,1
Ferro elétrico a vapor (não usando vapor)	3,4
Chuveiro (energia solar)	3,3
Multiprocessador	2,9
Secadora de roupas (centrífuga)	2,9
Bebedouro/ Purificador/ Filtro	2,4
Nobreak	1,7
Bomba D'água	1,3
Ebulidor	1,1
Fogão elétrico	0,9
Máquina de solda	0,8
Lava jato de alta pressão	0,8
Panificadora	0,7
Máquina de lavar louça	0,7
Fritadeira elétrica com óleo	0,6
Enceradeira	0,6
Faca elétrica	0,4
Filtro de piscina	0,4
Serra elétrica	0,3
Adega	0,2
Fax	0,1
Secadora de roupas (por aquecimento)	0,1
Aquecedor de ambiente	0,1
Triturador de lixo	0
Projetores para iluminação	0

Fonte: Elaboração própria